

Lüftung | Klima
Heizung | Sanitär
Gebäudetechnik

Organ des VDI für Technische Gebäudeausrüstung

Spezial
**Trinkwasser-
hygiene**



HEIZTECHNIK

Studie zum Potenzial
von elektrischen
Flächenheizungen

SPEZIAL

Trinkwasserhygiene:
Temperaturhaltung im
kalten Trinkwasser

ERNEUERBARE ENERGIEEN

Vorzeichenkonvention
für die Energiebilanz an
der Erdoberfläche

**HLH**

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

VDI
Fachmedien

Die erste Adresse für Technikwissen: VDI Fachmedien

2x
Hefte
gratis



Sie wollen als Ingenieur oder Ingenieurin immer auf dem neuesten Stand sein und sich eine einzigartige Mischung aus technisch-wissenschaftlichen Beiträgen von Autoren und Autorinnen und anwendungsorientierten Berichten sichern? Dann testen Sie jetzt die Zeitschrift HLH, die fachliche Pflichtlektüre für alle Planer und Planerinnen im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung: **Einfach QR-Code scannen und 2 Print-Ausgaben gratis erhalten!**¹⁾



Technikwissen für Ingenieur*innen – jetzt testen:

T +49 6123 9238-202

E vdi-fachmedien@vuservice.de

vdi-fachmedien.de

¹⁾
Angebot nur gültig für
Neu-Abonnenten und
Neu-Abonnentinnen.

Trinkwasser und Klimaanpassung

Wir sind privilegiert. Wir dürfen davon ausgehen, dass aus einem Wasserhahn tatsächlich Trinkwasser kommt, es sei denn, er ist anderweitig gekennzeichnet. Dieser Luxus war für einen Gast aus Pakistan, den ich vor Jahren im VDI begrüßen durfte, nahezu unfassbar. Da ist es schon ein zwiespältiges Gefühl, wenn man eine Trinkwasser-Entnahmestelle öffnet, und erstmal eine Menge Wasser einfach so, völlig ungenutzt, in den Abfluss laufen lässt.

Trinkwasser ist eine Ressource, die mit fortschreitendem Klimawandel knapper wird. Das merken südliche Gefilde früher als Mitteleuropa mit seiner klimageografisch begünstigten Lage, aber auch unsere Flüsse führen mittlerweile oft Niedrigwasser, weil Niederschläge ausbleiben und die, die kommen, häufiger in Form von Starkregenereignissen auftreten und durch Flächenversiegelung schnell abfließen.

Gleichzeitig beobachten wir einen Temperaturanstieg des Trinkwassers schon am Hausanschluss. War man sich früher noch einig, dass 25 °C wirklich die absolute Obergrenze der Trinkwassertemperatur sei, 20 °C aber eigentlich das Ziel sein sollten, so streitet man sich heute, ob man nicht an den 25 °C rütteln müsste. Die Legionellen sind dieselben, und es gibt auch keine neuen Erkenntnisse aus der Mikrobiologie, dass Legionellen sich erst bei höheren Temperaturen stärker vermehren. Die Verschiebung der Temperatur nach oben – weniger in den normativen Grenzwerten als in den Diskussionen – ist purer Pragmatismus: Wir messen hohe Temperaturen schon am Hausanschluss. Wir wissen, dass sie durch den Klimawandel entstehen und nicht wieder weggehen werden. Aber was tun?

Fangen wir beim Verbraucher an: Er hat tatsächlich nur eine Einflussmöglichkeit, nämlich Wasser fließen zu lassen. Wasser, das in der Installation stagniert,

wird früher oder später ins thermische Gleichgewicht mit seiner Umgebung eintreten. Wenn die Umgebungstemperatur 25 °C überschreitet, dann ist es nur eine Frage der Zeit, bis das in den Leitungen stehende Wasser diesen Wert auch reißt – und damit Gesundheitsgefährdungen zu besorgen sind.

„Die Verschiebung der Temperatur nach oben – weniger in den normativen Grenzwerten als in den Diskussionen – ist purer Pragmatismus“

Was der Betreiber eines Gebäudes tun kann (und muss), haben wir in VDI 3810 Blatt 2*VDI 6023 Blatt 3 zusammengefasst. Der Errichter hat die Trinkwasser-Installation nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik auszuführen, das heißt warme und kalte Leitungen thermisch zu entkoppeln, das Installationsvolumen zu minimieren und so weiter.

Der Architekt und Planer haben ihrerseits Voraussetzungen zu schaffen, zum Beispiel durch Vorsehen getrennter Schächte für warme und kalte Leitungen und von Technikräumen, in denen möglichst keine Wärmequellen vorhanden sind.

Die zum 1. September 2022 neu erschienene Richtlinie VDI 6023 Blatt 1 fasst diese Aspekte zusammen.

Der Wasserversorger erzeugt das Trinkwasser und liefert es durch erdverlegte Leitungen bis zum Hausanschluss. Während einer Hitzeperiode, wie wir sie seit Jahren immer häufiger, intensiver und ausgedehnter erleben, wandert die 25 °C-Grenze mit zunehmender Dauer der Hitzewelle immer tiefer ins Erdreich. Je flacher im Untergrund die Leitungen verlegt sind, desto eher wird das Wasser also zu warm. In den Gräben liegen oft auch Heizstäbe. Wir nennen sie nicht so, aber eine Stromleitung, über die angesichts zunehmender Verbreitung von E-Autos immer mehr Strom geführt wird, oder eine Fernwärmeleitung wirkt genau so.

Will man das ändern, so müssen alle Beteiligten an dieser Lieferkette das Ihre tun, wie es VDI 6023 Blatt 1 für die Installation inzwischen noch klarer als ihre Vorgängerausgabe fordert. Den Wasserversorger betrachtet VDI 6023 nicht, aber wir müssen meines Erachtens zukünftig auch an dieser Stelle verstärkt tätig werden, denn wenn das Wasser erst einmal zu warm ist, bestünde der einzige Ausweg darin, es beim Verbraucher wieder zu kühlen – mit weiterem Energieaufwand, der den Klimawandel vorantreibt – ein Teufelskreis. Und bei Tiefkühlkost wissen wir auch, dass es darauf ankommt, dass die Kühlkette an keiner Stelle unterbrochen wird ...

Thomas Wollstein

ist Mitarbeiter der VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik. Hier betreut er Themenfelder der technischen Hygiene sowie den Fachbereich Facility Management.

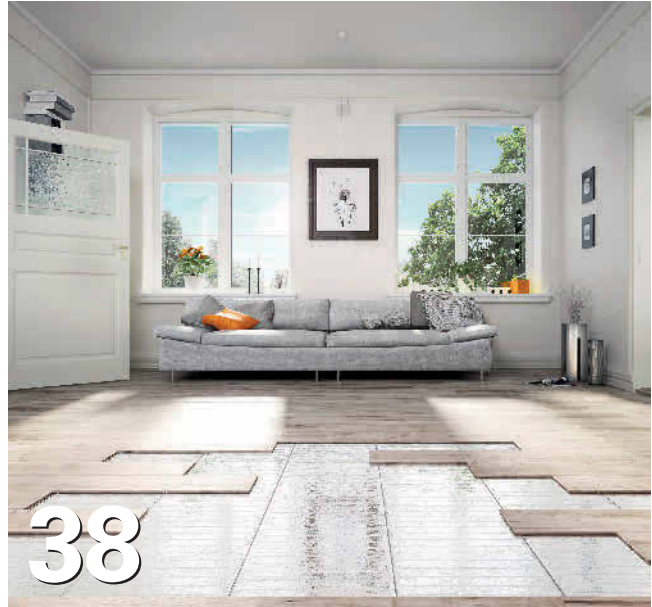
Foto: privat





16

Digitalisierung und Nachhaltigkeit prägen die Bauwirtschaft der Zukunft: Die Branche steht vor einschneidenden Veränderungen. Wie sieht die Zukunft des Bauens und des Gebäudebetriebs aus? Ein Ausblick. Foto: Siemens AG



38

Studie zum Potenzial von elektrischen Flächenheizungen: Welche Möglichkeiten eröffnet eine weitgehende Elektrifizierung der Wärmeversorgung? Antworten liefert eine aktuelle Analyse. Foto: BVF

Standpunkt

- 03** Trinkwasser und Klimaanpassung
Thomas Wollstein

Aktuelles

- 06** FORSCHUNG Tandemsolarmodul mit Effizienz von 26,6 Prozent
- 07** STUDIE Dekarbonisierung durch unterirdische Speicher
- 08** BUILDING INFORMATION MODELING Bauakteure bestätigen Effizienzsteigerung
- 09** STUDIE Preissteigerungen und Lieferzeiten analysiert
- 11** UNTERNEHMEN Eins mit neun Nullen
- 12** FACHMESSE Belektro und SmartHK: Messedoppel in Berlin
Uwe Mancke, Berlin
- 14** PROJEKTE Frankfurter One in Betrieb genommen
Undine Stricker-Berghoff, Travemünde
- 16** BRANCHENTRENDS Digitalisierung und Nachhaltigkeit prägen die Bauwirtschaft der Zukunft
Michael Kiy, Zug (CH)
- 19** ENERGIEBEDARF Erneuerbare legen wieder zu

Spezial Trinkwasserhygiene

- 20** TEMPERATURHALTUNG Temperaturhaltung im kalten Trinkwasser, Teil 2
Lars Rickmann, Hamm; Timo Kirchhoff, Thomas Spöler, Olpe; Werner Mathys, Carsten Bäcker, Bernd Rickmann, Münster
- 25** PLANUNG Interview mit Dr. Peter Arens und Markus Mohr: „Trinkwasser-Installationen schlank halten und alle Entnahmestellen nutzen.“
- 28** BIOFILM Ergebnisse einer Literaturrecherche zur Biofilmbildung in Installationssystemen
Ralph Bergmann, Darmstadt

Brandschutz

- 36** SOFTWARE Erfahrungsbericht: „Software sorgfältig auswählen“
- 37** AUSZEICHNUNG Ernst-Achilles-Preis verliehen

Heiztechnik

- 38** FLÄCHENHEIZUNG Studie zum Potenzial von elektrischen Flächenheizungen
Axel Grimm, Dortmund

Erneuerbare Energien

- 42** ERDWÄRMENUTZUNG Vereinbarung einer Vorzeichenkonvention für die Energiebilanz an der Erdoberfläche
André Schlott, Siegfried Schlott, Dresden

Fachmessen

- 46** GET NORD Finale an der Elbe
- 48** GET NORD Produkte

Energiebedarf

- 50** SOLAR DECATHLON EUROPE Ein Gewinn(er) für das klimaneutrale Bauen
Andreas Wagner, Nicolás Carbonare, Dirk E. Hebel, Regina Gebauer, Karlsruhe

Raumluftechnik

- 55** VENTILATOREN Ein Möbelhaus baut um
Daniel Stein, Mulfingen



Ein Gewinn(er) für das klimaneutrale Bauen: Nach dem Sieg beim Wettbewerb Solar Decathlon Europe wird das Sieger-Konzept als Living Lab in Karlsruhe weiterentwickelt. Foto: Zooey Braun

Anwendungsberichte

58 TEMPERIERUNG Vorsicht! Sensible Güter

Recht & Praxis

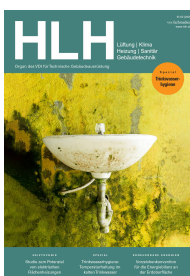
62 HONORARE Vergütung einer auftragslos erbrachten Leistung
Reinhard Voppel, Köln

Rubriken

10 Impressum

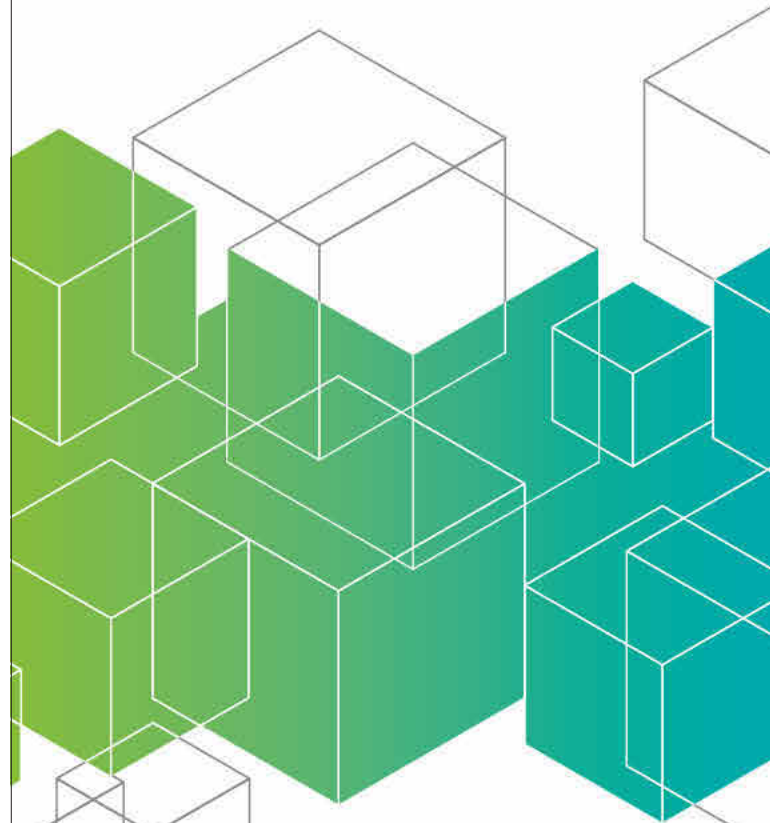
54 Vorschau März

60 Produkte



Negativbeispiele gibt es leider noch immer zuhauf: Dabei ist Wasser das am meisten getestete und gereinigte Lebensmittel in Deutschland. Doch erst eine fachgerechte Planung stellt in Kombination mit regelmäßigen Kontrollen und einem normenkonformen Betrieb sicher, dass eine hohe Trinkwasserqualität an der Verbrauchsstelle gewährleistet ist. Mehr dazu im Spezial „Trinkwasserhygiene“ ab Seite 20.

Foto: panthermedia.net/ammmit



ISH ENERGY

Pioniergeist trifft Zukunftsmacher.

Wie sieht die Energieversorgung von morgen aus und wie gelingt die Wärmewende? Finden Sie hier Antworten auf die Zukunftsfragen.

Weltleitmesse für
Wasser, Wärme, Luft

ISH

13.–17. 3. 2023
Frankfurt am Main

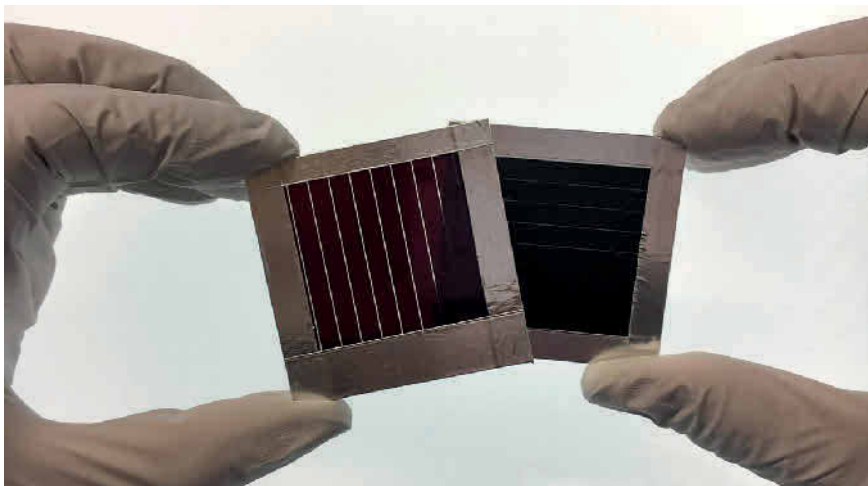


GA-Richtlinie veröffentlicht

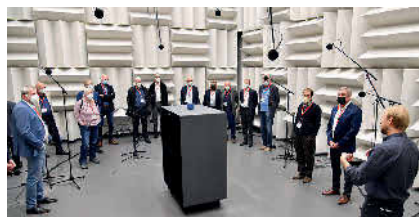
Der Verein Deutscher Ingenieure hat eine neue Richtlinie für den Bereich Gebäudeautomation (GA) herausgegeben: Die VDI 3814 Blatt 4.3 „Gebäudeautomation (GA) – Methoden und Arbeitsmittel für Planung, Ausführung und Übergabe – GA-Automationsschema, GA-Funktionsliste, GA-Funktionsbeschreibung“ bietet konkrete Hilfs- und Arbeitsmittel für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen der Gebäudeautomation – von der Planung bis zur Übergabe und Dokumentation. Sie unterstützt bei der Beschreibung und Darstellung der Automationsaufgaben. Die Richtlinie kann für 265,30 EUR beim Beuth Verlag bestellt werden. VDI-Mitglieder erhalten zehn Prozent Preisvorteil auf alle VDI-Richtlinien. www.vdi.de; www.beuth.de

Tandemsolarmodul mit Effizienz von 26,6 Prozent

Mit einem Tandemsolarmodul hat das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) jetzt einen Wirkungsgrad von 21,1 Prozent erzielt. Bei kleineren Laborzellen wurden sogar hervorragende 26,6 Prozent erreicht. Der Vorteil der kombinierten Technik: Die zweischichtigen Module sind leicht und biegsam und können daher vielfältig angewendet werden. Heute vorwiegend verbaute Solarmodule auf Basis von Silizium kommen nach Jahrzehnten intensiver Forschung ihrer Wirkungsgradgrenze von rund 27 Prozent bereits sehr nahe. Eine weitergehende Erhöhung auf weit über 30 Prozent versprechen aktuell nur Tandemsolarmodule aus übereinander geschichteten Solarzellen verschiedener Materialien. Ihre unterschiedlichen Aktivschichten nutzen zusammen die Breite des Sonnenlichtspektrums besser aus als die jeweilige Einfachszelle. Eine aussichtsreiche Materialgruppe für Tandemsolarmodule sind die metallorganischen Perowskite. Dank ihrer hohen optischen Energiebandlücke nutzen sie den hochenergetischen Anteil des Sonnenspektrums im oberen Solarmodul sehr effizient und lassen gleichzeitig einen beachtlichen niederenergetischen Anteil des Spektrums in das zweite, darunter befindliche Solarmodul durch, erläutert Dr. Jan-Philipp Becker, Leiter des ZSW-Fachgebiets Photovoltaik: Materialforschung. Für das untere Solarmodul liegt die Verwendung von konventioneller Silizium-Photovoltaik nahe. Noch interessanter, so das ZSW, sei aber die ausschließliche Nutzung von Dünnschichttechnologien: Das untere Modul könne ebenfalls Perowskit sein oder – wie im ZSW-Modul – CIGS. CIGS ist ein Materialmix aus Kupfer, Indium und Gallium, der in Selenatmosphäre auf ein starres oder flexibles Trägermaterial aufgedampft wird. Die aktuellen Bestwerte für Tandemsolarmodule aus Perowskit und CIGS liegen bei 22 Prozent. Das ZSW will die Technologie nun gemeinsam mit Industriekunden skalieren und weiterentwickeln. www.zsw-bw.de



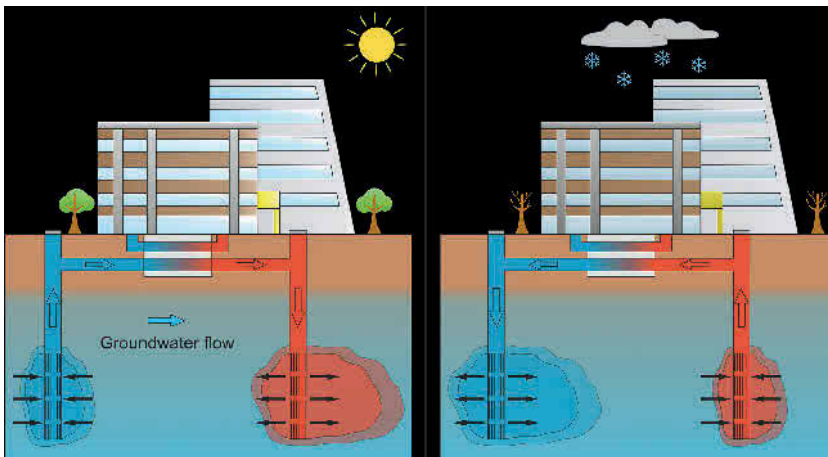
Tandemsolarmodul aus teiltransparentem Perowskit (l.) und CIGS. Foto: ZSW



Auf einem Rundgang durch das Unternehmen besichtigten die Mitglieder des Arbeitskreises das firmeneigene Schalllabor. Foto: Viessmann

Arbeitskreis Klimatechnik in Allendorf

Ende Oktober vergangenen Jahres trafen sich die Mitglieder des Arbeitskreises der Dozenten für Klimatechnik am Stammsitz von Viessmann im hessischen Allendorf. Dabei tauschten sich 20 Professorinnen und Professoren zu den Themen Energiewende und Umsetzung klimatechnischer Anforderungen aus. Die Teilnehmenden beschäftigen sich mit der Ausbildung junger TGA-Ingenieure und bearbeiten aktuelle Fragestellungen und Forschungsprojekte auf dem Gebiet der Raumlufttechnik sowie der thermischen Gebäude- und Anlagensimulation. Beim Austausch zwischen Industrie und Lehre lag der Fokus auf technischen Lösungen für Wärmepumpen und lufttechnische Anlagen, Anpassungen im Bereich Normung und People-Management. www.viessmann.com



Das Prinzip Aquiferspeicher: Kühlen im Sommer (links) und Heizen im Winter ist unter Nutzung der wasserführenden Schichten im Untergrund möglich. Grafik: Ruben Stemmler (AGW/KIT)

Dekarbonisierung durch unterirdische Speicher

Derzeit entfallen mehr als 30 Prozent des bundesweiten Endenergieverbrauchs auf das Heizen und Kühlen von Gebäuden. Forschende des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben deshalb untersucht, welche Chancen die vermehrte Einbeziehung thermischer Aquiferspeicher für die Dekarbonisierung dieses Sektors eröffnen könnte. In ihrer im Oktober 2022 in der Zeitschrift *Geothermal Energy* veröffentlichten Studie attestieren sie der Nutzung der natürlichen Reservoirs ein hohes Potenzial für das Erreichen einer emissionsärmeren Energieversorgung. Wasserführende Schichten im Untergrund besitzen demnach eine hohe Fähigkeit, thermische Energie zu speichern. Das umgebende Gestein wirkt isolierend. Durch Bohrungen erschlossen könnte beispielsweise Wärme aus Solarthermieanlagen oder Abwärme aus Industrieanlagen unter der Erde gespeichert, und das erwärmte Wasser bei Bedarf wieder nach oben gepumpt werden, beispielsweise um Wärmenetze oder Wärmepumpen zu versorgen, so die Karlsruher. Als besonders effizient hätten sich oberflächennahe Niedertemperatur-Aquiferspeicher (engl. Low-Temperature Aquifer Thermal Energy Storage – LT-ATES) erwiesen. Hier sei die Temperatur des Wassers nicht viel höher als die der Umgebung, sodass während der Speicherung nur wenig Wärme verloren gehe.

Forschende am Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW) und in der Nachwuchsgruppe Nachhaltige Geoenergie des KIT haben zudem betrachtet, in welchen Regionen in Deutschland Niedertemperatur-Aquiferspeicher genutzt werden könnten. In einer räumlichen Studie hat das Forschungsteam die hydrogeologischen und klimatischen Kriterien kombiniert. Dabei zeigte sich, dass 54 Prozent der Fläche in Deutschland – perspektivisch bis zum Jahr 2050 betrachtet – sehr gut oder gut für eine Nutzung geeignet sind. Die Potenziale konzentrieren sich im Wesentlichen auf das Norddeutsche Becken, den Oberrheingraben und das Süddeutsche Molassebecken. Darüber hinaus prognostiziert das Forschungsteam, dass die sehr gut oder gut geeigneten Flächen im Zeitraum 2071 bis 2100 voraussichtlich weiter um 13 Prozent wachsen. „Zu den Kriterien für einen effizienten LT-ATES-Betrieb gehören geeignete hydrogeologische Gegebenheiten wie die Produktivität der Grundwasserressourcen und die Grundwasserströmungsgeschwindigkeit“, erläutert Ruben Stemmler, Mitglied der Forschungsgruppe Ingenieurgeologie am AGW und Erstautor der Studie. Wichtig sei auch ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Heiz- und Kühlenergiebedarf. Dieses lasse sich annäherungsweise über das Verhältnis von Heiz- und Kühlgradtagen ermitteln. „Alles in allem zeigt unsere Studie, dass Deutschland ein großes Potenzial für die saisonale Wärme- und Kältespeicherung in Aquiferen besitzt“, fasst Stemmler zusammen. www.kit.edu

AMEV-Empfehlung Ersatzstrom

Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen hat die Empfehlung „Ersatzstrom“ des Arbeitskreises Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) als technische Arbeitshilfen eingeführt. Zugleich wurde die Empfehlung Ersatzstrom 2006 (Nr. 96) zurückgezogen und verliert ihre Gültigkeit. Die AMEV-Empfehlung hält sich im Wesentlichen an den Lebenszyklus einer technischen Anlage, beginnend beim Bedarf, über Planung und Errichtung bis hin zum Betrieb. Besonders dem Betrieb wurde hier erstmals ein besonderes Augenmerk geschenkt.

www.amev-online.de



Die Wärmerückgewinnung hat sich in Deutschland positiv entwickelt. Foto: Umwelt-Campus Birkenfeld, Hochschule Trier

Studie belegt Erfolge von WRG

Der Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier hat im Auftrag des Fachverbandes Gebäude-Klima und des Herstellerverbandes Raumlufttechnische Geräte die Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung (WRG) untersucht. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass sich die WRG in Nichtwohngebäuden sehr erfolgreich etabliert hat. Die zurückgewonnene Wärmemenge hat sich demnach zwischen 2011 und 2021 auf 30 TWh/a nahezu verdoppelt. Im selben Zeitraum stieg die CO₂-Reduktion von 4,14 Millionen auf 8,53 Millionen Tonnen. Die Studie geht davon aus, dass sich diese Entwicklung fortsetzen wird, da alte Anlagen durch effizientere ersetzt werden. Für das Jahr 2030 prognostiziert die Erhebung Dank WRG eine jährliche CO₂-Einsparung von rund 12,7 Millionen Tonnen.

Download unter: www.fgk.de

AI-ko Air Technology verkauft

Trane Technologies, weltweit vertretener Anbieter von Klimälösungen für Gebäude und Verkehrsmittel, hat zum 1. November AI-ko Air Technology, einen Geschäftsbereich der AI-ko SE mit Sitz in Jettingen-Scheppach übernommen. Die Bayern entwickeln und produzieren Lüftungsgeräte und Absauganlagen für verschiedene Anwendungen. Durch die Übernahme soll das Portfolio von Trane Commercial HVAC in Europa und Asien um Lösungen für die Luftbehandlung, Absaugung und Belüftung ergänzt werden. Rund 800 Mitarbeitende in Europa und China wechseln damit zu Trane. Die drei Produktionsstandorte in Jettingen-Scheppach, Wittenberg und Taicang (China) sind nun ebenso Teil von Trane Technologies wie die Vertriebsbüros in Europa und Asien. www.tranetechnologies.com



Foto: Frank Jansen

VDI-GBG mit neuem Vorsitzenden

Dipl.-Ing. Thomas Kleist (l.) hat zum 1. Januar den Vorsitz der VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG) übernommen. Der gelernte Bauingenieur ist bereits seit über zehn Jahren in unterschiedlichen Gremien der GBG aktiv, Vorstandsmitglied ist er seit 2018. Kleist folgt auf Dipl.-Ing. Andreas Wokittel (r.), der zum Jahreswechsel sein neues Amt als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des VDI angetreten hat. Am Tag seiner Wahl konnte Kleist auch die Ehrenplakette des VDI überreicht werden. Die Auszeichnung gebührt ihm schon seit 2021, pandemiebedingt konnte die Ehrung nicht früher erfolgen. www.vdi.de



BIM: Hoher Mehrwert, aber noch immer geringe Marktdurchdringung. Foto: panthermedia.net/kokliang

Bauakteure bestätigen Effizienzsteigerung

Welche Vorteile hat Building Information Modeling (BIM)? Die Marktbeobachter von Bauinfoconsult haben 150 Architektur- und Ingenieurbüros zu ihren Erfahrungen mit der ganzheitlichen Planungsmethode befragt. Vor allem das Thema Effizienz ist demnach für die meisten Teilnehmenden der wichtigste Vorzug von BIM. Die Frage „Was sind Ihrer Meinung nach die Vorteile von BIM“ beantworteten 34 Prozent mit „eine bessere Zusammenarbeit mit anderen Akteuren am Bauprojekt“. Jeweils jeder Dritte berichtet aus eigener Erfahrung oder glaubt vom Hörensagen, mit BIM werden die Bauausführung, Kalkulationen oder die Arbeitsvorbereitungen wesentlich effizienter. Auch die Zusammenarbeit im Projekt verlaufe durch BIM reibungsloser, so die Einschätzung der Befragten. Bei den Bauprofis, die bereits mit BIM arbeiten, berichtet sogar jedes zweite Unternehmen von Effizienzsteigerungen. Außerdem haben BIM-nutzende Firmen häufig die Erfahrung gemacht, dass die Zusammenarbeit mit Externen sowie mit den Kolleginnen und Kollegen im Unternehmen durch die digitale Planungsmethode besser funktioniert. Auch die Produktivität steigt nach Erfahrung jedes fünften BIM-Anwendenden. Ein weiterer Vorzug sei die „effizientere Objektbetreuung“ (acht Prozent). Obgleich die Resonanz auf BIM positiv ist – nicht nur bei den BIM-nutzenden Unternehmen, sondern auch bei den Firmen, die von den BIM-basierten Arbeitsprozessen bislang nur gehört haben – stelle sich die Frage, so Bauinfoconsult, warum BIM nur von jedem fünften größeren Planungs- oder Verarbeiterunternehmen genutzt wird. www.bauinfoconsult.de



Ziehl-Abegg baut Produktion und Vertrieb in den USA aus. Foto: Ziehl-Abegg SE

100 Millionen für neue Ventilatorenfabrik

Um die Kapazitäten im nordamerikanischen Raum deutlich auszubauen, investiert Ziehl-Abegg 100 Millionen Euro in eine neue Produktionsanlage am Standort North Carolina (USA). Dabei handelt es sich um die größte Einzelinvestition in der über 110-jährigen Firmengeschichte. Seit seiner Gründung im Jahr 2004 ist der amerikanische Standort des Ventilatorenherstellers auf 230 Mitarbeitende angewachsen. Von hier werden die Märkte in den USA, Mexiko und Kanada bedient. Der 46.500 Quadratmeter große Neubau soll 2024 bezugsfertig sein. www.ziehl-abbegg.de

Werk in den USA eröffnet

ebm-papst hat seine neue Produktion für Ventilatoren und Motoren in Tennessee (USA) eröffnet. Das Familienunternehmen hat knapp 30 Millionen Dollar in Neubau und Ausstattung seines zweiten US-Standortes investiert und wird dort zunächst rund 125 Mitarbeitende beschäftigen. Die Produktion hat bereits im September den Betrieb aufgenommen. Seit 1980 fertigt der Ventilatorenhersteller bereits in Connecticut für den nordamerikanischen Markt. Mit dem zweiten US-Standort soll die Präsenz ausgebaut und die Möglichkeit weiterer Ausbaustufen für die Fertigung von EC-Motoren geschaffen werden. www.ebmpapst.com

Preissteigerungen und Lieferzeiten analysiert

Das Meinungsforschungsunternehmen B+L aus Bonn hat im Auftrag des Bundesindustrieverbands Technische Gebäudeausrüstung (BTGA) Studien zu aktuellen Preisveränderungen sowie zur Entwicklung der Lieferzeiten im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) durchgeführt. Vor allem im Segment „Heizung“ muss man demnach derzeit deutlich länger auf Produkte warten, als noch 2020. Die durchschnittliche Lieferzeit beträgt der Studie zufolge hier aktuell 20,3 Wochen (zuvor 2,6 Wochen). Das am stärksten nachgefragte Produkt ist nach der B+L-Erhebung die Wärmepumpe mit einer Lieferzeit von 38,8 Wochen mehr als noch 2020. Doch auch die Segmente „Elektro“ (10 Wochen, 2020: 2,9 Wochen) sowie „Kälte, Klima, Lüftung“ (8,7 Wochen, zuvor 2,2 Wochen) können derzeit viel später als noch 2020 bedient werden. Die Erwartungen an die Entwicklung der Lieferzeiten in den kommenden Monaten stellen sich sehr unterschiedlich dar. Im Segment „Kälte, Klima, Lüftung“ erwarten 73,7 Prozent der befragten Unternehmen keine Veränderung hinsichtlich der Lieferzeiten, im Segment „Heizung“ gehen hingegen 44,7 Prozent der Befragten von einem (weiteren) leichten oder starken Anstieg der Lieferzeiten aus.

Um Indikatoren für eine mögliche zukünftige Entwicklung der Preise für ausgewählte Sortimente zu erhalten, hat der BTGA die Analysten von B+L zudem mit der Berechnung und Prognose der Preisentwicklung in der TGA beauftragt. Über alle Segmente hinweg erwarten die Experten in den kommenden Jahren weitere Preissteigerungen, allerdings nicht in dem Umfang wie in 2021 (plus 8,6 Prozent) oder 2022 (plus 14,7 Prozent). Zudem prognostizieren sie von Jahr zu Jahr geringere Steigerungen. Kumuliert sollen die Preise im Vergleich zu 2020 aufgrund wachsender Materialkosten und der Verknappung von Rohstoffen bis 2026 um 44,7 Prozent steigen. www.btga.de



Auf den Baustellen wird es weiter zu Wartezeiten kommen. Foto: panthermedia.net/szefei (YAYMicro)

PERSONALIA

Die Mitgliederversammlung des BDH hat **Jan Brockmann** zum neuen Präsidenten gewählt. Der Vorsitzende der Geschäftsführung von Bosch Thermotechnik folgt auf **Uwe Glock**, der seit 2018 an der Spitze des Verbandes stand.

Anfang Dezember ist **Hon. Prof. Dipl.-Ing. Hans-Georg Oltmanns** im Alter von 74 Jahren unerwartet verstorben. Oltmanns hat 2010 das Institut für Datenbankorientiertes Konstruieren als In-Institut der Jade Hochschule mitgegründet und es durch vielfältige Aktivitäten über viele Jahre geprägt.

Dipl.-Ing. Adrian Willig, aktuell noch Hauptgeschäftsführer des Wirtschaftsverbandes Fuels und Energie e.V. (en2x), wird neuer VDI-Direktor. Er tritt die Nachfolge von **Ralph Appel** an, der zum Jahreswechsel in den Ruhestand getreten ist. Bis zum Amtsantritt von Willig am 1. Mai 2023 hat **Dieter Westerkamp**, Bereichsleiter Technik und Gesellschaft des VDI, interimistisch die Funktion des VDI-Direktors übernommen.

Zum 15. März 2023 übernimmt **Jürgen Koopsingraven** die Funktion des CFO bei der Wago-Gruppe. Der 50-Jährige ist bis dato CFO bei der FEV Group, einem internationalen Entwicklungsdienstleister für Fahrzeugentwicklung. Er folgt auf **Axel Börner**, der sich nach 20 Jahren aus dem operativen Geschäft des Mineraler Elektrotechnik- und Automatisierungstechnikspezialisten zurückgezogen hat.

Seit November ist **Dipl.-Ing. Matthias Reitzenstein** (zuvor Leiter Vertrieb Deutschland bei Zehnder) neuer Geschäftsführer der Münchener Pluggit GmbH. Der Fachmann für Lüftungssysteme ist Nachfolger des bereits im Frühling 2022 ausgeschiedenen **Christian Bolsmann**.

IMPRESSUM

HLH

ISSN 1436-5103, 74. Jahrgang 2023

Herausgeber

Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf

Organschaft

HLH ist offizielle Organzeitschrift des VDI-Fachbereichs Technische Gebäudeausrüstung.

Redaktion

Marc Daniel Schmelzer, Chefredakteur
Telefon: +49 211 6103-462

dschmelzer@vdi-fachmedien.de

Dipl.-Phys.-Ing. Udo Schnell
Redaktionsleitung VDI Fachmedien
Telefon: +49 211 6103-104

uschnell@vdi-fachmedien.de
Ines Henning, Redaktionsassistentin
Telefon: +49 211 6103-311

Fax: +49 211 6103-148
hlh@vdi-fachmedien.de

Redaktionsbeirat

Prof. Dr.-Ing. Martin Becker
Hochschule Biberach
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Finke
Beuth Hochschule für Technik Berlin
Dipl.-Ing. Harald Fonfara
Ingenieurbüro Fonfara, Lalling
Dr.-Ing. Udo Gommel
Fraunhofer IPA, Stuttgart
Dipl.-Ing. Frank Jansen
VDI-GBG, Düsseldorf
Klaus-Peter Kapp
KP-Solutions, Hamburg
Prof. Dipl.-Ing. Klaus Rudat
Beuth Hochschule für Technik Berlin

Autorenhinweise/Veröffentlichungsgrundlagen:
www.hlh.de

Verlag

VDI Fachmedien GmbH & Co. KG
Unternehmen für Fachinformationen
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf
Postfach 10 10 22, 40001 Düsseldorf
Commerzbank AG
SWIFT/BIC-Code: DRES DE FF 300
IBAN: DE69 3008 0000 0212 1724 00

Geschäftsführung

Ken Fouhy, B.Eng.

Layout

Ulrich Jöcker

Leitung Media Sales

Sarah-Madeleine Simon
Telefon: +49 211 6103-166
ssimon@vdi-fachmedien.de

Anzeigenverkauf

CrossMediaConsulting
Wolfgang Ernd GmbH
Wichmannstraße 4 - Haus 1, 22607 Hamburg
Joanna Klingbiel
Telefon: +49 40 881449-370
Fax: +49 40 881449-11
jklingbiel@cmc-web.de

Es gilt der Anzeigentarif Nr. 63 vom 1. Januar 2023.

Vertrieb und Leserservice

Leserservice VDI Fachmedien
65341 Eltville
Telefon: +49 6123 9238-202
Fax: +49 6123 9238-244
vdi-fachmedien@vuserice.de

Bezugspreise

9 Ausgaben jährlich
(davon 1/2, 7/8, 11/12 als Doppelausgaben)
Jahresabonnement: € 243,10 (E-Paper € 208,80)
VDI-Mitglieder: € 218,79 (E-Paper € 187,92)
nur für persönliche Mitglieder
Studenten: € 90,20 (E-Paper € 77,50)
gegen Studienbescheinigung
Preise Inland inkl. MwSt., Ausland exkl. MwSt.
zzgl. Versandkosten (Inland € 14,50,
Ausland € 32,-, Luftpost auf Anfrage),
Einzelausgaben: € 28,-, Inland inkl. MwSt.,
Ausland exkl. MwSt. zzgl. Versandkosten.

Die Mindestlaufzeit beträgt 12 Monate.
Im Anschluss an die Mindestlaufzeit ist das Abonnement jeweils zum Monatsende kündbar.

Satz

Medienpartner Mäurer GmbH
Auf dem Feldchen 14, 41849 Wassenberg

Druck

KLIEMO AG, Hütte 53, 4700 Eupen, Belgien

Copyright

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden.

Weitere Informationen: hlh.de

Auflage IVW-geprüft



Remeha-Vertriebsleiter Franz Killinger und NRW-Wirtschaftsministerin Mona Neubaur vor einem Wasserstoff-Brennwertkessel.

Foto: Sascha Kreklau Fotografie/GelsenwasserAG

Test-Projekt zum Heizen mit Wasserstoff

Ende 2022 ist in Linnich ein weiteres Pilotprojekt aus dem Bereich Heizen mit Wasserstoff an den Start gegangen. Netzbetreiber Gelsenwasser speist dabei reinen Wasserstoff in ein bestehendes Erdgasnetz und sichert damit die Wärmeversorgung von zwei Gebäuden der Gelsenwasser-Betriebsstelle. In den nächsten Monaten wird das Projektteam insbesondere das Zusammenspiel zwischen Netz und Hausinstallation inklusive der Gasanlagen auf Funktionalität und Kompatibilität testen. Die eingesetzten Brennwertkessel kommen von Remeha. NRW-Wirtschaftsministerin Mona Neubaur: „Neben Wärmepumpen, Windenergie, Photovoltaik und Tiefengeothermie kann auch grüner Wasserstoff in der Wärmeversorgung eine Perspektive in Richtung Klimaneutralität sein.“

www.remeha.de

KNX: Erste Mitgliederversammlung

Großer Ansturm bei der ersten Mitgliederversammlung des KNX Deutschland e. V.: Vier Wochen nach Gründung des Vereins kamen 50 Mitglieder zum ersten Treffen in Frankfurt am Main zusammen. Um den Nutzen von KNX als das führende System für Smart Home- und Smart Building-Anwendungen noch besser in die Breite zu tragen, wurden Beiräte aus allen beteiligten Bereichen gewählt. Auf der nächsten Versammlung soll ein Beirat mit Vertretern aus Bildung und Wissenschaft konstituiert werden. www.knx.de

Klimatreff nach Brandbrief

Die Folgen des Entwurfs der EU-Kommission zur Novellierung der F-Gase-Verordnung haben mehrere Organisationen der Kälte- und Klimabranche dazu veranlasst, sich mit einem Brandbrief an die Ministerien zu wenden. Nun haben sich Vertreter des DKV, der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik, des VDKF, BIV und ZVKKW mit Verantwortlichen aus dem Bundesumwelt- und -wirtschaftsministerium sowie dem Umweltbundesamt zu einem fachlichen Austausch in Bonn getroffen. Dabei standen die Probleme für Betreiber und Handwerk im Mittelpunkt. Die Branche habe sich auf Verwendungsverbote und Quoten an F-Gasen eingestellt, für die Umsetzung einer weiteren Verschärfung benötige sie jedoch mehr Zeit.

www.vdkf.de



Teilnehmende der Diskussionsrunde zur Novellierung der F-Gase-Verordnung im Umweltministerium. Foto: BDKF e. V.

Flexibles Hallenheizsystem geehrt

Die Kübler GmbH hat ein Infrarotheizsystem für Industriehallen vorgestellt, das grüne wie fossile Energieträger gleichermaßen nutzen kann. Je nach Verfügbarkeit erhält „Futura“ seine Energie aus Wasserstoff, Strom, Biogas, Erdgas, Flüssiggas oder einem Mix daraus. „Wir sorgen damit für Versorgungssicherheit und stabilisieren die Netze“, so Geschäftsführer Thomas Kübler. Beim Innovationspreis „Success“ in Mainz wurde das System mit dem Sonderpreis „Innovative Technologien für den Klimaschutz“ ausgezeichnet.

www.kuebler-hallenheizungen.de



Dreier-Kette im Dortmunder Stadion (v.l.): Dr. Christian Herbinger, neuer Regional Director für die DACH-Region, Gruppen-Geschäftsführer Dr. Kai Schiefelbein und Frank Jahns, Geschäftsführer der deutschen Vertriebsgesellschaft von Stiebel Eltron. Foto: MDS

Eins mit neun Nullen

Die Zahlen, die Geschäftsführer Dr. Kai Schiefelbein im Rahmen des Presse-Jahresabschlusstreffens im Dortmunder Signal Iduna Park präsentierte, können sich sehen lassen: Erstmals in der Unternehmensgeschichte hat die Stiebel Eltron-Gruppe mehr als eine Milliarde Euro Umsatz erzielt – und bereits im November, vor Ende des Geschäftsjahres. „Das ist ein toller Erfolg, auf den alle im Unternehmen stolz sein können“, so Schiefelbein. Die Steigerung sei maßgeblich auf das enorme Wachstum beim Wärmepumpenabsatz zurückzuführen, doch auch alle anderen Produktgruppen hätten ihren Anteil, so der Geschäftsführer. Noch 2017 lag der Umsatz bei rund der Hälfte der jetzt erreichten Summe – mehr als 500 Millionen Euro standen damals in der Abschlussbilanz. Seither wuchs der Umsatz von Jahr zu Jahr (550 Millionen Euro in 2018, 594 Millionen Euro in 2019 und 700 Millionen Euro 2020). „Natürlich profitieren wir mit unserem Portfolio zurzeit stark von der weltpolitischen Lage“, erläuterte Schiefelbein, der den von der Bundesregierung forcierten Wärmepumpenhochlauf als wichtige Chance zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung sieht. Auch eine Sanierung mit Wärmepumpe im Bestand sei keine Raketenwissenschaft. Allerdings benötige die Branche für die Umsetzung dringend mehr Fachhandwerker. Bis zu 190 000 zusätzliche Arbeitskräfte bis 2028 seien eine realistische Größe, so Schiefelbein.

Ergänzend zu einem ausführlichen Diskurs zu Chancen und Herausforderungen des beschleunigten Fossil-Ausstiegs, nutzten die Holzmindener die Veranstaltung in der Heimspielstätte von Fußball-Bundesligist Borussia Dortmund, um einen neuen Ansprechpartner einzuführen: Der Österreicher Dr. Christian Herbinger ergänzt seit Anfang Dezember als „Regional Director“ für die DACH-Region, die Führungsebene der Stiebel Eltron-Gruppe. Der 48-jährige Österreicher verantwortet die Vertriebs-Ländergesellschaften Deutschland, Österreich und Schweiz. Zuletzt war er Geschäftsführer der Vailant Group Austria GmbH. **MDS**



Premiere: Erstmals kamen durch die parallel stattfindenden Fachmessen beelektro und SmartHK die Gewerke Elektrotechnik, Sanitär, Heizung und Klima gleichzeitig am Standort Berlin zusammen. Foto: Messe Berlin GmbH



beelektro und SmartHK: Elektrohandwerk um Sanitär, Heizung und Klima ergänzt

Messedoppel in Berlin

Seit 1984 adressiert die alle zwei Jahre in Berlin stattfindende Fachmesse beelektro ausschließlich das Elektrofachhandwerk. Bei der Veranstaltung im November vergangenen Jahres erweiterten die Innung SHK Berlin und der Fachverband SHK Land Brandenburg die bewährte Leistungsschau erstmals um die SmartHK. Hier stand die intelligente Gebäudetechnik im Fokus.

Nach gelungener Premiere zeigten sich die Veranstalter zufrieden mit dem Erstlingsformat: Über 14 000 Besucher waren zwischen dem 8. und 10. November 2022 in die Berliner Messe gekommen, um sich mit den 220 Ausstellern auszutauschen, Produkte

in Augenschein zu nehmen oder in den Fachforen Impulse für ihren beruflichen Alltag zu erhalten. „Das neue Hallenkonzept ist bei Ausstellern und Publikum auf große Zustimmung gestoßen. Noch wichtiger ist aber die hohe Zustimmung zum Schulterschluss der beelektro als Fachmesse für Elektrotechnik, Elektronik und Licht mit der SmartHK als neuer Fach-

messe für intelligente Gebäudetechnik mit Fokus auf den SHK-Bereich“, so Karel Heijs. Der Geschäftsbereichsleiter des Veranstalters Messe Berlin betonte: „Mit der strategischen Kooperation schlagen wir einen neuen Weg ein. Wir bilden das ab, was in der Praxis schon lange stattfindet: die enge Zusammenarbeit und den Austausch zwischen den Gewerken. Die



Diskussionsbedarf: In den Foren „Hauswärmetechnik-Effizienz elektrisiert“ und „Energiekonzepte in Wohngebäuden“ gab es bei der HEA-Tagung rege Diskussionen. Auf dem Podium (v.l.): Johannes Häntzschel (Kermi GmbH), Karsten Joost (Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke) und Dr.-Ing. Matthias Wagnitz (Zentralverband Sanitär Heizung Klima). *Fotos: Manzke*

drei Veranstaltungstage haben uns gezeigt, dass diese Strategie auch in der Umsetzung hervorragend funktioniert. Wir werden diesen Weg weitergehen.“

Reichlich Diskussionsbedarf

Die SmartHK zeigte energieeffiziente, intelligente Gebäudetechnik in den Wachstumsbereichen Sanitär, Heizung und Klima. Dazu gehören alle hybriden Heizungstechnologien, altersgerechte smarte Bäder, vernetzte Trinkwasseranlagen, strombasierte Anlagen, Solartechnik und kontrollierte Wohnraumlüftung. Im SHK-Fachforum bot die neue Fachmesse ein anspruchsvolles, dichtes Programm vor allem zu den Themen Wärmepumpe, Brennstoffzelle/Wasserstoff und Fachkräftesicherung. Als besonderen Mehrwert wurden alle Vorträge im Livestream übertragen, auf dem YouTube-Kanal der Innung stehen sie dauerhaft zur Verfügung.

Im Forum Energie@Gebäude hatte die HEA – Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V. zur Tagung eingeladen. In den Blöcken „Hauswärmetechnik – Effizienz elektrisiert“ und „Energiekonzepte in Wohngebäuden“ gab es am 10. November rege Diskussionen zur politisch verordneten Hauswärmetechnik, die eine massive Zielerhöhung beim Ausbau Erneuerbarer Energien einfordert. Die verschärften Anforderungen an die Nachhaltigkeit von Gebäuden, die der Koalitionsvertrag von 2021 verlangt, bedingen neue Rahmenbedingungen für den Gebäudesektor. Welche Regelungen wann und in welcher Form kommen, und was die zukünftigen Leitplanken für den Markterfolg der elektrischen Hauswärme-



Nachwuchsförderung: Bei einer Azubi-Rallye konnten Nachwuchskräfte verschiedene Stationen anlaufen und die dort ausgestellten Produkte kennenlernen. Werkstattstraßen machten eine praktische Erprobung möglich. Um die Bedeutung der Fachkräftesicherung zu unterstreichen, wurden zudem die Meisterurkunden an die neuen Berliner und Brandenburger Jungmeister auf der Messe verliehen. *Foto: Manzke*

technik bedeuten, wurde angeregt diskutiert.

Zukunftsfähige Energiekonzepte in Wohngebäuden Energiewende, Klimaschutz und nicht zuletzt der Krieg in der Ukraine haben dazu geführt, dass immer mehr Menschen ihren Energieverbrauch anpassen müssen. Es gilt, auf die jeweilige Gebäudestruktur abgestimmte Effizienz- und Modernisierungsmaßnahmen einzuleiten. In diesem Zusammenhang stellen sich viele Fragen, die im Rahmen des Forums Hauswärmetechnik beantwortet wurden.

Die elektrische Ausstattung zukunfts-fähiger Gebäude, auch im Bestand, müsse bei den hinzukommenden Verbrauchern der Hausgeräte und -technik stets über-

prüft werden, fasste Jannik Schlegel von der ABB Stotz-Kontakt GmbH aus Heidelberg im Statusbericht zur Elektroinstallation in deutschen Wohngebäuden und neue Ausstattungswerte für die Elektroinstallation zusammen.

Weitere Beiträge befassten sich mit dem Schutz für alle Anwendungen im Gebäude, der Eigenstromnutzung und dem Energiemanagement in modernen Gebäuden sowie den Möglichkeiten und Grenzen einer energetischen Ertüchtigung von Bestandsgebäuden mit PV-Anlage, Batteriespeicher und Wärmepumpe.

Erfolgreiche Kombination

Für HEA-Geschäftsführer Jan Witt ist die Kombination der belekto mit der neuen SmartHK gelungen. „Die Gewerke wachsen immer mehr zusammen. Da macht es Sinn beide Themenbereiche in Berlin abzudecken. Dass bestätigten uns auch die Gespräche beim SHK-Branchenabend und 70-jährigen HEA-Jubiläum am 09.11. Auch die HEA-Tagung 2022, die wir in Kooperation mit der belekto und SmartHK durchführten, war ein voller Erfolg“, so Witt. Die Begegnung der HEA-Mitgliedsfirmen mit dem Publikum und den Fachkräften sei eine immens wichtige Aufgabe. Das Interesse an den neuesten Entwicklungen der Industrie sei überall deutlich spürbar gewesen. Wenn es um praktische Umsetzung und handfeste Hilfen für das Handwerk ging, seien die Stände brechend voll gewesen. Der gesamte HEA-Vorstand tagte auf dem Messegelände und informierte sich bei den Ausstellern, ergänzt Witt rückblickend. ■

Uwe Manzke

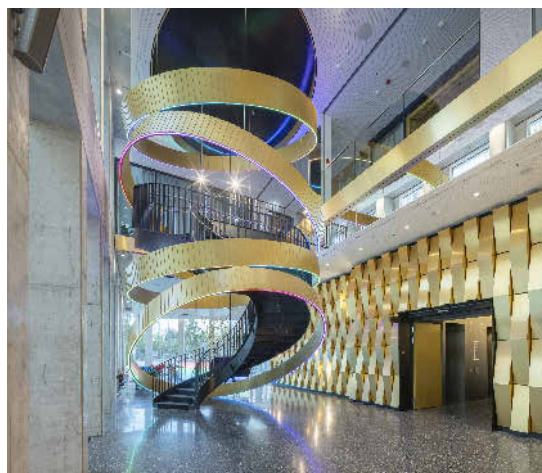


HLH

Dieses Dokument ist ausschließlich
für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



Mit seinen 49 Stockwerken ist das 190 Meter hohe Büro- und Hotelhochhaus One eine neue Landmarke im Frankfurter West-End. Foto: CA Immo/Klaus Helbig



Showtreppe des
Hotels „nhow“
Foto: CA Immo/
Klaus Helbig

Aufzugstechnik: Riemen ersetzen Stahlseile

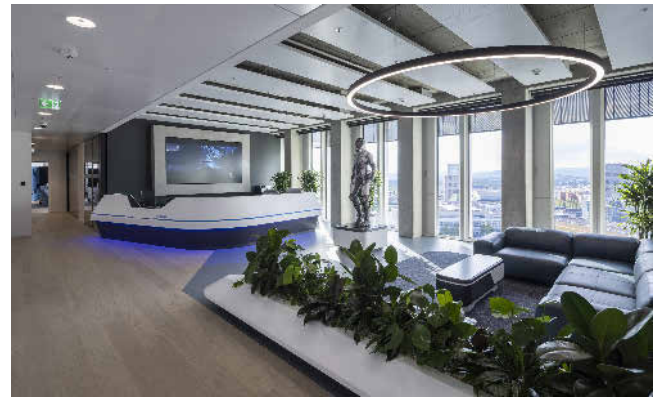
Frankfurter One in Betrieb genommen

Im September vergangenen Jahres wurde in Frankfurt am Main das Büro- und Hotelhochhaus One nach vierjähriger Bauzeit offiziell eröffnet.

Die neue Landmarke im Europaviertel zählt mit ihren hohen DGNB- und WiredScore-Standards zu den Vorzeigeobjekten in Europa.



Blick in die Lobby des One mit 4,45 Meter lichte Raumhöhe.
Foto: CA Immo/Klaus Helbig



Bürofläche des Spieleentwicklers Cloud Imperium Games.
Foto: CA Immo/Klaus Helbig

Gemeinsam mit rund 300 Gästen feierte der österreichische Investor CA Immo am 8. September die Fertigstellung seines 190 Meter hohen Vorzeigeprojektes. Dabei erhielten die Finanziers Lob von offizieller Stelle: „Digitalisierung soll zur Lösung unseres Klima- und Nachhaltigkeitsproblems beitragen. Sie haben mit der Planung und dem Bau des One einen entscheidenden und wichtigen Schritt in diese Richtung gemacht“, attestierte Professor Dr. Kristina Sinemus, Hessens Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung, im Rahmen des Festakts.

Der Grundstein für den mittlerweile Realität gewordenen Vorzeigebau wurde im Oktober 2018 gelegt. Nur 28 Monate später, im April 2021, war der Rohbau fertig. Bei einer Baustellenbe-

gehung für ausgewählte Fachjournalisten konnten wir uns bereits einen ersten Eindruck von den Dimensionen des Projekts verschaffen (die HLH berichtete in ihrer Mai-Ausgabe 2021). Am 30. Juni vergangenen Jahres nun erfolgte die formelle Bauabnahme durch die Bauaufsicht. Die Installation der gesamten Gebäudetechnik wie der Kühl- und Heiztechnik, der Brandmeldeanlagen und aller Aufzugsanlagen ist technisch einwandfrei erfolgt – die Anlagen sind voll funktionsfähig. Die Fertigstellung wurde somit termingerecht abgeschlossen. Zu den ersten Büromietern zählen der Coworking-Anbieter Spaces, die Crédit Agricole Corporate and Investment Bank, das Beratungsunternehmen Baker Tilly, der Personalberater Kroongard und der amerikanische Spieleentwickler Cloud Imperium Games. Auch das 4-Sterne-Superior Hotel „nhow“ hat seit dem 1. August 2022 für Gäste geöffnet.

ECKDATEN DES ONE

Höhe:	190 m
Bruttogeschossfläche:	88 000 m ²
Geschosse inklusive Erdgeschoss:	49
Parkplätze:	472, davon 25 E-Ladestationen
Fahrradstellplätze:	600, 33 Ladefächer für E-Bikes
Office:	22. bis 46. OG, davon 7 100 m ² Co-Working
Hotel:	1. bis 14. Etage, 375 Hotelzimmer
Skybar:	öffentlich auf 185 m mit umlaufender Dachterrasse
Aufzüge:	insgesamt 21 Kone-Aufzugsanlagen, darunter vier für das Hotel plus acht für Büronutzer mit Zielwahlsteuerung
Green Building:	DGNB-Zertifikat in Platin
Gesamtinvestment:	etwa 430 Millionen Euro

Digital Excellence

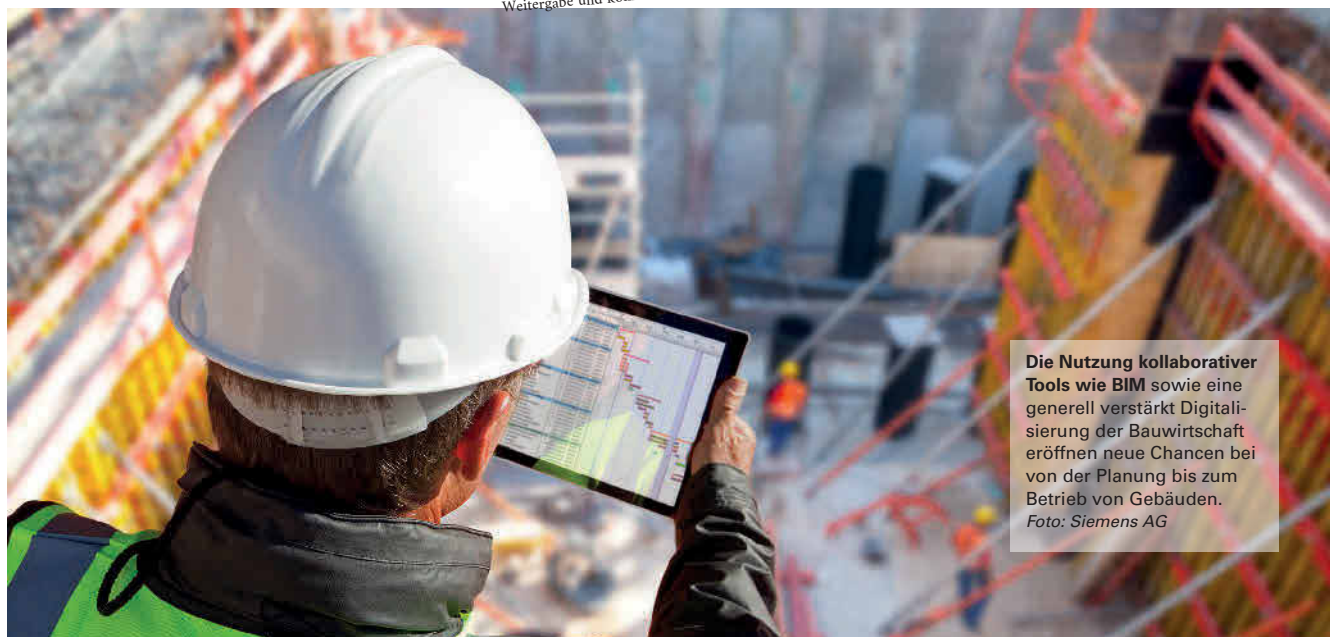
- erstes Hochhaus in Deutschland mit WiredScore-Platin-Zertifizierung für beste Konnektivität
- erstes Hochhaus in Zentraleuropa mit SmartScore Zertifikat in Platin für bestes digitales Nutzererlebnis
- flächendeckende Mobilfunkversorgung und Netzwerkverkabelung
- Highspeed-Internet mit Glasfaseranbindung
- optimierte Ausfallsicherheit durch digitale Infrastruktur

Premiere in der Aufzugstechnik

Die 49 Stockwerke des One werden über 21 Aufzugsanlagen von Kone erschlossen, davon zwölf mit Zielwahlsteuerung, Zugangskontrollsystem mit Lesegeräten und Software zur Ansteuerung der Aufzüge. Die Anlagen befördern Personen und Lasten mit maximal 189 Metern Förderhöhe und Geschwindigkeiten bis zu 7 m/s (25,2 km/h). Erstmals in Deutschland werden im One zudem zehn schnelle Aufzüge bis in die oberen Geschosse durch Kone UltraRopes angetrieben. Die Riemen mit Kohlefaserkern und Kunststoffummantelung ersetzen die traditionellen Stahlseile.

Den Vorbildcharakter des Gebäudes untermauern zahlreiche, teilweise exklusive Zertifizierungen: Im Juli vergangenen Jahres hat WiredScore das One als erstes Hochhaus in Deutschland und Zentraleuropa überhaupt, mit dem SmartScore-Zertifikat der höchsten Kategorie „Platin“ ausgezeichnet. Zuvor hatte das Projekt bereits das WiredScore-Zertifikat „Platin“ für beste Konnektivität sowie das Platin-Vor-Zertifikat der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) erhalten. Im August 2022 wurde der von den Frankfurter Architekten Meurer Generalplaner entworfene Turm darüber hinaus aus rund 1 000 Bewerbungen ausgewählt und für den Internationalen Hochhaus Preis 2022/23 nominiert (<https://www.international-highrise-award.com/>). Insgesamt 34 Gebäude aus 13 Ländern, darunter nur vier aus Europa, schafften es in die engere Auswahl. Schlussendlich ging der Award an den Quay Quarter Tower im australischen Sydney. ■

Undine Stricker-Berghoff



Die Nutzung kollaborativer Tools wie BIM sowie eine generell verstärkte Digitalisierung der Bauwirtschaft eröffnen neue Chancen bei von der Planung bis zum Betrieb von Gebäuden.
Foto: Siemens AG

Ausblick

Digitalisierung und Nachhaltigkeit prägen die Bauwirtschaft der Zukunft

Die Bau- und Immobilienwirtschaft steht vor einschneidenden Veränderungen.

Doch wie wird die Zukunft des Bauens und des Gebäudebetriebs aussehen?

Bei Siemens Smart Infrastructure hat man sieben Trends ausgemacht, die zeigen, wohin die Reise geht.

TEXT: Michael Kiy

1. Digitale Gebäudeplanung

Moderne Gebäude werden schon heute oft zweimal gebaut – einmal am Computer, und erst dann in der physischen Welt. Das Zauberwort, das die Tür in die Zukunft der Gebäudeplanung aufgestoßen hat, heißt BIM (Building Information Modeling). Die digitale Planung mit BIM gibt der Bauherrschaft wesentlich mehr

Kontrolle über ihr Projekt. Tatsächlich kann sie dank BIM ihr Gebäude nämlich schon während der Planung virtuell „begehen“. Möglich macht das ein detailliertes virtuelles Modell des Gebäudes, ein sogenannter digitaler Zwilling, der auf den BIM-Daten basiert. Das virtuelle Modell erlaubt es der Bauherrschaft, Realisierungsvarianten in 3D zu begutachten und Feedback zu geben. Dabei kann sie auch

finanzielle Faktoren berücksichtigen: Im digitalen Zwilling sind die Kosten jeder Planungsmaßnahme hinterlegt. Daher ist immer ersichtlich, wie sich eine bestimmte Änderung auf den Preis auswirkt.

Auf Grundlage der Rückmeldungen der Bauherrschaft und anderer Stakeholder nehmen die Planenden Anpassungen am Projekt vor, die dann erneut begutachtet werden können. Diese Iterationszyklen



sind kurz und kostengünstig, weil Algorithmen den Planenden viel Arbeit abnehmen. Wird etwa bei der Planung eines Krankenhauses die Raumgröße reduziert, passt ein Algorithmus die Wände im virtuellen Modell aufgrund vordefinierter Kriterien automatisch an. Dasselbe gilt für andere Details, etwa die Anzahl und Position der Brandmelder. Dadurch steigt die Planungssicherheit und -effizienz. Denn am digitalen Zwilling kann gewerkeübergreifend transparent geplant werden. Damit lassen sich Fehler vermeiden, Gewerke optimal aufeinander abstimmen und Kosten jederzeit aktuell ausweisen. Dieser Trend wird sich verstärken und die Gebäudeplanung nicht nur transparenter, sondern auch effizienter und kostengünstiger machen.

2. Kooperation am digitalen Zwilling

Damit die digitale Planung ihre Vorteile ausspielen kann, müssen die verschiedenen am Bau beteiligten Akteure ihre Da-

ten teilen und gemeinsam nutzen – nur dann kann Transparenz über den gesamten Planungs- und Bauprozess hergestellt werden. Vorbild für diese Prozesse sind Software-Entwicklungsplattformen wie Github oder Gitlab. Diese ermöglichen, dass mehrere Programmierer gemeinsam an einem Projekt arbeiten. Die Software verwaltet alle Eingaben, und alle Änderungen sind für alle nachvollziehbar.

So weit ist die Baubranche noch nicht. Viele Beteiligte arbeiten noch mit zweidimensionalen Plänen oder verschieben die BIM-Daten mit großen Anpassungsverlusten in andere Systeme. Die angestrebte Transparenz über den gesamten Planungsprozess ist derzeit noch Zukunftsmusik. Offen ist zudem, wie sich bei diesem neuen Ansatz Aufwände verrechnen lassen, wenn die Beteiligten ihre Gewerke gemeinsam mit anderen planen. Gefragt sind neue Ansätze. So könnte beispielsweise der Gebäudebesitzer, der bei der Betriebsoptimierung vom digitalen Zwilling profitiert, die Planer, die ihn erstellt haben, für diesen Mehrwert entschädigen.

3. Digitales Projektmanagement

Wenn der digitale Gebäudewilling steht, geht es um die Frage, in welchen Schritten das physische Gebäude gebaut wird. Heute wird die Ablaufplanung vom Projektplanenden festgelegt. Sie basiert auf Erfahrung, ist meist ungenau und lässt sich nur schwer anpassen, wenn es in einem Teilschritt zu Verzögerungen kommt.

Die Digitalisierung verspricht für das Projektmanagement einschneidende Verbesserungen. So arbeitet beispielsweise das US-amerikanische Unternehmen Alice Technologies daran, diesen Prozess komplett zu automatisieren. Dabei erlernt der Computer die ideale Abfolge der Projektschritte – und erstellt anhand der BIM-Daten selbstständig Projektpläne. Diese können blitzschnell aktualisiert werden, falls irgendwo Verzögerungen auftreten. Damit ist sichergestellt, dass die bestmögliche Abfolge gewählt wird. Bereits heute können laut Firmenangaben mit dieser ►



IDEEN FÜR INTELLIGENTE GEBÄUDE

Unsere Kompetenz

Systemintegration unterschiedlicher Fabrikate der technischen Gebäudeausrüstung in eine übergeordnete Management-Bedieneinrichtung (MBE).

Unser Highlight

rigoS3, TÜV-zertifiziertes Komplettsystem für die Entrauchungssteuerung. Der Gradmesser für den derzeitigen Stand der Technik.

HOSCH
GEBÄUDEAUTOMATION

ISH
Frankfurt am Main, 13.-17. März 2023
Besuchen Sie uns: Halle 10.3, Stand A79

Lösung bei der Gebäuderealisation durchschnittlich elf Prozent der Kosten und 17 Prozent der Zeit eingespart werden.

In Zukunft dürfte das computergestützte Projektmanagement noch weiter verfeinert werden. Das wiederum könnte die Art und Weise verändern, wie Aufträge in Bauprojekten vergeben werden: So ließen sich auch kleine Projektschritte wie etwa die „Installation der Raumbediengeräte wie Thermostate“ als Arbeitspakete über eine App zu einem vorgegebenen Preis ausschreiben – ähnlich wie der Transportdienstleister Uber seinen Fahrern Aufträge anbietet. Damit hätten auch kleine, lokale Installateure die Chance, sich am Bau zu beteiligen. Auch die Qualitätskontrolle könnte durch „Reviews und Feedback“ über eine solche App sichergestellt werden.

4. Ressourcenschonend bauen

Der Bau von Gebäuden ist ressourcenintensiv und alles andere als klimafreundlich: Jährlich werden rund 4,4 Milliarden Tonnen Zement produziert – dabei wird in etwa so viel CO₂ freigesetzt wie in 700 Kohlekraftwerken.

Um den ökologischen Fußabdruck von Gebäuden und Infrastrukturen zu verringern, ist ein nachhaltiger Umgang mit Baustoffen entscheidend. Zum einen muss mehr Baumaterial wiederverwertet werden. Ansatzweise ist das bereits heute der Fall. So wird eine bestehende Betonhülle nicht mehr gesprengt und neu gebaut, sondern in die Planung des neuen Gebäudes einbezogen oder als Füllmaterial wiederverwendet. Zum anderen müssen vermehrt alternative, klimafreundliche Baustoffe wie Holz zum Einsatz kommen.

Auch neue Technologien können zu ressourcenschonenderem Bauen beitragen. So verspricht der 3D-Druck nicht nur effizientere Prozesse, sondern auch eine massive Reduktion des ökologischen Fußabdrucks, weil sich in additiver Fertigung neue Formen drucken lassen, die mit weniger Baumaterial auskommen, ohne Kompromisse bei der Stabilität zu machen.

5. Roboter auf der Baustelle

Als weiteren Trend lässt sich schon heute der Einsatz von Robotern erkennen: Bereits im Einsatz sind beispielsweise Bohrroboter von Schindler oder Hilti, die nach

Datenvorgaben selbstständig Löcher in den Beton bohren. Roboter werden auch bereits genutzt, um aus alternativen Baustoffen komplexe Strukturen zu fertigen.

Erhöhter Kostendruck wird zu mehr industriellem Bauen führen. Mit neuen digitalen Fertigungsmethoden können Bauteile individuell und „on demand“ hergestellt werden. Weil in Zukunft mehr Elemente in die Vorfabrikate integriert werden können – beispielsweise elektrische Komponenten –, wird es auf der Baustelle der Zukunft vermehrt darum gehen, vorgefertigte Elemente zusammenzufügen.

6. Datenbasierter Gebäudebetrieb

In der Nutzungsphase des Gebäudes wird für Heizen, Kühlen und Warmwasseraufbereitung am meisten Energie benötigt. Ein intelligentes Gebäude der Zukunft verfügt über Sensoren und intelligente Steuerungen, um den Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen so effizient wie möglich zu machen. Dabei berücksichtigt es auch das Verhalten und die Bedürfnisse der Gebäudenutzenden: Wo sich beispielsweise niemand aufhält, muss auch nicht geheizt werden. Dabei bezieht das intelligente Gebäude Wetterprognosen und die Verfügbarkeit erneuerbarer Energie – etwa von der PV-Anlage auf dem Dach – in sein Verhalten mit ein.

Die Daten, die im intelligenten Gebäude erfasst werden, lassen sich durch Algorithmen auswerten, um das Gebäudemanagement zu optimieren: Wenn Abweichungen auftreten, wird der Facility Manager informiert, sodass er entscheiden kann, was zu tun ist. Die Daten werden standardisiert verfügbar sein und es wird Applikationen geben, welche die Daten verarbeiten und Mehrwerte anbieten, wie etwa Energie-Einsparungen. Diese Applikationen können in einem virtuellen Marktplatz zur Verfügung stehen, und die Kunden können diejenigen auswählen, die ihren Zwecken am besten dienen.

7. Das Auto als Stromspeicher

Im intelligenten Gebäude werden Energiespeicher eine größere Rolle spielen, als sie es heute tun. Das Elektroauto wird dabei eine wichtige Rolle übernehmen: Wenn es tagsüber auf dem Parkplatz am Arbeitsplatz steht, erhält es beispielsweise

Solarstrom und wird geladen. Der gespeicherte Strom kann dann abends zu Hause genutzt werden. Intelligente Systeme stellen sicher, dass die Batterie noch genügend geladen ist, um am nächsten Tag wieder zur Arbeit fahren zu können. Ist im Kalender ein Termin weiter auswärts vermerkt, wird die Entladung früher gestoppt, damit der Ort gut erreicht werden kann.

Solche Vernetzungen von Daten der Verbraucher und der Energieerzeugung ermöglichen die optimale Ausnutzung der erneuerbaren Energien und werden für eine nachhaltige Energieversorgung eine wichtige Rolle spielen. Durch solche Energieoptimierungen werden sich auch neue Geschäftsmodelle ergeben. So könnte man überschüssigen Strom gegen eine Vergütung dem Nachbarn abtreten. Allerdings bestehen für solche Lösungen derzeit noch hohe bürokratische und politische Hürden.

Ausblick

Obwohl Technologien und Materialien für eine nachhaltigere und intelligentere Bau- und Immobilienwirtschaft bereits existieren: Der Weg in die Zukunft des Bauens ist reich an Hindernissen. Viele Unternehmen sehen heute noch keinen Anreiz, aktiv Veränderungen voranzutreiben. Regulative Vorgaben und historisch gewachsene Strukturen behindern teilweise den Fortschritt. Und solange der Kostendruck nicht hoch genug ist, wird die Automatisierung des Bausektors nicht vorangehen. Auf Dauer wird das Festhalten am Status Quo jedoch kein taugliches Konzept sein. Fortschritt und Digitalisierung setzen sich bekanntlich durch, wie Beispiele aus dem Druckbereich, der Fotografie oder auch der Musikindustrie deutlich gezeigt haben.

Die gute Nachricht ist: Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, um die Baubranche zu modernisieren. Software-Entwickler, Startups und moderne Technologien können und werden noch vieles revolutionieren – wir stehen heute erst am Anfang. ■



Michael Kiy

ist Director of Innovation bei Siemens Smart Infrastructure, Zug (CH).
Foto: Siemens AG



Erneuerbare legen wieder zu

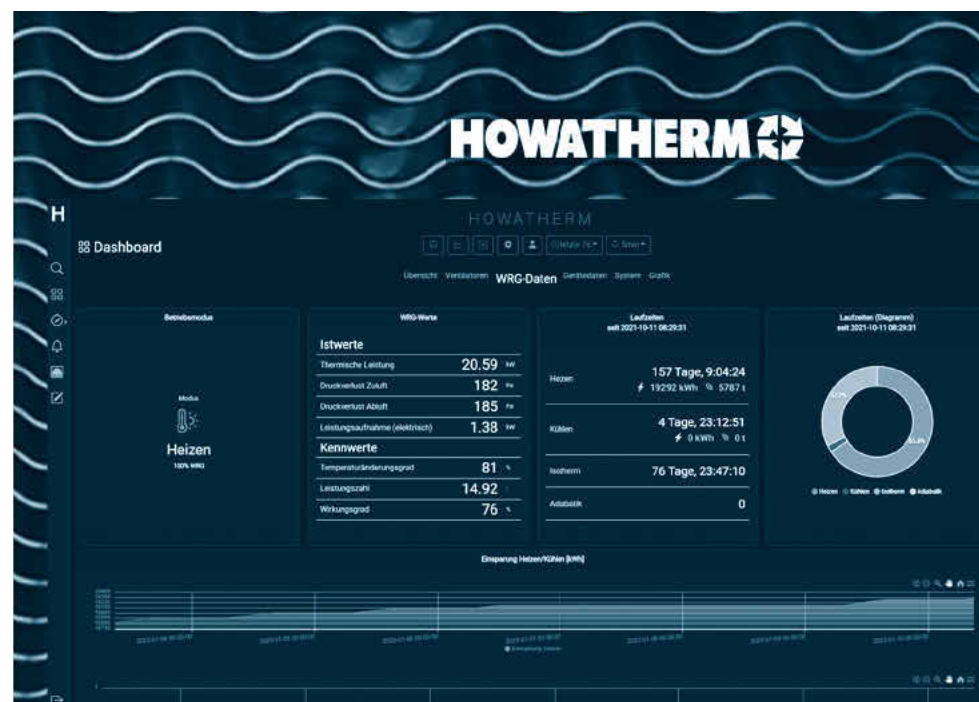
Nachdem der Anteil erneuerbarer Energien an der deutschen Bruttostromerzeugung 2021 im Vergleich zum Vorjahr erstmals seit über 20 Jahren gesunken war, stieg der Ökostromanteil im vergangenen Jahr wieder an. Um die Ziele des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zu erreichen, muss der Ausbau der Erneuerbaren in Deutschland aber deutlich gesteigert werden.

Nach vorläufigen Daten der Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt (UBA) wurden im Jahr 2022 etwa neun Prozent mehr Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugt als im Vorjahr. Die gesamte Bruttostromerzeugung aus Wind, Solar & Co. wird nach den Berechnungen mit 256 Terawattstunden zwar über der Erzeugung der Vorjahre (2020: 251,5/ 2021: 233,9) liegen, jedoch unter dem Ziel des im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2021) avisierten Strommengenpfads von 269 TWh. Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) und der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) errechneten zum Jahresabschluss ähnliche Werte. Um im Jahr 2030 die avisierten 80 Prozent des deutschen Bruttostromverbrauchs mit erneuerbarem Strom zu decken, wird eine Strommenge von etwa 600 TWh benötigt. Somit müsste sich die grüne Stromerzeugung in den nächsten acht Jahren mehr als verdoppeln. Hauptpfeiler der erneuerbaren Stromproduktion in 2022 waren nach Berechnungen des UBA die Photovoltaik und die Windenergie: Die Stromerzeugung aus Photovoltaik-Anlagen stieg wegen des Anlagenzuwachses im Vorjahr sowie des sehr sonnigen Wetters um 23 Prozent auf 61 TWh (ZSW und BDEW: 62,3 TWh). Auch die Stromerzeugung aus Windenergie lag im vergangenen Jahr mit 128 TWh zwölf Prozent höher als im windarmen Vorjahr. 103 TWh entfallen laut UBA auf Windenergieanlagen an Land, rund 25 TWh auf Windenergieanlagen auf See (Die Berechnungen von ZSW und BDEW weisen 99 beziehungsweise 25 TWh aus). Für den Wärmesektor verzeichnet das Umweltbundesamt einen deutlichen Rückgang des gesamten Energieverbrauchs. Ursachen seien die milde Witterung und Einsparmaßnahmen infolge des

Krieges in der Ukraine. Der Verbrauch erneuerbarer Energien für Wärmezwecke betrug dagegen mehr als 200 TWh, und damit etwa ein Prozent mehr als 2021. Neben einer starken Zunahme der Nutzung von Umweltwärme und oberflächennaher Geothermie mittels Wärmepumpen (plus 13 Prozent gegenüber dem Vorjahr), stieg auch die Wärmeerzeugung

aus Solarthermieranlagen (plus elf Prozent) wegen der sehr sonnigen Witterung deutlich. Auch ein verstärkter Einsatz von Holz als Ersatz für Erdgas dürfte zum Wachstum der erneuerbaren Wärme beigetragen haben, so das UBA.

www.umweltbundesamt.de; www.zsw-bw.de; www.bdew.de



Mit HOWAmonitor – optimale SICHERHEIT

Um die Leistungen der HOWATHERM-RLT-Geräte langfristig sicherstellen zu können, überwacht die HOWAmonitor Einheit die Effizienzdaten unserer Geräte.

So haben Sie einen sicheren Überblick über die Effektivität unserer Geräte und der energie-relevanten Daten – genaue Diagnose und Fernwartung sind somit einfach und transparent möglich.

Mit HOWAmonitor – mehr Komfort und Sicherheit.

Mehr Infos gerne auch auf der ISH 2023 oder telefonisch unter 06782 99 99 0. www.howatherm.de

ISH ENERGY

13. - 17.3.2023
Frankfurt am Main
Halle 8.0 Stand F71

Teil 2: Maßnahmen zur Einhaltung der Temperaturanforderungen

Temperaturhaltung im kalten Trinkwasser

Das Verkeimungsrisiko des Trinkwassers mit Legionellen wurde in der Vergangenheit in erster Linie im Trinkwassererwärmer und in den zugehörigen Warmwasserbeziehungsweise Zirkulationsleitungen gesehen. Publikationen spätestens ab Mitte 2010 machen aber deutlich, dass Kontaminationen mit Legionellen nicht nur im erwärmten Trinkwasser, sondern auch im kalten Trinkwasser (PWC) erwartet werden müssen. Mittlerweile hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die althergebrachten Bau- und Installationsmethoden für die festgestellten trinkwasserhygienischen Auffälligkeiten im kalten Trinkwasser maßgeblich mitverantwortlich sind. Nachdem im ersten Teil dieses Beitrags (HLH Bd.73 (2022) Nr.10) auf die Abgrenzung zwischen Planer- und Betreiberverantwortung eingegangen wurde, beschreibt der zweite Teil Maßnahmen, die zur Einhaltung der Temperaturanforderungen im kalten Trinkwasser umzusetzen sind.

TEXT: Professor Dr. Lars Rickmann, Timo Kirchhoff, Professor Dr. Werner Mathys, Professor Dr.-Ing. Carsten Bäcker, Professor Dipl.-Ing. Bernd Rickmann und Thomas Spöler

Bei Neuplanungen oder auch bei umfangreichen Sanierungsmaßnahmen müssen zur Reduzierung des Wärmeübergangs auf das kalte Trinkwasser zunächst alle baulichen (passiven) Maßnahmen zur thermischen Entkopplung beziehungsweise zur Reduzierung der Umgebungslufttemperaturen genutzt werden, wie die Leitungsführung in getrennten Schächten, die Abschottung der Schächte zu den Installationsvorwänden, die Erzeugung einer Temperaturschichtung in den Installationsvorwänden, dem Anschluss wandmon-

tierter Entnahmearmaturen über Thermo-Trenner und so weiter.

Trotz Realisierung aller passiven Maßnahmen, können in größeren Trinkwasser-Installationen mit traditioneller Anlagentechnik Temperaturanforderungen, wie immer $\leq 25^\circ\text{C}$, nicht eingehalten werden. In größeren nicht klimatisierten Gebäuden mit horizontal ausgerichteten Verteilungskonzepten kann nicht einmal die 30-Sekunden-Regel allgemeingültig sichergestellt werden. Vor diesem Hintergrund sollten vom Planer einer Trinkwasser-Installation die Randbedingungen definiert werden, bei denen zumindest noch

die 30-Sekunden-Regel ganzjährig eingehalten werden kann, zum Beispiel:

- maximale Eintrittstemperatur des kalten Trinkwassers in das Gebäude, zum Beispiel: 18°C .
- maximale Stagnationszeit, zum Beispiel: 5 Stunden.
- maximale Raumlufttemperatur, zum Beispiel: 24°C .

Wird nur eine dieser Randbedingungen im laufenden Betrieb nicht mehr erfüllt, muss die planerische Verantwortung für die Temperaturhaltung des kalten Trinkwassers enden. Ab diesem Zeitpunkt müssen in Verantwortung des Betreibers die

im Hygieneplan beschriebenen Maßnahmen zur Temperaturbegrenzung umgesetzt werden.

Kann eine solche Vereinbarung mit dem Auftraggeber nicht getroffen werden, müssen zur Erfüllung der Temperaturanforderungen automatisierte (aktive) Prozesse zur Temperaturhaltung etabliert werden, die in allen Teilstrecken des Rohrnetzes wirksam werden müssen.

Ausreichender Wasseraustausch zur Temperaturhaltung

Unter dem Begriff Wasseraustausch wird gemäß DIN 1988–200, Anhang B der vollständige Wechsel des in dem jeweiligen Leitungsabschnitt enthaltenen Wasservolumens durch Entnahme oder Ablassen lassen verstanden. Einerseits muss der bestimmungsgemäße Betrieb dazu führen, dass an jeder Stelle der Trinkwasser-Installation ein Wasseraustausch durch Entnahme mindestens innerhalb von 72 Stunden stattfindet¹⁾. Dieser Mindest-Wasseraustausch bleibt ohne nennenswerten Einfluss auf die Temperatur des kalten Trinkwassers. Andererseits ist ein bestimmungsgemäßer Wasseraustausch sicherzustellen, damit die Temperatur des kalten Trinkwassers in Technikzentralen sowie Installationsschächten und -kanälen mit Wärmequellen möglichst nicht auf eine Temperatur von über 25 °C erwärmt wird²⁾.

Der für eine vorgegebene Temperaturhaltung bestimmungsgemäße Wasseraustausch lässt sich rechnerisch ermitteln, wenn die Abmessungen der Rohrleitung, die Dicke der Dämmschicht, die Wärmeleitfähigkeiten des Rohrwerkstoffes und des Dämmstoffes, der äußere Wärmeübergangskoeffizient, die Wassereintrittstemperatur in das Gebäude und die Umgebungslufttemperatur bekannt sind. Wie **Bild 1** zeigt, ist die Zeit bis zur Überschreitung einer vorgegebenen Temperaturgrenze in erheblichem Maße vom Wasserinhalt der Rohrleitung abhängig. Verteilungsleitungen mit verhältnismäßig großen Nennweiten ($\geq \text{DN } 25$) werden überwiegend mit annähernd gleichmäßig über den Tag verteilten Wasserentnahmen durchströmt. Im laufenden Betrieb der Trinkwasser-Installation, mit Stagnationsphasen < 5 Stunden, ist eher nicht zu erwarten, dass sich in diesen Leitungen das kalte Trinkwasser kritisch erwärmt. In hohem Maße temperaturkritisch sind da-

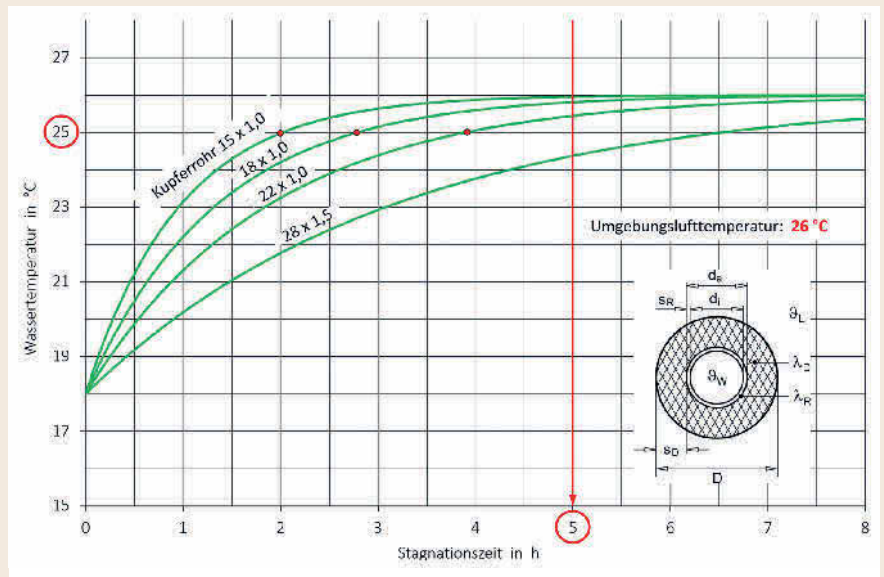


Bild 1: Temperaturverlauf des stagnierenden Trinkwassers in Abhängigkeit von der Umgebungslufttemperatur, der Wassereintrittstemperatur, der Dämmung, vom Durchmesser der Rohrleitung und der Stagnationszeit. Grafik: L. Rickmann

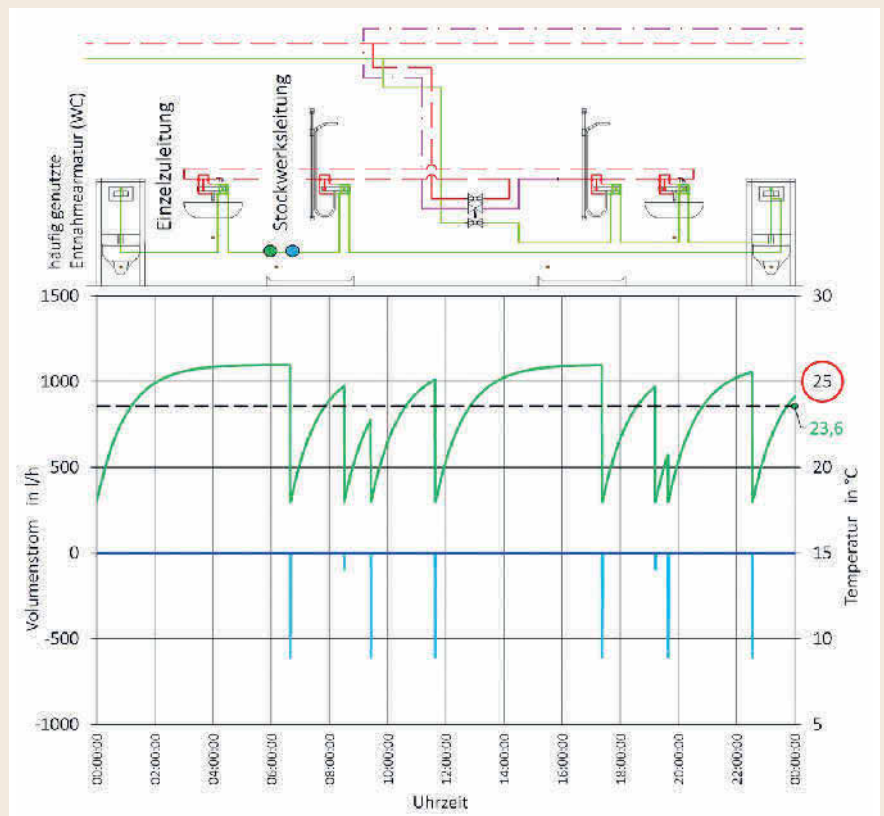


Bild 2: Durch Simulation berechneter Temperaturverlauf in einer Stockwerks-/Reihenleitung in Abhängigkeit von der Durchströmung, bei einer Raumlufttemperatur oberhalb von 25 °C. Grafik: L. Rickmann

gegen Leitungen mit geringem Innendurchmesser, wie Einzelzu- und Stockwerksleitungen (**Bild 1** und **Bild 2**). Diese Leitungen werden in Hohlräumen mit relativ hohen Umgebungslufttemperaturen verlegt und werden dazu auch noch unregelmäßig durchströmt. ►

F U B N O T E N

- 1) VDI 6023, 6: Planung, Montage und Inbetriebnahme, 6.1: Allgemeine Planungsregeln
- 2) DIN 1988–200, 3.10, Technikzentralen, Installationsschächte und -kanäle, Beuth Verlag, Berlin 05/2012.

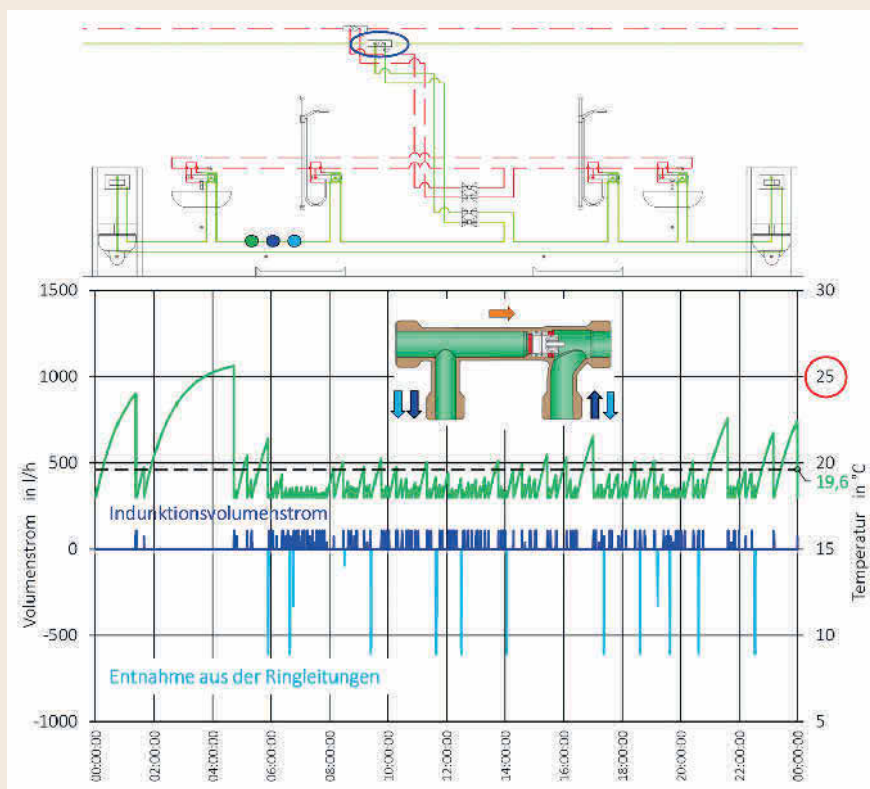


Bild 3: Temperaturverlauf in einer Ringleitung, die mit einem Strömungsteiler an die Verteilungsleitung angeschlossen wurde. Grafik: L. Rickmann



Bild 4: Mittlere Temperaturen des kalten Trinkwassers im Messzeitraum in der Hausanschlussleitung. Grafik: B. Harker

Mindestens in den Sommermonaten, mit Wassereintrittstemperaturen in das Gebäude $> 18\text{ °C}$ und Raumlufttemperaturen $> 25\text{ °C}$, muss nach einer Stagnationsphase damit gerechnet werden, dass die Temperatur des kalten Trinkwassers in Einzelzu- und Stockwerksleitungen längerfristig über 25 °C ansteigt, da die vom kalten Trinkwasser aufgenommene Wärme durch Wasserentnahmen nicht mehr in ausreichendem Maße abgeführt

werden kann (Bild 2). Bei einer Lufttemperatur von 26 °C im Installationsraum müsste zum Beispiel in einer nach DIN 1988–200 gedämmten Leitung DN 12, ausgehend von einer Kaltwassertemperatur von zum Beispiel 18 °C (WVU), mindestens alle zwei Stunden Wasser fließen, damit die Kaltwassertemperatur unter 25 °C bleibt. Soll die Temperatur sogar unter 20 °C bleiben, da dann nur sehr selten Legionellen nachge-

wiesen werden, müsste im Beispielsfall der Wasseraustausch mindestens alle 20 Minuten stattfinden (Bild 1). Grundsätzlich müssen die Leitungsführung und die Anordnung der Entnahmestellen so geplant werden, dass bereits mit dem laufenden Betrieb ein höchstmöglicher Wasseraustausch in den Einzelzu- und Stockwerksleitungen erreicht werden kann³⁾.

In neueren Trinkwasser-Installationen werden die Entnahmearmaturen noch überwiegend über sogenannte Reihenleitungen angeschlossen. Dabei werden die Stockwerksleitungen über Doppelanchlusswinkel jeweils unmittelbar an den Armaturenanschlüssen vorbeigeführt. Mit Nutzung der am Ende der Reihenleitung angeordneten Entnahmearmatur werden alle Teilstrecken der Stockwerksinstallation durchströmt. Ein Optimum für die Durchströmung ergibt sich, wenn die am häufigsten genutzte Entnahmearmatur am Ende der Reihenleitung angeschlossen wird (Bild 2)⁴⁾.

Trotz eines gegenüber einer T-Stück-Installation bereits erhöhten Wasseraustauschs, ergeben sich auch für Reihenleitungen noch Stagnationsphasen von bis zu neun Stunden am Tag, in denen eine Temperatur von 25 °C überschritten wird (Bild 2). Der Wasserinhalt von Stockwerks- und Einzelzuleitungen hat einen Anteil von etwa 25 Prozent am Gesamtwasserinhalt einer Trinkwasser-Installation (Bild 2). Vor diesem Hintergrund muss bei einer Reihenleitungsinstallation, trotz eines bestimmungsgemäßen Betriebs, damit gerechnet werden, dass sich etwa ein Viertel des gesamten kalten Trinkwassers über viele Stunden am Tag im temperaturkritischen Bereich ($> 25\text{ °C}$) befindet.

Maßnahmen zur Erhöhung des Wasseraustauschs

Zur Verbesserung der Durchströmung temperaturkritischer Kaltwasserleitungen wurden in den vergangenen 13 Jahren bereits eine Vielzahl von Stockwerksinstallationen in Krankenhäusern, Hotels, Seniorenheimen und so weiter sehr erfolgreich mit Ringleitungen ausgestattet, die mit Strömungsteilern an die Steig- beziehungsweise Verteilungsleitungen angeschlossen wurden.

Die Durchströmung eines Strömungsteilers verursacht in der angeschlossenen Ringleitung sogenannte Induktionsvolumenströme (Bild 3, dunkelblau darge-

**HLH**

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

stellte Volumenstrom-Messwerte) und intensiviert damit den Wasseraustausch in ansonsten temperaturkritischen Leitungsbereichen in erheblichem Maße. Im direkten Vergleich mit den mittleren Temperaturen des kalten Trinkwassers in konventionell aufgebauten Installationen, führt in einer Strömungsteiler-Installation bereits der laufende Betrieb zu einem gleichmäßiger über den Tag verteilten höheren Wasseraustausch und damit zu einer Absenkung der mittleren Kaltwassertemperatur in den Stockwerksleitungen um etwa 4 bis 5 K, ohne dass Fremdenergie eingesetzt werden muss oder dass Spülmaßnahmen durchgeführt werden müssen (vergleiche Bild 2 mit Bild 3) ⁵⁾.

Aktive Prozesse zur Temperaturhaltung

In bestimmungsgemäß betriebenen Strömungsteiler-Installationen übersteigen die Temperaturen des kalten Trinkwassers nur in entnahmeschwachen Zeiten 20 °C. Soll auch in diesen Phasen die Temperatur des kalten Trinkwassers unter zum Beispiel 20 °C bleiben, müssen zur Aufrechterhaltung des Wasseraustauschs ergänzend aktive Prozesse zur Temperaturhaltung etabliert werden. Zu den „aktiven“ Prozessen werden automatisch ablaufende Vorgänge zur Reduzierung der Temperatur des kalten Trinkwassers gezählt. Zu den aktiven Prozessen gehören damit:

- Das automatisiert durchgeführte temperaturgeführte Spülen.
- Die Zirkulation des kalten Trinkwassers über einen Kühler.

Aktive Prozesse zur Temperaturhaltung sind auch dann erforderlich, wenn Gebäude nur periodisch genutzt werden, mit Leerstand an Wochenenden oder in Ferienzeiten, der über mehrere Tage oder Wochen andauern kann.

Temperaturgeführtes Spülen

Im Gegensatz zu konventionellen Systemen, bei denen Maßnahmen zum Wasseraustausch dezentral an jeder Entnahmestelle oder in jeder Nasszelle durchgeführt werden müssen, reichen bei Strömungsteiler-Installationen lediglich wenige zentral angeordnete Spülventile aus. Dabei wird entweder zu einem vorgegebenen

Zeitpunkt (Wasseraustausch) oder mit Überschreiten eines Temperaturgrenzwertes eine Spülmaßnahme ausgelöst. Zur Vermeidung unnötiger Wasserverluste muss strikt darauf geachtet werden, dass nur so lange gespült wird, bis das vorgegebene Ziel (Wasseraustausch oder Temperaturhaltung) erreicht wurde. Da die Spülvorgänge vom Nutzer unbemerkt durchgeführt werden können, sind sie auch für Hotels und Krankenhäuser und so weiter geeignet.

Spülmaßnahmen zur Temperaturhaltung des kalten Trinkwassers sind nur dann ökologisch und ökonomisch sinnvoll, wenn auch in den Sommermonaten das Trinkwasser vom Wasserversorgungsunternehmen (WVU) mit niedrigen Temperaturen (< 15 °C) in das Gebäude eingespeist werden kann. In den Sommermonaten ist das allerdings häufig über einen längeren Zeitraum nicht der Fall (Bild 4) ⁵⁾.

Kreislaufkühlung

Als leistungsfähige und wesentlich kostengünstigere Alternative zu temperaturgeführten Spülprozessen empfiehlt sich daher die Kreislaufkühlung des kalten Trinkwassers.

Damit in konventionellen Installationskonzepten ein Kreislaufsystem für das kalte Trinkwasser realisiert werden kann, müsste – wie bei einer Warmwasser-Zirkulation – ein zusätzliches Rohrleitungssystem aufgebaut werden. In Strömungsteiler-Installationen ist das nicht erforderlich, da das bereits für die Bedarfsdeckung vorhandene Leitungssystem eine Kaltwasserzirkulation über die Stockwerksleitungen ermöglicht (Bild 5). Mit der definierten Durchströmung aller Leitungsteile kann hier zu jeder Zeit – auch in den Sommermonaten – eine vorgegebene Temperatur des kalten Trinkwassers (zum Beispiel < 20 °C) vor jedem Armaturenanschluss sichergestellt werden, ohne dass Wasserverluste durch Spülmaßnahmen entstehen. ▶

F U ß N O T E N

- 3) VDI 6023, 6.3: Dimensionierung und Leitungsführung von Trinkwasser-Installationen
- 4) Ergebnisse einer Expertenanhörung am 31.03.2004 im Universitätsklinikum in Bonn, veröffentlicht im Bundesgesundheitsblatt 2006 49:681–686
- 5) Harker, B.: Einfluss der Spülparameter nach Dimensionierung der Trinkwasser-Installation, Bachelorarbeit, FH Münster, 2019.

REMS

for Professionals

REMS MULTI-PUSH S

Nur ein Gerät zum Spülen mit Wasser oder Wasser/Luft-Gemisch, Desinfizieren, Reinigen, Konservieren von Rohrleitungssystemen, z. B. zum Entschlammern, Reinigen und Konservieren von Radiatoren- und Flächenheizsystemen, Spülen und Desinfizieren von Trinkwasserinstallationen nach EN 806-4:2010, und zum Betrieb von Druckluftwerkzeugen (Patent EP 2 816 231).

**Trinkwasserleitungen
aufbereiten**
z. B. in Schulen, Hotels,
und öffentlichen Gebäuden.

**EN 806-4
ZVSHK ¹⁾**



Made in Germany

¹⁾ Desinfektion von Trinkwasserinstallationen nach EN 806-4:2010 und nach Merkblatt „Spülen, Desinfizieren und Inbetriebnahme von Trinkwasser-Installationen“ (August 2014) des Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK), Deutschland.

REMS GmbH & Co KG

Stuttgarter Straße 83

71332 Waiblingen · Deutschland

Telefon +49 7151 1707-0



Info



www.rems.de



@remstools

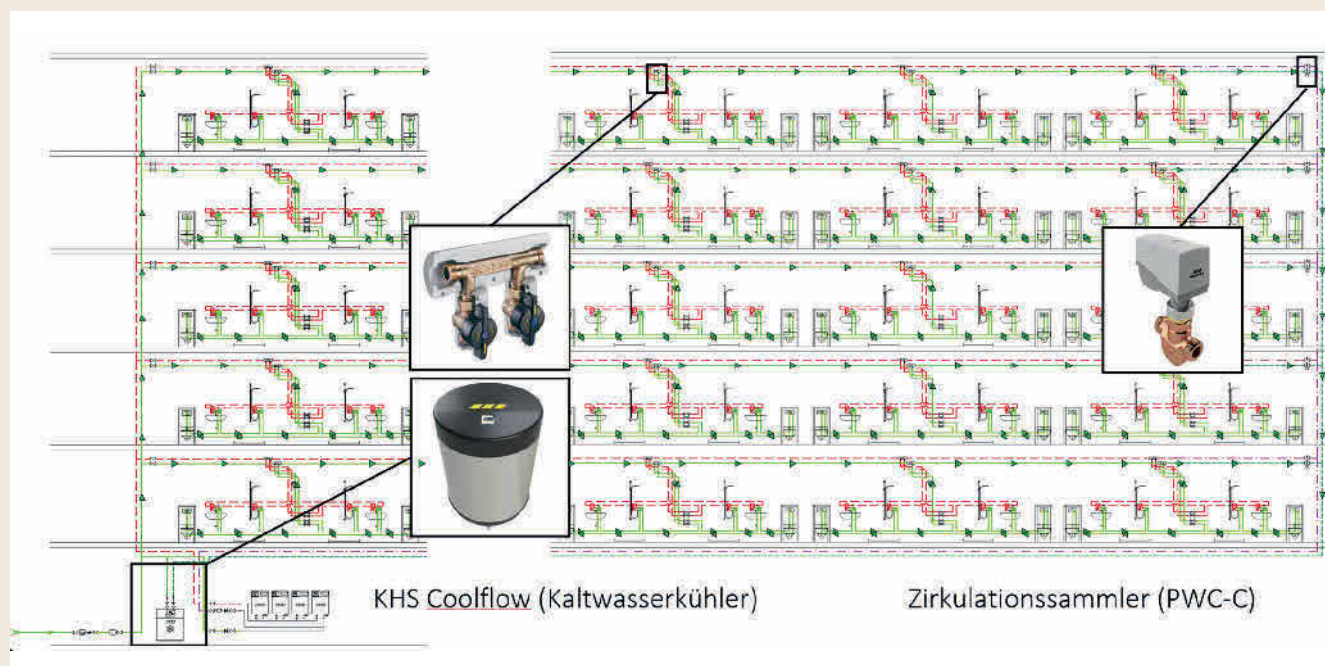


Bild 5: Berechnungsstrangschemata einer Trinkwasserinstallation mit einer Kreislaufkühlung des kalten Trinkwassers. Grafik: Dendrit

Fazit

Die Erfahrung zeigt, dass bei der Temperaturhaltung im kalten Trinkwasser das Prinzip Hoffnung dringend gegen eine Planungsmethode ausgetauscht werden muss, die auf ingenieurwissenschaftlichen Erkenntnissen beruht. Auf unbestimmte Formulierungen in Regelwerken, wie zum Beispiel kurzfristige Temperaturerhöhungen auf $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, führen nicht unmittelbar zu hohen Legionellenbefunden. Daher kann sich ein verantwortlicher Fachplaner im Schadens-/Streitfall nicht erfolgreich darauf beziehen.

In Trinkwasser-Installationen für Krankenhäuser, Seniorenwohnheime, Kindergärten, Schulen, und so weiter – den sogenannten Risikoinstallation – sollte eine vorgegebene Temperaturgrenze ($< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ beziehungsweise $< 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) vom Fachplaner nur akzeptiert werden, wenn im Planungsprozess deren Einhaltung, unabhängig von der Jahreszeit, rechnerisch nachgewiesen werden kann.

Nur mit einem automatisierten aktiven Prozess, wie der Kreislaufkühlung oder dem temperaturgeführten Spülen, können Schwächen und Fehler in der Betriebsfüh-

rung weitestgehend kompensiert werden. Sind keine Maßnahmen zur Temperaturüberwachung und -kontrolle aktiv, sollten vom Fachplaner einer Trinkwasser-Instal-

lation gesonderte Vereinbarungen getroffen werden, damit er später nicht für Versäumnisse in der Betriebsführung mit haftbar gemacht werden kann. ■



Prof. Dr. Lars Rickmann

lehrt im Fachbereich Technik und Wissenschaft an der SRH Hochschule NRW, Hamm.
Foto: privat



Timo Kirchhoff M.Eng.

ist Leiter Produktmanagement bei Gebr. Kemper, Olpe.
Foto: privat



Prof. Dr. Werner Mathys

ist ehemaliger Leiter des Bereichs Umwelthygiene und Umweltmedizin am Institut für Hygiene der WWU Münster.
Foto: privat



Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker

lehrt im Fachbereich Energie, Gebäude, Umwelt der FH Münster.
Foto: privat



Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann

ehemals Fachbereich Energie, Gebäude, Umwelt, FH Münster.
Foto: privat



Thomas Spöler M.Eng.

ist stellvertretender Leiter Produktmanagement bei Gebr. Kemper, Olpe.
Foto: privat

Planungstipps zur Vorbeugung kritischer Legionellenvermehrung

„Trinkwasser-Installationen schlank halten und alle Entnahmestellen nutzen“

Wie kann man haustechnische Trinkwasser-Installationen vor einem kritischen Legionellenbefall schützen? Welche Lösungen gibt es für einen effizienten Betrieb und zum Erhalt der Trinkwassergüte? Dr. Peter Arens, Hygieneexperte bei Schell, und sein Kollege Markus Mohr (Vertriebsbeauftragter Planer/Handwerk) geben im Interview Tipps, was Planer beim Thema Trinkwasserhygiene beachten sollten.

HLH: Wasser kann, wie andere Lebensmittel auch, verderben. Welches Mindesthaltbarkeitsdatum hat es und ab wann kann es zu einer Gesundheitsgefährdung kommen?

Dr. Peter Arens: Bei Trinkwasser gibt es zwei relevante Höchsthaltbarkeitsdaten: Wenn man es als Lebensmittel verwendet, darf es gemäß Umweltbundesamt nicht länger als vier Stunden in der Leitung stagnieren. So soll vor allem verhindert werden, dass zu viele Werkstoffbestandteile ins Wasser übergehen, was beispielsweise beim Blei innerhalb kurzer Zeit geschehen kann. Wenn es für die Körperreinigung wie Duschen verwendet wird, muss das in den Leitungen stehende Wasser spätestens nach 72 Stunden ausgetauscht werden. Das beugt einer kritischen Vermehrung gefährlicher Bakterien wie Legionellen vor, die gerade beim Duschen über Aerosole leicht eingeatmet werden können.

HLH: Was gilt es bei der Planung zu beachten, um eine Trinkwasser-Installation so sicher wie möglich zu gestalten?

Arens: Bereits bei Planung und Montage sollte man die Trinkwasser-Installation möglichst ‚schlank‘ anlegen, sodass es im späteren Betrieb ohne Sondermaßnahmen einen häufigen Wasserwechsel gibt. Denn dieser ist wesentlich für einen hygienischen Betrieb über alle Entnahmestellen. Der Wasserinhalt der Installation sollte



Trinkwasser ist ein verderbliches Lebensmittel. Foto: Schell

möglichst gering sein. Da ohnehin aus hygienischen Gründen der Wasserwechsel über alle Entnahmestellen regulativ gefordert ist, empfehle ich, wieder verstärkt auf T-Stück-Installationen zu setzen und so wenig Entnahmestellen wie möglich einzuplanen. Aus energetischen Gründen sind Ring-in-Ring-Installationen zu hinterfragen. Diese haben im Vergleich zu T-Stück- und Reiheninstallationen mehr als doppelt so große Oberflächen, über die vermeidbare Zirkulationswärmeverluste

entstehen und die gleichzeitig das Kaltwasser erwärmen. Unzeitgemäße Spülwassermengen sind oftmals die Folge. Die Ziele sind also: ein möglichst geringer Wasserinhalt für einen hohen Wasserwechsel im normalen Betrieb und aus energetischen und hygienischen Gründen möglichst geringe Oberflächen. Und so kommen Trinkwasserhygiene, Energie- und Wassersparen von Anfang an in Einklang – auch bei Stagnationsspülungen aufgrund von Betriebsunterbrechungen. ►

HLH: Welche Anforderungen sind für einen bestimmungsgemäßen Betrieb einzuhalten?

Arens: Die wichtigste Anforderung: Gebäudebetreiber müssen für einen regelmäßigen Wasserwechsel über alle Entnahmestellen sorgen, und zwar möglichst durch Nutzung. Bei Nutzungsunterbrechungen länger als 72 Stunden muss der Wasserwechsel entweder manuell oder automatisiert erfolgen, um so den Erhalt der Trinkwassergüte zu gewährleisten. Zwei weitere Voraussetzungen für einwandfreies Trinkwasser sind: Das Trinkwasser kalt darf 25 Grad nicht dauerhaft übersteigen ($PWC \leq 25^\circ C$) und Trinkwasser warm muss mindestens 55 Grad aufweisen ($PWH \geq 55^\circ C$).

HLH: Mit welchen Maßnahmen kann der Gebäudebetreiber für den Erhalt der Trinkwassergüte sorgen?

Arens: Ideal sind getrennte Schächte für warm- und kaltgehende Leitungen – ein klarer Auftrag an den Architekten, den der Auftraggeber leider noch viel zu selten erteilt, weil er zu diesem Zeitpunkt noch nicht an die Betriebskosten denkt. Nur dann ist es an heißen Sommertagen zu schaffen, ohne aktive Kühlmaßnahmen die geforderten maximal 25 Grad in Kaltwasserleitungen einzuhalten. Auch zwischen Auftraggeber und Planer ist ein möglichst frühzeitiger Dialog sinnvoll, damit der Planer weiß, in welchen Gebäudebereichen mit Nutzungsunterbrechungen zu rechnen ist. Der Planer kann dann direkt Spülpläne ausarbeiten und im Betriebsbuch hinterlegen. Bei der Entscheidung, welche Produkte zum Einsatz kommen, sollten immer auch die Betriebskosten miteinbezogen werden. Und in dieser Hinsicht sind automatische Spülungen wesentlich effizienter als manuelle, so dass sich die höheren Anschaffungskosten schnell amortisieren.

Markus Mohr: Leider finden diese eigentlich notwendigen und sinnvollen Abstimmungen, wie sie auch in der VDI 6023 gefordert sind, in der Praxis viel zu selten statt. Ich habe es oft erlebt, dass ein Gebäude geplant und realisiert wurde, bei dem die spätere Nutzung nicht beziehungsweise nicht mehr der Planung entsprach.

HLH: Worin bestehen denn Ihrer Erfahrung nach die größten Informationsdefizite auf Betreiberseite?

Mohr: Zwar erlebe ich eine grundsätzliche Sensibilität beim Thema Trinkwas-

serhygiene bei allen Beteiligten. Allerdings geben die technischen Regelwerke nur einen groben Rahmen für die Umsetzung vor und beschreiben die Ziele. Wie man dorthin kommt, bleibt den Beteiligten ein Stück weit überlassen. Daher erlebe ich immer wieder eine Diskrepanz zwischen geltenden Normen und adäquater, sinnvoller Umsetzung. Zudem haben viele Betreiber zunächst nur die Investitionskosten im Blick und entscheiden sich deswegen gegen elektronische, wassermanagementfähige Armaturen. Die Möglichkeit, durch elektronisch gesteuerte Armaturen Wasser zu sparen – bis zu 70 Prozent im Vergleich zu regulären Einhebelmischern – und dennoch den Erhalt der Trinkwassergüte zu unterstützen, ist oft unbekannt. Das rächt sich später, wenn manuelles Spülen die Betriebskosten in die Höhe treibt – und zwar dauerhaft, während etwas höhere Investitionskosten in ein Wassermanagement-System, das automatische Stagnationsspülungen ermöglicht, nur einmal zu tätigen sind und sich schnell rechnen. Im laufenden Betrieb tragen oft falsch verstandene Energie- und Wassersparkkonzepte dazu bei, dass die Trinkwassergüte leidet. So werden zeitweise die PWH-Temperaturen abgesenkt und zu kleine Spülmengen in zu großen Spülintervallen getätigt. Manuelles Spülen erzielt häufig nicht den benötigten Volumenstrom, weil Mitarbeiter fehlen, um die erforderliche Anzahl von Armaturen gleichzeitig öffnen zu können.

HLH: Wie gelingt es Ihnen zum Thema Trinkwasserhygiene aufzuklären?

Mohr: Sobald ich in ein Objekt involviert werde, gehe ich ins Gespräch mit Planer und Betreiber. Dafür nehme ich mir viel Zeit. Mir ist es wichtig, rechtzeitig die geltenden Normen aufzuzeigen, ggf. Schulungen anzubieten und passende Lösungen vorzustellen. Das Augenmerk liegt dabei nicht nur auf einer kostengünstigen Installation, sondern auch auf einem wirtschaftlichen und sicheren Betrieb. Schlanke T-Stück-Installationen kontra „Ring-in-Ring-Installation“, endständiges Spülen im Vergleich zu Spülstationen, Überwachung und Dokumentation der Anlagenparameter sind Themen, die immer wieder hinterfragt werden. Langsam aber sicher setzt sich unsere Argumentation durch, auch aus Kostengründen. Denn eine doppelte Rohrlänge bedeutet höhere Kosten bei Anschaffung und Einbau sowie beim Betrieb, wenn ei-

ne erhöhte Menge Wasser gespült und auf Temperatur gehalten werden muss.

Arens: Das Problem: Die Wärme von Zirkulationsleitungen bis an jede Entnahmestelle geht auch ins Kaltwasser von parallel verlegten Ring-in-Ring-Installationen. Das bedeutet eine steigende Wärmelast im Trinkwasser kalt und davon ausgehend eine erhöhte Legionellengefahr. Viele Planer haben dies ebenfalls erkannt und vereinfachen Trinkwasser-Installationen wieder. Dies senkt die Investitionskosten deutlich und ist auch deutlich ökologischer.

Mohr: Durch engen Kontakt und Beratung versuche ich bereits in der Planungsphase etwaige Berührungängste mit einem Wassermanagement-System abzubauen. Ich zeige auf, wie automatisiertes Spülen funktioniert. Und ich weise darauf hin, wie elektronisch gesteuerte Armaturen einen wirtschaftlichen und hygienischen Betrieb der Trinkwasser-Installation ermöglichen. Später auf der Baustelle unterstütze ich mit hilfreichen Tipps. Zum Abschluss nimmt ein Kollege dann vor Ort gemeinsam mit dem Kunden das Wassermanagement-System in Betrieb.

HLH: Welche Fehler führen Ihrer Erfahrung nach in der Praxis am meisten zu einer kritischen Legionellenvermehrung?

Mohr: Die Fehlerquellen sind vielfältig. Oftmals genügen kleine Ursachen, zum Beispiel die Armatur im Putzraum, die nicht mehr manuell gespült wird, weil jemand den Putzwagen davorgestellt hat, oder die ungenutzte Dusche in der Mitarbeiter-Umkleide, weil der Mitarbeiter drei Wochen im Urlaub ist. Denken Sie an die Waschtisch-Armatur im Klassenzimmer, die in den Ferien ungenutzt bleibt. Stagnation durch ungenutzte Entnahmestellen und mangelnder Wasserwechsel – also kein „bestimmungsgemäßer Betrieb“ – sowie kritische Temperaturen sind die Hauptursachen für eine kritische Legionellenvermehrung.

HLH: Können Sie anhand eines konkreten Beispiels darstellen, warum eine Trinkwasser-Installation mit Legionellen kontaminiert wurde?

Mohr: Es gibt viele Beispiele. Ein besonders eindrucksvolles ist das Hallenbad Rheinmünster – es musste wegen akuten Legionellenbefalls in den Duschen geschlossen werden. Kern des Problems war die Mischstation für das Duschwasser, die noch aus der Erbauungszeit in den

1970er Jahren stammte und im Keller des Gebäudes untergebracht war. Hier wurde bislang das Wasser für die Duschen des Hallenbades und in der benachbarten Sporthalle auf eine Temperatur von 40 Grad Celsius gebracht und anschließend nach oben befördert. Eine ideale Temperatur für die Vermehrung von Legionellen: Wenn das Wasser über Nacht in den Leitungen stand, konnten sie sich ungehindert vermehren. Hinzu kamen überdimensionierte und korrodierte Leitungen, in denen sich die Legionellen ausbreiten konnten, sowie ein zu niedriger Leitungsdruck in bestimmten Strängen. Zuletzt gab es Probleme mit dem Kaltwasser. Die Temperaturen an der Eintrittsstelle der Versorgungsleitung ins Gebäude betragen in heißen Sommern manchmal über 20 Grad Celsius – eine Folge des Klimawandels.

HLH: Welche Maßnahmen wurden zur Wiederherstellung der Trinkwassergüte umgesetzt?

Mohr: Die überdimensionierten Rohrleitungen im Keller wurden komplett ausgetauscht und nahezu das gesamte Leitungsnetz ‚verschlankt‘. Aus DN 125 wurde DN 50. Die alte Mischwasseranlage wurde entfernt und durch eine neue Anlagentechnik ersetzt, die 60 Grad Celsius heißes Warmwasser erzeugt. Das Wasser wird jetzt nicht mehr länger über eine Mischwasserleitung, sondern über zwei Trinkwasserleitungen für Kalt- und Warmwasser zu den Duschen geführt. Auch die alten Unterputz-Duscharmaturen wurden demontiert und durch elektronische Aufputz-Duschpaneele ersetzt. Heiß- und Kaltwasser werden nicht mehr im Keller, sondern über das integrierte Thermostat im Duschpaneel selbst auf eine angenehme Temperatur gemischt. Durch die kurzen Wege von der Erwärmung bis zur Entnahme reduziert sich die Legionellengefahr enorm. Zusätzlich wurden die Dusch-Armaturen in ein Wassermanagement-System eingebunden. Darüber können Stagnationsspülungen jetzt zentral gesteuert und dokumentiert werden.

HLH: Wie ist nach zwei Jahren Laufzeit das Feedback der Betreiber?

Mohr: Positiv! Der Bademeister, der im Hallenbad Rheinmünster auch Facility Management Aufgaben übernimmt, kommt mit der selbsterklärenden Oberfläche des Wassermanagement-Systems

sehr gut zurecht. Die automatisierten Spülungen ersparen ihm lange Laufwege. Nun kann er ganz bequem in regelmäßigen Abständen überprüfen, ob alle Armaturen erreichbar sind und funktionieren und ob die Stagnationsspülungen gelaufen sind. Die Dokumentation erfolgt automatisch auf dem Server. Sein Arbeitsaufwand hat sich deutlich reduziert.

Arens: Mittels Temperatursensoren kann der Facility Manager frühzeitig Abweichungen von den Solltemperaturen PWC und PWH aus der Ferne erkennen. So kann er immer rechtzeitig proaktiv werden und gegensteuern. Über einen Wassersicherheitsplan, wie ihn das UBA bereits 2020 vorgestellt hat, soll ein rein reaktives Vorgehen gegen Legionellen durch ein präventives ersetzt werden. Das schützt die Nutzer und bewahrt den Betreiber vor den hohen Kosten einer Gefährdungsanalyse, die enorm aufwendig ist, da die gesamte Installation dann auf die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik überprüft werden muss.

Mohr: Was mich natürlich sehr freut: Im Hallenbad Rheinmünster gibt es bereits Pläne zur Erweiterung des Wassermanagement-Systems. Da demnächst die gesamte Schwimmbadtechnik und Teile der Gebäudehülle erneuert werden müssen, sollen weitere elektronische Armaturen an Waschtischen, WCs und Urinalen vernetzt werden.

HLH: Viele setzen derzeit zum Erhalt der Trinkwassergüte auf Spülstationen. Wie bewerten Sie diese?

Arens: Meines Erachtens sind Spülstationen heutzutage überflüssig, da man ohnehin über jede Entnahmestelle einen Wasserwechsel herbeiführen muss. Zudem sind sie wesentlich teurer als zwei Armaturen mit vergleichbarer Literleistung und benötigen einen vermeidbaren Wasser- und Abwasseranschluss. Die eingesparte Investitions- und Installationssumme kann man in ein Wassermanagement-System einsetzen, mit dem dann die Betriebskosten dauerhaft gesenkt werden.

Mohr: Bei Spülstationen müssen sämtliche Anschlüsse durchgeschleift werden. Dadurch vergrößert man häufig das Leitungsnetz und die Rohroberfläche unnötig. Nicht nur die Material- und Montagekosten steigen, sondern auch das Spülvolumen. Endständiges Spülen an der sowieso vorhandenen Armatur oder am Spülkasten, zentral gesteuert über ein

Wassermanagement-System, erlauben eine schlanke Installation mit einem System für alle Entnahmestellen. Der Facility Manager hat also ein einziges System, mit dem er arbeitet und mit dem er sich auskennt. Er braucht kein weiteres Einstellgerät und alle wichtigen Parameter sind auf einer Oberfläche einsehbar.

HLH: Welche Tipps würden Sie Planern zur Auslegung einer sicheren Trinkwasser-Installation abschließend an die Hand geben?

Arens: Der Planer sollte von Anfang an den Dialog mit dem Investor suchen. Das Raumbuch gemäß VDI 3810 Blatt 2 / VDI 6023 Blatt 3 ist ein geeignetes Instrument zur Strukturierung des Gespräches, um mehr über seine Ausstattungswünsche und mögliche Nutzungsunterbrechungen zu erfahren. Darauf abgestimmt kann er dann sein Angebot unterbreiten, inklusive Spülplänen. Auch sollte er die Einrichtung von Probenahmestellen in sein Angebot integrieren – die Trinkwasserverordnung schreibt dies vor, aber viele Betreiber wissen es nicht. Sein Angebot sollte also nicht nur eine funktionale Trinkwasser-Installation enthalten, sondern auch wesentliche Hinweise zum hygienischen Betrieb.

Mohr: Das kann ich nur unterstreichen: Die laufenden Betriebskosten sollten unbedingt im Angebot mitabgebildet werden, damit eine Trinkwasser-Installation den hygienischen Anforderungen gemäß sowie effizient und wirtschaftlich betrieben werden kann. ■



Dr. Peter Arens

ist Hygienespezialist bei der Schell GmbH & Co. KG, Olpe.
Foto: Schell



Markus Mohr

ist Vertriebsbeauftragter Planer/Handwerk bei der Schell GmbH & Co. KG, Olpe.
Foto: Schell

Neue Aspekte für die Bewertung von Wasserbehandlungsmaßnahmen

Ergebnisse einer Literaturrecherche zur Biofilmbildung in Installationssystemen

Konsequenz der Wechselwirkungen von Wasser mit seiner Umgebung sind die Steinbildung, Korrosion und die Biofilmbildung. Biofilm und dessen Ausbildung ist Inhalt der Forschung und wissenschaftlicher Veröffentlichungen seit rund 40 Jahren, wohingegen Steinbildung und Korrosion als Wechselwirkungen des Wassers mit seiner Umgebung schon seit mehr als 100 Jahren beschrieben und erforscht werden. Diese Literaturstudie führt neuere und neueste Forschungsergebnisse aus der Verfahrenstechnik, der Gebäudetechnik und den Naturwissenschaften zusammen um einen Beitrag zur Risiko-/Nutzenbewertung von Trinkwasserbehandlung in der Gebäudeinstallation zu leisten.

TEXT: Dr. rer. nat. Ralph Bergmann

Die Einflüsse der Wasserqualität auf die Ausbildung von Korrosion oder die Neigung zur Kalkabscheidung sind zigfach in nationaler und internationaler wissenschaftlicher Literatur beschrieben, Kennwerte wie beispielsweise der Stoke-Index für Korrosion und der Langelier Saturation Index für die Kalkabscheidung lassen eine Abschätzung des Korrosions- oder Kalkabscheidungsspotenzials zu. Die Zahl der Veröffentlichungen, die die Einflüsse der Wasserqualität auf die Biofilmbildung beschreiben erscheint dahingehend geringer (**Bild 1**).

Wasserbehandlung zur Änderung der Wasserqualität im Einklang mit gesetzlichen und normativen Anforderungen ist

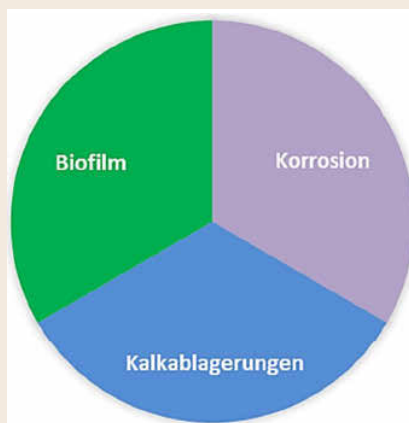


Bild 1: Wechselwirkungen von Wasser mit seiner Umgebung. Grafik: R. Bergmann

gängige Praxis. Bei der Bewertung von Wasserbehandlungsmaßnahmen werden jedoch deren Nutzen und Risiken in Bezug auf die resultierende Wasserqualität nach der Behandlungsmaßnahme widersprüchlich gesehen. Das Ziel der vorgestellten Literaturrecherche aus wissenschaftlicher Literatur der Natur- und der Ingenieurwissenschaften war es, Forschungsergebnisse zur Biofilmbildung in Installationssystemen zusammenzufassen und damit neue Aspekte in die Nutzen-, Risikobewertung von Wasserbehandlungsmaßnahmen einzubringen.

Wasserbehandlung

Die Wasserbehandlung am Eingang in eine Gebäudeinstallation, dem sogenannten

POE¹⁾, ist ein verfahrenstechnischer Schritt, bei dem die Wasserqualität marginal geändert wird mit dem Ziel die Wasserqualität für den Wassernutzer und seine spezifischen Anforderungen anzupassen und zu optimieren. Die in **Tabelle 1** beschriebenen Verfahren der Wasserbehandlung sind alle normativ abgesichert. Die Wirksamkeit und Funktion der Geräte sind durch die Validierung durch unabhängige Stellen bestätigt.

Die Wasserbehandlung ist ein der Wasseraufbereitung nachgelagerter Verfahrensschritt. Mit der Wasseraufbereitung wird eine Wasserqualität erzielt, die einen Großteil von Anforderungen abdeckt, aber nicht spezielle Qualitätsanforderungen, wie sie von der Wassernutzung durch (spezielle) Verbraucher resultieren. Welchen Einfluss haben hierbei die Wasserbehandlungsverfahren auf das Biofilmbildungspotenzial des von ihnen produzierten Wassers?

Grundlagen

Wasserqualität

(Trink-)Wasser – präzise definiert als die chemische Substanz Dihydrogenmonoxid im flüssigen Zustand – dient als Lösungsmittel für anorganische Salze, für Gase und für organische Moleküle. Da es nahezu unmöglich wäre alle Wasserinhaltsstoffe aufzulisten und zu quantifizieren, gibt es Parameter und Indices, die die Qualität eines Wassers charakterisieren beziehungsweise es makroskopisch beschreiben. Einige dieser Werte sind in **Tabelle 2** beschrieben. Die Werte 1 bis 5 werden hauptsächlich durch Verfahren der Wasseraufbereitung durch zum Beispiel die Wasserwerke der Trinkwasserversorger verändert. Die Höhe des Wertes 5 wird teilweise durch entsprechende Aufbereitungsschritte im Wasserwerk reduziert und im Rahmen der Wasserbehandlung manchmal marginal erhöht. Wert 6, die Koloniezahl, wird durch Wasseraufbereitung aber auch durch Wasserbehandlungsmaßnahmen reduziert. Änderungen der Werte 1 bis 4 durch Wasserbehandlung sind nur mit sehr hochwertigen Analyseinstrumenten messbar. In der Zusammensicht der Werte 1 bis 6 ändert Wasserbehandlung die Wasserqualität nicht. Durch die gewollte Änderung der Werte 7 bis 10 durch Wasser-

Verfahren	Konkrete Wirkung
Enthärtung	Enthärtung; Ionenaustausch Härtebildner gegen Natriumionen
Dosierung	Dosierung von Wirkstoffen, Phosphaten und/oder Silikaten zur Inhibierung der Kalkausfällung und Bildung schwerlöslicher, schuttschichtbildender Phosphate und/oder Silikate
Kalkstabilisierung	Kalkstabilisierung durch Löslichkeitsproduktverschiebung von Calciumcarbonat Kalkstabilisierung durch aktives Leaching von organischen, inhibierend gegen Kalkausfällung wirkenden Substanzen Kalkstabilisierung durch aktives Leaching von anorganischen inhibierend gegen Kalkausfällung und als Korrosionsschutz fungierenden Phosphaten
UV-Bestrahlung	UV-Bestrahlung des Wassers zur Inaktivierung von lebenden Mikroorganismen

Tabelle 1: Übersicht an Wasserbehandlungsverfahren

Wert-Nr.:	Parameter über die Qualität des Wassers	Konkreter Zusammenhang auf Biofilmbildung
1	Leitfähigkeit (als Maß der Massenkonzentration an gelösten Salzen)	
2	pH-Wert	
3	Redox-Potenzial (als Maß für das Vorhandensein von Sauerstoff)	Direkte Auswirkung (Auswirkung des Vorhandenseins von oxidativ wirkenden Desinfektionsmitteln wurde nicht recherchiert)
4	UV-Lichtdurchlässigkeit (als Maß für das Vorhandensein von Kohlenstoff als Nährstoff für Biofilm bzw. Mikroorganismen)	siehe 5
5	Gelöster organischer Kohlenstoff; DOC	Nährstoff für Biofilm beziehungsweise Mikroorganismen
6	Koloniezahl (Bakterienanzahl, als Maß für den mikrobiologischen Zustand des Wassers)	je geringer die Bakterienanzahl desto geringer die Biofilmbildung
7	Wasserhärte (als Summe der Konzentrationen der Calcium- und Magnesiumionen und als Gerüstsubstanz für Biofilm)	Biofilm-Gerüstsubstanz
8	Natriumionenkonzentration	keiner
9	Phosphorkonzentration	Nährstoff für Biofilm beziehungsweise Mikroorganismen
10	Siliziumkonzentration	keiner

Tabelle 2: Zusammenhang Biofilmbildung und Wasserqualität

behandlung ist aber eine Änderung des möglichen Biofilmbildungspotenzials des Wassers nicht auszuschließen.

Biofilm und Biofilmbildung

Als Biofilm bezeichnet man eine sich selbst bildende Schleimschicht in der un-

ter anderem Bakterien leben. Prominentestes Beispiel dürfte hierbei der Zahnbelag (Plaque) sein. ►

F U ß N O T E

1) POE = Point of Entry

Biofilm findet sich in nahezu allen wasserführenden Installationssystemen. **Bild 2** zeigt die verschiedenen Stufen der Biofilmbildung.

Bei der Entwicklung eines Biofilms heften sich zunächst die freischwimmenden planktonischen Zellen an eine Oberfläche an (Attachment). Der Schleim, der den Biofilm durchzieht und umgibt, basiert auf Polysacchariden, welche die Mikroorganismen selbst produzieren. In diesem Stadium vermehren sich die Bakterien (Growth). Aus dem Biofilm können abschließend einzelne Zellen freigesetzt werden, die sich wieder ansiedeln und weiteren Biofilm ausbilden können (Detachment).

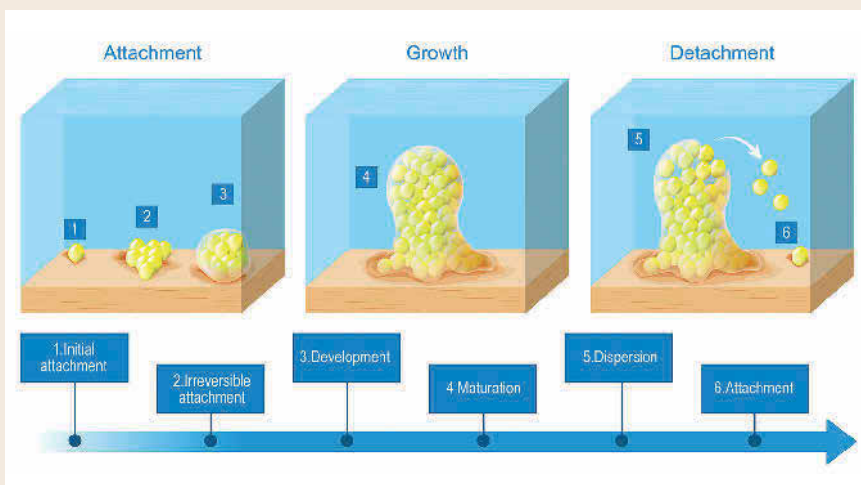


Bild 2: Biofilmentwicklungsstadien. Quelle: https://www.uni-due.de/imperia/md/content/water-science/ws1112/1652_ws1112_sem_biofilmbildung.pdf (31.08.2022).

Biofilmbildungspotenzial

Das Ausmaß der Biofilmbildung ist von vielen Faktoren abhängig: Der Art der Mikroorganismen, der Rauigkeit der Oberflächen, den zu besiedelnden Materialien und den Umgebungsbedingungen. Umgebungsbedingungen sind hierbei: die Umgebungstemperatur, die Strömungsverhältnisse und die Wasserqualität.

Eine Definition oder eine Kennzahl für das Biofilmbildungspotenzial eines Wassers gibt es in der Literatur noch nicht.

Das Potenzial der Biofilmbildung ist stark von der Paarung Werkstoff (feste Phase) und des Wassers (flüssige Phase) bestimmt. Der Begriff Biofilmbildung ist beschrieben durch Biofilmvolumen, dessen Stabilität und dessen Anhaftung.

Grundvoraussetzung für die Biofilmbildung ist das Vorhandensein von Feuchtigkeit beziehungsweise Wasser, wobei das Wasser genauer über die in Tabelle 2 beschriebenen Werte definiert sein muss. Der Abgleich mit den sogenannten „Elementen des Lebens“ zeigt, dass die Auswahl der Werte aus Tabelle 2 sinnvoll ist. Die für das Leben, beziehungsweise den Biofilm bedeutsamen Elemente, finden sich in **Bild 3**.

Die Grenzen inwieweit der „Faktor Wasserqualität“ prinzipiell variieren darf, finden sich teilweise in der Trinkwasser EU-Richtlinie und der deutschen Trinkwasserverordnung in Form von Grenz- und Indikatorwerten für einzelne Parameter.

Den Zusammenhang zwischen den Grenz- und Indikatorwerten der Regelwerke, den Analysenwerten und den Elementen des Lebens verdeutlicht **Tabelle 3**.

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc		Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y		Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							
		*	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		**	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		
Grundelemente			Mengenelemente			Essentielle Spurenelemente					Sonstige Spurenelemente							

Bild 3: Elemente des Lebens farblich hervorgehoben und klassifiziert. *Quelle:* <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2010/daz-13-2010/des-lebens-elemente> (31.08.2022)

Ergebnisse der Literaturrecherche

Abhängigkeit des Ausmaßes der Biofilmbildung von der Wasserqualität generell

Der Einfluss der Wasserqualität auf die Biofilmbildung wird in der Literatur teilweise als sehr hoch bewertet. So findet sich in einer Dissertation von Dr.-Ing. Röder folgender Einfluss in gewichteter Reihenfolge [1]: Trinkwasserbeschaffenheit > Trinkwasserinstallation > anthropogene Einflüsse.

Eine weitere Veröffentlichung, die die Begriffe Wasserqualität oder Wasserbeschaffenheit im Zusammenhang mit der Biofilmbildung weiter detailliert ist das Dokument: „Erkenntnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt: Biofilme in der Trinkwasser-Installation“ [2]. Allerdings wurden auch hier nicht die Wasseranalysenwerte konkret quantifiziert.

Abhängigkeit des Ausmaßes der Biofilmbildung in enthärtetem Wasser

Vor dem Hintergrund der Bewertung von Enthärtung durch Ionenaustausch und deren möglichem Einfluss auf die Biofilmbildung ist die Wasserhärte beziehungsweise Konzentration an Calcium und Magnesium interessant. Hierzu konnten einige Veröffentlichungen recherchiert werden, die über Forschungsergebnisse zu Biofilmhöhe und -festigkeit berichten. Ein Artikel aus Nature aus dem Jahr 2018 zeigt auf, dass die Höhe einer sich ausbildenden Biofilmschicht in weichem Wasser geringer ist als in hartem Wasser [3]; der gebildete Biofilm in hartem Wasser aber mechanisch stabiler ist, als der aus einem weichen Wasser gebildete Biofilm. Ebenso ist die Rauigkeit des aus weichem Wasser gebildeten Biofilms geringer als die des Biofilms eines harten Wassers. Das Versuchswasser war ein Grundwasser mit

Element	Klassifizierung	Anforderungen / Konzentrations-Angaben	(Indirekte) Quantifizierung
H ⁺	Grundelement	10 ^{-6,5} bis 10 ⁻⁹ mol/l	pH-Wert
		Wasserstoff gebunden in organ. Verbindungen; DOC als Maß organischer Verbindungen minimal	über die DOC-Konzentration
NO ₃ ⁻	Grundelement	maximal 50 mg/l Nitrat	Nitratkonzentration
C	Grundelement	Organischer Kohlenstoff: Eine Maximalkonzentration für organischen Kohlenstoff ist nicht näher spezifiziert	DOC-Konzentration
		Anorganischer Kohlenstoff über zum Beispiel HCO ₃ ⁻ : Eine Maximalkonzentration für anorganischen Kohlenstoff ist nicht näher spezifiziert	Summe der gelösten Salze als Maximalleitfähigkeit (also auch des HCO ₃ .)
O ₂	Grundelement	soll vorhanden sein, um eine Schutzschichtausbildung auf metallischen Werkstoffen zu begünstigen	Redoxpotenzial eines Wassers (Wert soll im oxidierenden Bereich sein)
Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻	Mengenelemente	[Na ⁺], [SO ₄ ²⁻], [Cl ⁻]: 250 mg/l, ansonsten keine Maximalkonzentrationen	Summe der gelösten Salze als Maximalleitfähigkeit
PO ₄ ³⁻	Mengenelement	Reguliert insbesondere über die Liste nach § 11 der Trinkwasserverordnung, die eine Maximalkonzentration von 2,2 mg/l als P zulässt	Phosphat-Konzentration

Tabelle 3: Chemische Grenzen der Wasserqualität; Elemente des Lebens und deren Regulierung in Regelwerken.

16° dH, das einerseits unbehandelt, und andererseits auf 3° dH enthärtet für die Untersuchungen verwendet wurde.

Die Autoren des Nature-Artikels stellen folgende Hypothese auf: Die Strömung in einer Gebäudeinstallation zusammen mit weichem Wasser sorgt für eine signifikant geringere Höhe der Biofilmschicht. In Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit variiert das resultierende Biofilmvolumen. Es scheint sich eine Art Gleichgewicht einzustellen. Ein erhöhter Abtrag des Biofilms wurde auch nicht festgestellt.

Viele Veröffentlichungen enthalten die zentrale Feststellung, dass die bivalenten Kationen von Calcium und Magnesium als sogenannte Gerüstsubstanzen für die Biofilmbildung fungieren [4]. Schon im Jahr 2000 erschien die Veröffentlichung „Influence of Calcium and other

Cations on Surface Adhesion of Bacteria and Diatoms“ von GG Geesey, einem Professor der Universität Montana, international führend im Bereich der Biofilmforschung. Die Veröffentlichung kam zu dem Ergebnis, dass es viele Hinweise auf die Regelungsfunktion von Calciumionen auf die Biofilmanhaftung gibt [5].

Diese Annahme wurde vielfach bestätigt und präzisiert, unter anderem im Jahr 2013 in einem Artikel aus dem Fresenius Environmental Bulletin mit der Bakterienspezies *Sphingomonas paucimobilis* [6].

Aber auch bei den geläufigeren gram-negativen *Pseudomonas aeruginosa* und gram-positiven *E. coli* konnte eine Stimulation der Bakterien-Anhaftung durch die Anwesenheit von niedrigen bis mittleren Konzentrationen an Calcium- und Magnesiumionen nachgewiesen werden.

Ein weiteres Ergebnis, 2012 veröffentlicht im Fresenius Environmental Bulletin, war, dass die Anwesenheit der Härtebildnerionen zu einer anderen Biofilmstruktur mit einer deutlich erhöhten Zellzahl im Biofilm führt, aber nicht zu einer signifikanten Zellzahlzunahme der frei suspendierten Zellen [6].

Interessant ist, dass die verstärkte Biofilmbildung schon bei Härten von etwa 1,1 °dH beobachtet wurde; bei weiter steigenden Härtewerten (hier 2,8 °dH), aber nicht noch stärker zunimmt beziehungsweise sogar leicht sinkt. Diese Ergebnisse sind in **Bild 4** dargestellt. Hierbei wurde als Indikator für die Biofilmbildung die Zellzahldichte im Biofilm pro Fläche herangezogen. (CFU/ml = Koloniebildende Einheit pro cm²).

Die Ergebnisse der Literaturrecherche zum Einfluss der Wasserhärte auf die ►



Zertifikat abgelaufen?
Jetzt umstellen auf:
KLINGERSIL® C-4240



Die Trinkwasserversorgung ohne Kompromisse –
Prüfbestätigung nach Elastomerleitlinie bis März 2026

KLINGER GmbH, 65510 Idstein, Tel. +49 6126 40160, mail@klinger.de, www.klinger.de

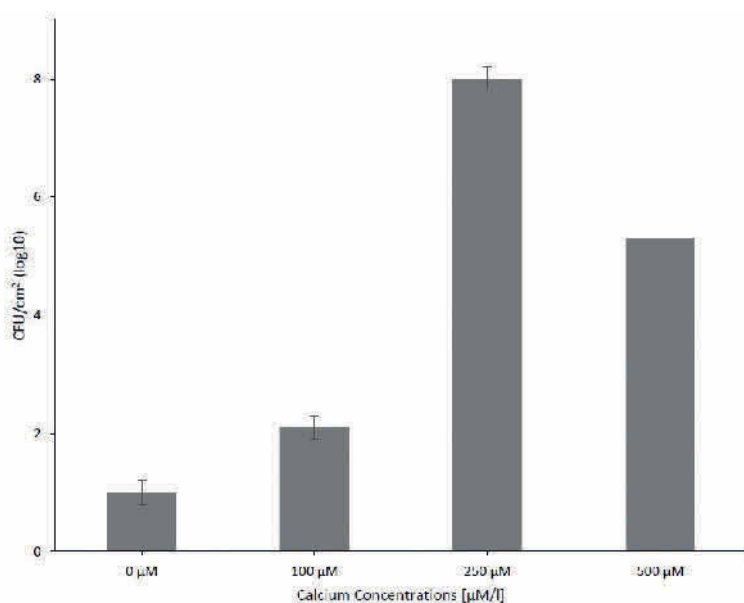


Bild 4: Abhängigkeit der Zellzahldichte in der wässrigen Phase und im Biofilm selbst in Abhängigkeit von der Calciumkonzentration. Grafik: Effect of magnesium and calcium cations on biofilm formation by *Sphingomonas paucimobilis* from an industrial environment [6]

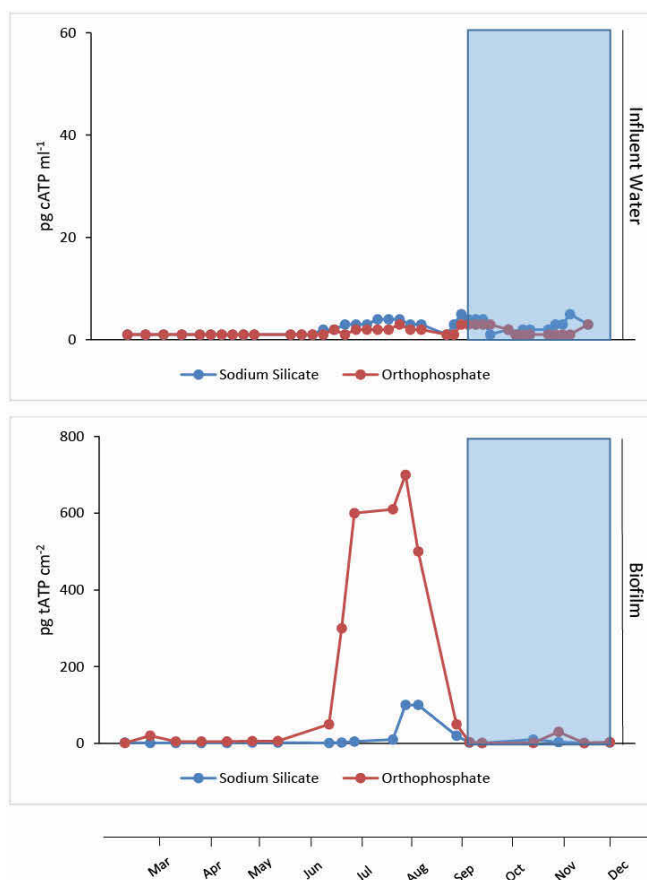


Bild 5: Zusammenhang Natriumorthophosphat/ Natriumsilikat und ATP Konzentration als Indikator für Biofilmmaktivität. Grafik: Effect of sodium silicate on drinking water biofilm development [7]

Biofilmbildung lassen in der Zusammensicht und Bewertung den Schluss zu, dass die Wasserbehandlung durch Enthärtung keinesfalls Risiken induziert, die von Biofilm verursacht werden. Im Gegenteil: Der Austausch von Calcium- und Magnesiumionen gegen Natrium sollte im Zusammenhang mit der Bewertung von Biofilm in der Gebäudeinstallation als positive Maßnahme bewertet werden.

Abhängigkeit des Ausmaßes der Biofilmbildung bei „dosiertem“ Wasser

Das Verfahrensziel der Dosierung ist die Inhibierung von Kalkausfällungen durch Phosphat-Zusatz oder die Ausbildung von Schutzschichten in metallischen Rohrleitungen durch Phosphat- und/oder Silikat-Zusatz. Zu der Fragestellung wie sich die Dosierung auf die Biofilmbildung auswirkt wurden zwei neuere Veröffentlichungen aus den Jahren 2018 und 2022 gefunden.

Gleich zwei Artikel aus der amerikanischen Fachzeitschrift Nature und dem Journal Environmental Science über den Einfluss zweiwertiger Ionen und Polyposphaten im Trinkwassersystemen konnten recherchiert werden [3]. Das jüngste Paper stammt aus der Zeitschrift Environmental Science: Water Research & Technology, über den Einfluss Silicats auf die Biofilmentwicklung von Mai 2022 [7].

Die Untersuchungen wurden in sogenannten Annular Reactors mit Coupons durchgeführt, wobei die Entwicklung des Biofilms auf den Coupons über einen definierten Zeitraum beobachtet wurde. Es wurde Natriumorthophosphat und Natriumsilikat (1,0 mg/l PO_4^{3-} , und 24 mg/l SiO_2) in zwei verschiedenen Rohrsträngen zudosiert und die biologische Aktivität des Biofilms über die ATP-Aktivität bestimmt. **Bild 5** zeigt das Ergebnis der Untersuchungen. In den Sommermonaten stieg die Biofilmmaktivität aufgrund einer erhöhten Wassertemperatur stark an. Der Phosphor im Phosphat diente wahrscheinlich als Nährstoffquelle. Die gemessene Wassertemperatur betrug in den Monaten erhöhter Biofilmmaktivität mehr als 20 °C. Der Hinweis, dass zugesetztes Phosphat ausschließlich bei erhöhten Temperaturen als Biofilmpromotor fungiert ist neu und wurde so zuvor noch nicht beschrieben.

In dem oben genannten Nature-Artikel wurde auch der Einfluss der Dosierung von Natriumhexametaphosphatdosierung

(1,6 mg/l PO_4^{3-}) auf die Biofilmbildung beschrieben [3]. Die Autoren finden ein verstärktes Volumenwachstum im Vergleich zu nicht behandeltem Grundwasser.

Bild 6 zeigt die verschiedenen resultierenden Biofilmhöhen im Vergleich. Ob die beobachtete Volumenzunahme durch die höhere Phosphat-Zugabe resultierte oder auch „nur“ durch erhöhte Wassertemperaturen, ist aus dieser Veröffentlichung nicht ersichtlich. Die Festigkeit des Biofilms in dem Phosphat zudosierten Wasser, wird als vergleichbar zu dem, des enthärteten Wassers angegeben. Nichtsdestotrotz ist das Ergebnis bemerkenswert.

Bewertung der Biofilmbildung bei der „Dosierung“

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse der beiden Veröffentlichungen lässt sich folgende Bewertung der Wasserbehandlung mit Dosierung ableiten: Phosphatdosierung sollte in geringen Konzentrationen nur in Wasser erfolgen bei dem sichergestellt ist, dass keine Erwärmung durch Stagnation, ungünstige Installationsbedingungen oder fehlende Dämmung resultiert. Sonst besteht ein Risiko für verstärkte Biofilmbildung. Die Dosierung von Silikaten ist unkritisch in Bezug auf die Biofilmbildung.

Abhängigkeit des Ausmaßes der Biofilmbildung bei „stabilisiertem“ Wasser

Wissenschaftliche Literatur zu der Fragestellung, ob die Kalkstabilisierung eine Änderung der Biofilmbildung bewirkt, konnte nicht gefunden werden.

Abhängigkeit des Ausmaßes der Biofilmbildung bei UV-bestrahltem Wasser

Die veröffentlichten Ergebnisse zu Untersuchungen, welchen Einfluss eine UV-Bestrahlung des Wassers auf die

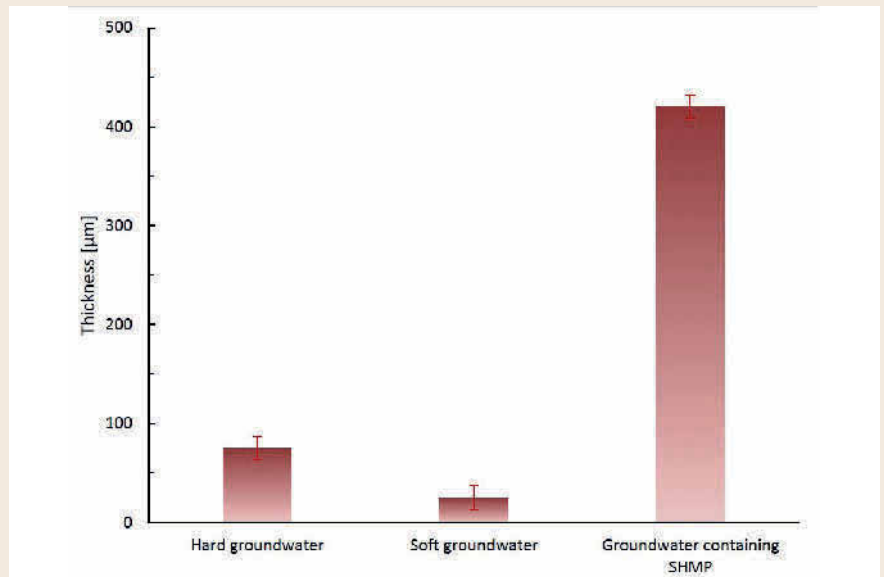


Bild 6: Vergleich der gebildeten Biofilmhöhe bei hartem Grundwasser, enthärtetem Grundwasser und mit Natriumhexametaphosphat „dosiertem“ Grundwasser. Grafik: Effect of divalent ions and a polyphosphate on composition, structure, and stiffness of simulated drinking water biofilms [3]

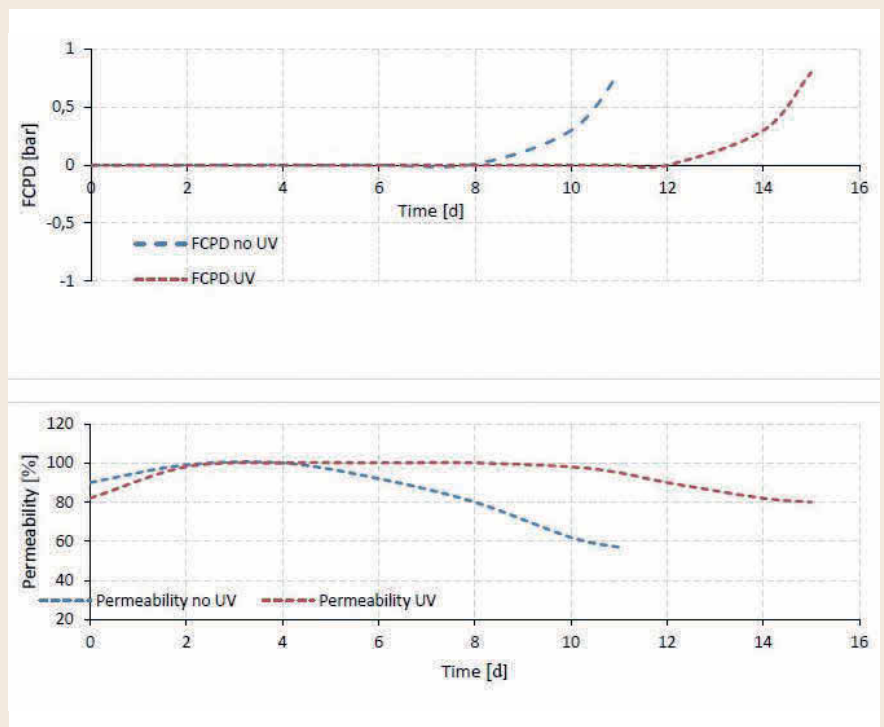


Bild 7: Einfluss von UV-Bestrahlung auf von Biofilmbildung anhand Membranprozesskenngrößen. Grafik: Membranes Reducing the Impacts of Biofouling in RO Membrane Systems through In Situ Low Fluence Irradiation Employing UVC-LEDs. [9]



Einfach Ausschreiben!

SCHLANK • SCHNELL • LEISTUNGSSTARK • AVA-SOFTWARE • FREE DOWNLOAD: www.avaplan.de

AVAPLAN

Biofilmbildung hat, sind divergent. Zu beachten ist, dass in den recherchierten Untersuchungen unterschiedliche UV-Strahlungsquellen verwendet wurden.

In der Untersuchung „Mitigation of Biofilm Colonization on Various Surfaces in a Model Water Flow System by Use of UV-Treatment“ einer Forschergruppe aus Tel Aviv wurden die Untersuchungen mit Mitteldruck-UV-Strahlern durchgeführt [8]. In dieser Veröffentlichung aus dem Jahr 2016 berichten die Autoren von einer signifikanten Abnahme der Biofilmbildung in dem Testsystem. Diese Ergebnisse konnten erzielt werden, da die Eintrittskonzentration an Bakterien mit 10^6 CFU/cm³ unüblich hoch war und so in einem Trinkwasser nicht vorkommt.

In einer anderen Publikation aus dem Jahr 2020 der TU München „Membranes Reducing the Impacts of Biofouling in RO Membrane Systems through In Situ Low Fluence Irradiation Employing UVC-LEDs“ wurde das Fouling-Verhalten von UO-Membranmodulen untersucht [9]. Membran-Fouling ist die Ausbildung einer Schicht aus Bakterien und organischen Substanzen von Membranmodulen und stellt einen der Biofilmbildung im Trinkwassersystem ähnlichen Vorgang dar. Der einzige Unterschied ist, dass die Vorgänge eventuell auf einem zu Trinkwasser vergleichsweise höheren Konzentrationsniveau bezüglich Bakterien und Wasserinhaltsstoffen stattfinden.

Die Autoren verwenden für ihre Untersuchung als UV-Lichtquelle LEDs und stellen nach mehrtägiger Betriebsdauer eine Abnahme der Fouling-Tendenz an der Oberfläche des Membranmoduls fest, wenn das Wasser mit einer geringen UV-Fluoreszenz bestrahlt wurde. **Bild 7** zeigt die unterschiedliche Entwicklung zweier membranprozess-charakterisierenden Prozesskenngrößen im Vergleich zu UV-bestrahltem, als auch unbestrahltem Wasser: Der Gesamt-Permeabilität über Biofilm und Membran und dem Druckverlust, resultierend aus dem „Entlangfließen“ des Wassers an der Membranoberfläche durch Biofilmbildung.²⁾ Die Permeabilität (Durchlässigkeit) nimmt mit verstärkter Biofilmbildung ab. Mit UV-Bestrahlung sinkt die Permeabilität langsamer und der Druckverlust steigt später an. Der positive

Einfluss der UV-Bestrahlung ist klar zu erkennen. Mit UV-Bestrahlung sinkt die Permeabilität langsamer und der Druckverlust steigt später an.

Der Artikel „Impact of the Ultraviolet Disinfection Process on Biofilm Control in a Model Drinking Water Distribution System“ aus dem Jahr 2009 [10], veröffentlicht im Journal Research Gate, kommt zu einem anderen Ergebnis. Als Resultat wird festgehalten, dass keine Änderung der Biofilmbildung beziehungsweise dessen Struktur aus der UV-Bestrahlung des Wassers resultiert. Dennoch ist in diesem Zusammenhang wichtig, dass die absolute Anzahl an Bakterien, die ein Wasser enthält, ein stark beeinflussender Parameter auf das Ausmaß der Biofilmbildung ist. Die Keimzahl als Bakterienkonzentration wiederum wird durch UV-Bestrahlung reduziert.

Bewertung der Biofilmbildung bei der UV-Bestrahlung

Der logische Schluss der drei Artikel zur Biofilmbildung nach UV-Bestrahlung ist: Wenn ein Wasser mit Trinkwasserqualität in ein Installationssystem eintritt, hat die UV-Bestrahlung einen geringen Einfluss auf das Biofilmbildungspotenzial. Nicht aber, wenn erhöhte Keimzahlen im Einspeisewasser eines Systems vorhanden sind. Dann sorgt die UV-Bestrahlung für eine Absenkung des Keimzahl-niveaus und damit für geringere Biofilmbildung.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Recherche der wissenschaftlichen Literatur zeigt, dass Wasserbehandlung nicht zu einer vermehrten Biofilmbildung führt. Im Gegenteil: Es gibt einige Hinweise die Enthärtung als vorteilhaft zur Minimierung der Biofilmbildung vermuten lassen. Bei der Dosierung sollte hinsichtlich der Biofilmbildung in jedem Fall silikathaltigen Zusätzen der Vorzug vor phosphathaltigen Zusätzen gegeben werden. ■

F U ß N O T E

2) FCPD=Feed Canal Pressure Drop

L I T E R A T U R

- [1] Röder, Rosemarie: Wasserinstallation: Untersuchung der Auswirkung von eingesetzten Materialien und Desinfektionsmaßnahmen. Fakultät für Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin, 2010.
- [2] Flemming, C.; Kurt, H.: Biofilme in der Trinkwasserinstallation. Duisburg, s.n., 2010.
- [3] Shen, Y.; Huang, P. C.; Huang, C. et al.: Effect of divalent ions and a polyphosphate on composition, structure, and stiffness of simulated drinking water biofilms. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA, s.n., Juni 2018.
- [4] Yoksoulain, L.: Water softeners may increase contamination in drinking water. University of Illinois, Technology Network Applied Science, 2018.
- [5] Geesey, Gill G.; Wigglesworth-Cooksey, B.; Cooksey, KE.: Influence of calcium and other cations on surface adhesion of bacteria and diatoms, A review, Montana, s.n., Januar 2009.
- [6] Guvensen, C.; Demir, S.; Ozdemir, G.: Effect of magnesium and calcium cations on biofilm formation by *Sphingomonas paucimobilis* from an industrial environment. Mugla, Fresenius Environmental Bulletin, Dezember 2013.
- [7] Munoz, S. et al.: Effect of sodium silicate on drinking water biofilm development. Centre for Water Resources Studies, Department of Civil & Resource Engineering, Dalhousie University, s.n., Mai 2022.
- [8] Friedmann, L.; Mamane, H.: Mitigation of biofilm colonization on various surfaces in a model water flow system by use of UV Treatment, Tel Aviv, Springer International Publishing Switzerland, 2016.
- [9] Sperle, Ph.; Wurzbacher, Ch.: Reducing the impacts of biofouling in RO membrane systems through in situ low fluence irradiation employing UVC-LEDs, Garching, MDPI Open Access Journals, 2020.
- [10] Sun, W.: Impact of the ultraviolet disinfection process on biofilm control in a model drinking water distribution system, Tsinghua University, Research Gate, 2009.

Dr. rer. nat.
Ralph Bergmann



hat einen Lehrauftrag an der Hochschule Darmstadt am Fachbereich Chemie- und Biotechnologie und ist Entwicklungsleiter der BWT Wassertechnik GmbH.
Foto: privat

**HLH**

ARTIKEL-SPONSORING – WIR BRINGEN IHR THEMA IN DEN MARKT

Ihr Beitrag auch auf www.hlh.de

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



**Einzigartige
Reichweite!**
**Qualifizierte
Zielgruppe!**

In unserer Fachzeitschrift ist ein Beitrag von Ihnen erschienen? Oder wurde über Sie, Ihre Produkte und Systeme berichtet? Stellen Sie Ihren Fachbeitrag einem noch breiteren Publikum zur Verfügung und lassen Sie die hochkarätige Zielgruppe des Online-Portals von Ihrem Know-how profitieren.



- **Erweiterte Leserschaft:** Ihr Beitrag erscheint öffentlich zugänglich auf www.hlh.de und ist somit für das breite Fachpublikum und auch für Nicht-Abonnenten erreichbar.



- **Große Reichweite:** Ihr Beitrag wird zusätzlich auf der Startseite von www.ingenieur.de, dem reichweitenstärksten Ingenieurportal Deutschlands, ausgespielt.
1.378.733 Visits ingenieur.de pro Monat, IVW 8/2020.



- Der Artikel wird individuell nach Ihren Wünschen modifiziert oder ergänzt und um Logo und Kontaktdaten erweitert.

Wir beraten Sie gerne. Ihr direkter Kontakt für Informationen oder ein Angebot:
Joanna Klingbiel | Telefon: +49 40 881449-370 | jklingbiel@cmc-web.de

Brandschutzplanung in der Praxis

„Software sorgfältig auswählen“

Flucht- und Rettungspläne, Feuerwehr- und Brandschutzpläne sowie Brandschutznachweise und Brandschutzkonzepte erstellt Bernd Baumann in seinem Planungs- und Sachverständigenbüro softwareunterstützt. Hier berichtet der Büroinhaber über seine Erfahrungen beim Programmeinstieg sowie im praktischen Einsatz.

Als Einzelunternehmen hat Bernd Baumann zwar noch keine Mitarbeitenden, dafür unterstützen ihn seine „digitalen Arbeitskollegen“. Damit ist sein 2020 gegründetes Brandschutzbüro aus dem baden-württembergischen Hüfingen in der Lage, auch umfangreichere Brandschutzprojekte zu bearbeiten und ein breites Leistungsspektrum anzubieten: Brandschutznachweise und Brandschutzkonzepte der Leistungsphasen 1 bis 4, Brandschutz- und Feuerwehrpläne, Flucht- und Rettungspläne oder Detailskizzen. Weitere Leistungen sind die Fachbauleitung Brandschutz oder die brandschutztechnische Beratung.

Für das Zeichnen von Brandschutz- und Feuerwehrplänen, Flucht- und Rettungsplänen nutzt Baumann die Software „Fluchtplan 2022“. Damit erstellt er die nötigen Unterlagen gemäß DIN ISO 23601 und BGV A8 sowie Feuerwehrpläne nach DIN 14095 mehrsprachig und mit aktueller Symbolik. Die Pläne können auf Basis von CAD-Zeichnungen im Dxf- oder Dwg-Format, von Pdf-Plänen, gescannten Bestandsplänen oder mithilfe eines integrierten 2D-Grundrissgenerators komplett neu erstellt werden. Aufgefallen ist Baumann die Software bei einer Online-Recherche. Nach eingehenden Marktvergleichen und einer Programmvorstellung durch einen Kundenberater fiel die Entscheidung: „Das Preis-Leistungsverhältnis, die einfache Bedienung und übersichtliche Programmstruktur haben mir letztlich die Auswahl vereinfacht“, so Baumann. Schließlich ist mit etwa einem Dutzend Programmen rund um den Brandschutz das Angebot hierzulande beachtlich. „Das erfordert eine sorgfältige Marktrecherche und eine wohl überlegte Auswahlstrategie, damit man für seine individuellen Bedürfnisse das Passende findet“, ist Baumann überzeugt.



Digitale Helfer bei der Brandschutzplanung:
Bernd Baumann an seinem Arbeitsplatz.
Foto: Baumann

Worauf sollte man bei der Auswahl von Programmen für die Erstellung von Flucht/Rettungswege-, Feuerwehr- oder Brandschutzplänen achten und welche Software passt zu mir? Das waren auch Fragen, mit denen sich Baumann eingehend beschäftigt hat. „Die Software ist mein wichtigstes Werkzeug, das ich täglich nutze. Mit dem Hersteller gehe ich eine langfristige Partnerschaft ein. Da muss schon alles stimmen“, betont der Experte. Deshalb plädiert er dafür, sich für eine sorgfältige Programmauswahl Zeit zu nehmen. Nicht nur der Funktionsumfang spiele eine wichtige Rolle: „Was man vom Programm erwartet, sollte man vorher anhand einer Prioritätenliste klären – was brauche ich tatsächlich und was ist eher überflüssig?“ Für Baumann ebenso wichtig war die Frage, wie einfach und intuitiv sich die Software bedienen lässt. „Ein kompliziertes Programm sorgt nur für Frust und lange Einarbeitungszeiten. Im Extremfall ist man zum Programmwechsel gezwungen. Ich kenne Kollegen, die ihr Programm deshalb nachträglich wechseln mussten. Das wollte ich unbedingt vermeiden“, sagt Baumann. Flexibilität ist ihm genauso wichtig: Wie viele Mitarbeitende sollen mit dem Programm jetzt und in der Zukunft welche Projekte bearbei-

ten? Ist die Software so flexibel, dass man sie auch für größere Projekte einsetzen kann? Kann man sie bei Bedarf problemlos auf mehrere Lizenzen erweitern – und wenn ja, zu welchem Preis?

Vorher nur bedingt testen kann man den Support: Wie gut ist die Unterstützung bei der Programmeinführung, wie gut erreichbar ist der Support und wie kompetent ist er? Antworten darauf erhält man erst nach dem Kauf. Aber man kann sich, so Baumann, schon in der Testphase ein Bild machen. „Ob man Support-Mitarbeiter schnell erreicht, ob diese freundlich, hilfsbereit und nicht nur programmtechnisch, sondern auch fachlich kompetent sind, lässt sich auch schon beim Software-Test, noch vor dem Kauf, herausfinden. Am besten anrufen und ein konkretes Problem schildern“, rät Baumann. Mit der Anwenderunterstützung von Weise Software ist er übrigens sehr zufrieden: „Bei den ersten Schritten haben mir die auf der Homepage zur Verfügung gestellten Lernvideos und Tipps & Tricks sehr geholfen. Unterstützt wurde ich auch von den Supportmitarbeitern, etwa bei der Erstellung eines individuellen Plankopfes. Der Rest war ‚learning by doing‘ und nach etwa einer Woche war ich fit“, erinnert er sich.

Die Grundrisspläne importiert Baumann von den Auftraggebern in Form von Dxf/Dwg- oder Pdf-Dateien. „So kann ich auch notwendige und nicht notwendige Zeichnungsfolien ein- oder ausschalten und die automatische Raumflächen-Erkennung erleichtert die Markierung und Kennzeichnung von Feuerwehr-, Flucht- und Rettungsplänen“, erläutert er. Da die Grundrisse bisher immer zur Verfügung gestellt wurden, kam der in der Software integrierte 2D-Editor, mit dem Grundrisse halbautomatisch eingegeben werden können, bisher nicht zum Einsatz. ■

www.weise-software.de

**HLH**

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Auszeichnung

BRANDSCHUTZ

Förderung der Brandschutzforschung

Ernst-Achilles-Preis verliehen

Ende November wurde um zweiten Mal der Ernst-Achilles-Preis zur Förderung von Nachwuchs-Forschenden im Bereich Brandschutz vergeben.



Glückliche Gesichter nach der Verleihung des Ernst-Achilles-Preises (v.l.): Jury-Mitglied Frank Bieber (VdS Schadenverhütung GmbH), Dr. Ludwig Georg Stelzner (2. Platz), Simon Josef Pfaller (1. Platz), André Christian Klein (3. Platz) und Jury-Mitglied Dirk Sprakel (Fogtec Brandschutz GmbH). Foto: Fogtec

Der Ernst-Achilles-Preis würdigt herausragende Innovationsleistungen im Bereich Brandschutz, wobei sowohl Bachelor- und Masterarbeiten als auch Dissertationen berücksichtigt werden. Im vergangenen Jahr lag der Fokus auf dem Brandschutz für neue Energieträger wie Lithium-Ionen-Batterien. Dennoch waren auch andere relevante Themen willkommen. Benannt ist der Preis nach Ernst Achilles (1929-1999), der als Vorreiter und Vordenker bei der Entwicklung von neuen Brandschutzlösungen gilt. Durch innovative Ideen und Lösungsansätze hat der international bekannte Brandschutzexperte Maßstäbe für die heutigen Standards gesetzt. Dieser Geist zur Weiterentwicklung des Brandschutzes wird mit dem Preis geehrt und fortgesetzt.

Eine Fachjury, bestehend aus sechs unabhängigen Experten und Expertinnen – Frank Bieber (VdS Schadenverhütung GmbH), Dr. Andreas Rogge (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung), Corinna Trettin (TÜV Süd Rail GmbH), Professor Dr. Roland Goertz (Bergische Universität Wuppertal), Rajko Rothe (IFAB Institut für angewandte Brandschutzfor-

schung GmbH) und Dirk Sprakel (Fogtec Brandschutz GmbH) – hat die eingereichten Abschlussarbeiten sorgfältig geprüft. Neben dem Innovationsgrad und der wissenschaftlichen Qualität der Arbeit wurden diverse weitere Kriterien wie Marktpotenzial und Umsetzbarkeit bewertet. In einer abschließenden Diskussion wurden drei Arbeiten ausgewählt, die sich durch besonders exzellente Forschungsleistungen auszeichnen. Der erste Platz ging an Simon Josef Pfaller mit seiner Bachelorarbeit „Analyse von Lichtbogen während Thermal Propagation. Versuche bei einem Lithium-Ionen-Energiespeicher“ von der Technischen Hochschule Ingolstadt. Über den zweiten Platz konnte sich Dr. Ludwig Georg Stelzner mit seiner Doktorarbeit „Analyse des thermisch induzierten Feuchtetransports in gefügedichten Betonen“ von der Universität Stuttgart freuen. André Christian Klein von der Jadehochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth sicherte sich Platz 3 mit seiner Masterarbeit „Tactical Concept for Handling Car Fires with Alternative Fuel Systems on Specific RoPax Ships Navigating in the Baltic Sea“.

www.fogtec.com

KRM-X® = die Neue Generation Sicherheit

Innovation „Made in Germany“

- **VdS-Anerkennung** (G219046/G219053)
- Fabrikatsneutrale **DIBt-Zulassung Nr. Z-78.6-249** für Brand- und Rauchschutzklappen
- **Patentiertes TurboTube-Messrohr mit strömungsoptimiertem Endstopfen**
- **Schutzklasse IP65**
- **EasyInstall und EasyFunction** – schnelle und einfache Montage, ergonomische intuitive Bedienung, modernes Design, größerer Anschlussraum, verbesserte Testsprayaufgabe
- **DigiSense** – automatische Alarmschwellennachführung bis 70% Verschmutzungsgrad
- Integrierter digitaler **Strömungswächter** mit LED-Anzeige
- Optionale **Modbus-/BACnet-Schnittstelle** zur DDC
- Schnellverdrahtung durch **Federklemmen**
- **Universallänge 0,16 m** – für alle Kanäle ohne Kürzen einbaubar
- **Digitale Verschmutzungsanzeige** in Prozent



SENSORIK | GASWARNTÉCHNIK | BRANDSCHUTZ

Oppermann Regelgeräte GmbH
Im Spitzhau 1 | 70771 Leinfelden-Echterdingen
Telefon +49 711 727235-60
info@oprgr.de | www.oprgr.de





Unter bestimmten Rahmenbedingungen kann eine elektrische Flächenheizung eine sinnvolle Alternative zur Wärmeversorgung in Wohngebäuden darstellen. Foto: BVF

Alternative bei guter Dämmung und geringem Heizbedarf

Studie zum Potenzial von elektrischen Flächenheizungen

Wohngebäude bieten viele Chancen Energie einzusparen: Maßgeblich für einen effizienten und möglichst klimaschonenden Betrieb ist neben einer effektiven Dämmung die Auswahl des Heizsystems. Möglichst frei von fossilen Brennstoffen sollte es CO₂-arme Wärme für die Bewohner zur Verfügung stellen. Welche Möglichkeiten eröffnet in diesem Zusammenhang eine weitgehende Elektrifizierung der Wärmeversorgung? Die vom Bundesverbandes Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. beauftragte Studie „Energetische Effizienz der elektrischen Flächenheizung in den Jahren 2020, 2030 und 2050“ liefert wertvolle Antworten auf diese Frage.

Text: Axel Grimm

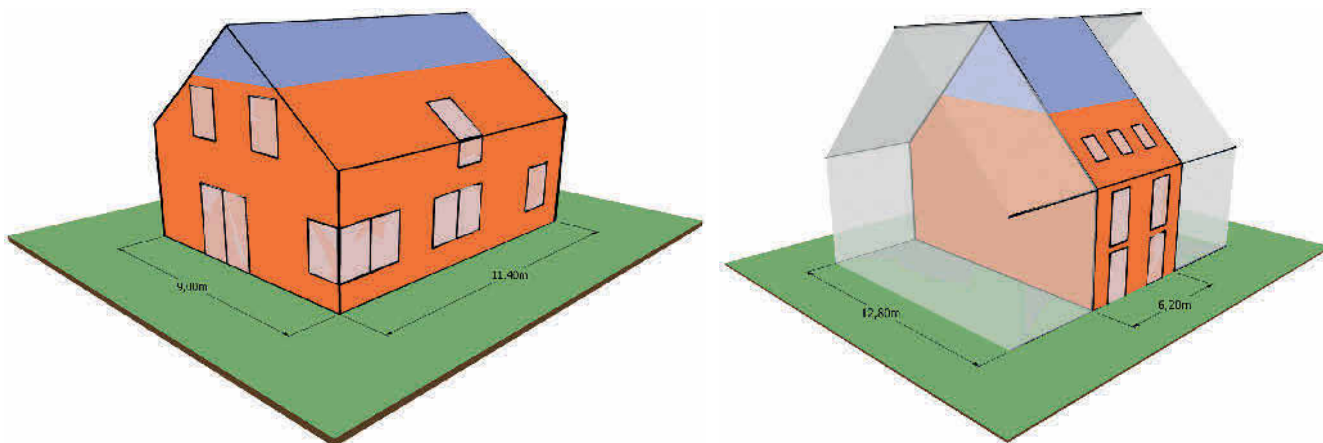


Bild 1: Rahmen der Studie wurden beispielhaft für zwei Gebäudetypen Modellberechnungen durchgeführt: Für ein freistehendes Einfamilienhaus (links, $A_W \approx 150 \text{ m}^2$) sowie für ein Einfamilienhaus in Reihenbebauung ($A_W \approx 125 \text{ m}^2$). Energetisches Niveau: Effizienzhaus 55 (voraussichtlicher Anforderungswert GEG 2023, Effizienzhaus 40 (voraussichtliche Anforderung GEG 2025). Grafiken: BVF

Zwischen Klimawandel und Energiekrise zeichnet sich immer deutlicher ab, wie wichtig der klimaneutrale Betrieb von Wohngebäuden ist. Sie haben einen wesentlichen Anteil am Gesamtenergiebedarf sowie an den Treibhausgasemissionen in Deutschland. Den Energiebedarf von Wohngebäuden zu verringern, ist daher mittlerweile ein Schwerpunkt deutscher Klimaschutzpolitik.

Bereits im Jahr 2019 hat der Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V. (BVF) eine Studie über die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der elektrischen Flächenheizung durch das ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden erstellen lassen. Diese belegt, dass die elektrische Flächenheizung die geforderten Effizienzstandards des Gebäudeenergiegesetzes erfüllen kann und in sehr gut gedämmten Gebäuden eine Alternative als Vollheizung zu anderen gängigen Heizsystemen ist. Dabei steht die jeweilige Heizung nicht für sich allein, in Kombination mit einer Photovoltaikanlage und weiterer Anlagentechnik wie zum Beispiel einer zentralen Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung kann das Effizienzpotenzial des Heizsystems voll ausgeschöpft werden.

In einer weiteren vom BVF beauftragten Studie wurden nun durch das ITG Dresden elektrische Flächenheizungen bei Einfamilienhäusern unter anteiliger Nutzung von PV-Strom untersucht, und im Hinblick auf die energetische Effizienz und die CO_2 -Emissionen bewertet. Mit dem Ausblick auf die Jahre 2030 bis 2050 wird ein Blick in die Zukunft ge-

worfen und aufgezeigt, wie sich die THG-Emissionswerte in den kommenden Jahrzehnten entwickeln werden. Gleichzeitig zeigt die Studie die Erfüllungswege für die 65 Prozent-EE-Vorgabe für die untersuchten Elektro-Heizvarianten auf und stellt die „vollständige Bilanzierung“ der untersuchten Gebäudetypen auf Basis der Energiebedarfsberechnungen nach DIN V 18599:2018–09 dar. Zudem bestätigt die Studie, dass das „all electric house“ mit elektrischer Flächenheizung die Anforderungen des GEG 2020 als auch des geplanten GEG 2024 erfüllt.

Rahmenbedingungen der Studie

Die Modellberechnungen erfolgten beispielhaft für zwei Gebäudetypen und Ausführungen der baulichen Hülle: ein freistehendes Einfamilienhaus sowie ein Einfamilienhaus in Reihenbebauung (Bild 1).

Der Vergleich umfasst drei Versorgungsvarianten mit dezentraler Beheizung durch elektrische Flächenheizungen, jeweils kombiniert mit unterschiedlichen Optionen der Trinkwassererwärmung (Trinkwasser-Wärmepumpe, elektrisch beheizter Trinkwasserspeicher oder elektrischer Durchlauferhitzer). Als Vergleich wurde eine Versorgungsvariante gemäß Referenzgebäudeausführung nach GEG gewählt, die auf Gasbrennwerttechnik basiert. Alle elektrisch beheizten Varianten sind mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und einer PV-Anlage mit Batteriespeicher ausgestattet. Die Größe der PV-Anlage wurde für die vorliegende Betrachtung überschlägig anhand

der verfügbaren Dachfläche (eine Satteldachhälfte) und üblicher Modulgrößen festgelegt (Tabelle 1).

Energetische Bilanzierung

Gegenwärtig hat der Gesetzgeber über die Berechnungsregeln und den Bilanzumfang die Berechnung des Endenergiebedarfs der Gebäudekonditionierung so vorgegeben, dass nicht alle Eigenverbräuche, wie zum Beispiel für den Haushaltsstrom, mitbilanziert werden.

Für die Ermittlung der Gutschrift der abzugsfähigen Strommenge werden derzeit dabei nur der tatsächliche Strombedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Hilfsenergien gegenübergestellt. Es erfolgt gemäß GEG keine Anrechnung der Eigenverbräuche des selbst erzeugten Stroms, der für Haushaltstrom und Elektromobilität genutzt wird, sowie auch keine Anrechnung für überschüssigen PV-Strom, der ins Netz eingespeist wird. Somit gibt die derzeitige durch den Gesetzgeber vorgegebene Berechnungsregel zur Gutschrift nicht das reale Bild für die energetische Bewertung des Gebäudes wieder.

Die Ergebnisse der Studie liefern dagegen eine „vollständige Bilanzierung“ des eigenerzeugten Stroms auf das Gebäude, so dass man eine umfassende und realistische energetische Bewertung des Gebäudes erhält, die alle Eigenverbräuche des selbst produzierten Stroms berücksichtigt.

Die von uns vorgeschlagene Bilanzierung für das „all electric house“ sollte in dieser Form für alle Wohngebäude mit eigenerzeugtem Strom und strombasierter Anlagentechnik im Rahmen des GEG ►

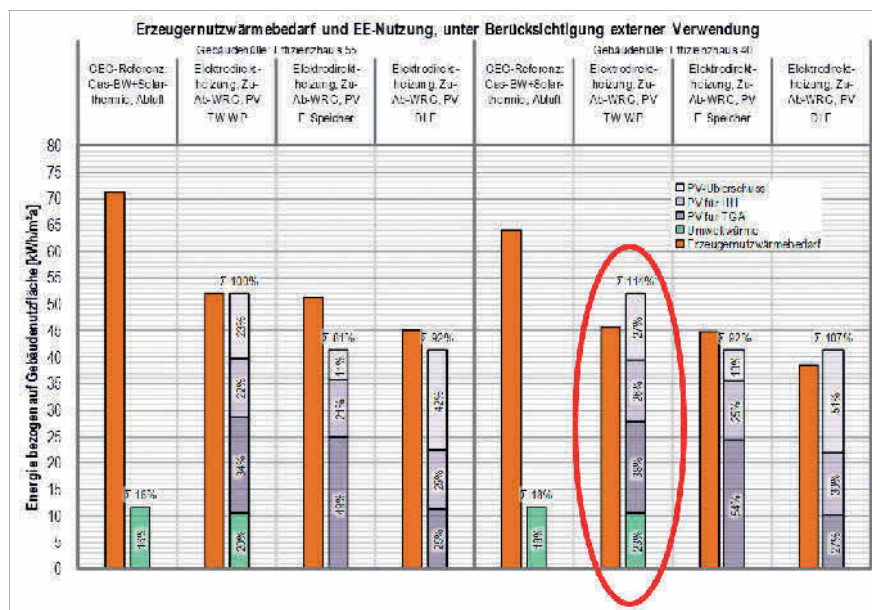


Bild 2: Gegenüberstellung der Bilanzierungsanteile mit dem Erzeugernutzwärmebedarf am Beispiel des freistehenden Einfamilienhauses für die Effizienzhausklassen EH 55 und EH 40. Grafik: BVF

und beim Austausch des Wärmeerzeugers angewendet werden können.

Bei der vollständigen Bilanzierung des eigenerzeugten Stroms kann ein Anteil von weit über 65 Prozent am Gebäudenutzwärmebedarf erreicht werden. In **Bild 2** sind die jeweiligen Bilanzierungsanteile dem Erzeugernutzwärmebedarf gegenübergestellt, hier beispielhaft für den Gebäudetyp freistehendes Einfamilienhaus mit Dämmstandard EH 55 und EH 40.

Zielgröße: Erzeugernutzwärmebedarf

Als Bezugsgröße wird der Energiebedarfskennwert herangezogen, den auch die gegenwärtigen Ausführungen zur Nutzung erneuerbarer Energien des GEG bemühen (Teil 2 Abschnitt 4 GEG-Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälterzeugung bei einem zu errichtenden

Gebäude). Diese Größe entspricht dem Erzeugernutzwärmebedarf gemäß DIN V 18599 und stellt diejenige Menge an Wärme dar, die das Gebäude für Heizung und Trinkwassererwärmung benötigt. Es handelt sich also nicht um die Endenergiemenge eines bestimmten Energieträgers und auch nicht um den Stromverbrauch des Gebäudes. Die informativ angegebenen prozentualen Deckungsanteile durch PV-Strom geben daher auch keine unmittelbare Auskunft zum Grad der energetischen Selbstversorgung.

Beispielhaft sind im Folgenden die Bilanzierungsanteile für ein freistehendes Einfamilienhaus mit der Gebäudehülle Effizienzhaus 40 mit elektrischer Flächenheizung und Trinkwasserwärmepumpe erläutert (siehe rote Markierung in Bild 2). Es ergeben sich folgende Werte, die dem Erzeugernutzwärmebedarf von 45 kWh/Quadratmeter und Jahr gegen-

überstehen: Die Deckung dieses Erzeugernutzwärmebedarfs erfolgt zu 23 Prozent durch Umweltwärme (durch die Trinkwasser Wärmepumpe), sowie weiteren 38 Prozent durch Photovoltaikerträge durch die PV-Anlage, die für die Trinkwassererwärmung sowie die Elektro-Heizung genutzt wird. Weitere 26 Prozent des Bedarfs können gedeckt werden durch den selbst erzeugten Strom, der innerhalb des Hauses für Haushaltsstrom genutzt wird. Hinzu kommen noch PV-Überschüsse, die ins Netz eingespeist werden, in Höhe von 27 Prozent.

Damit würde dieses Haus rein rechnerisch 114 Prozent des Erzeugernutzwärmebedarfs durch erneuerbare Energien decken, die durch eine eigene Photovoltaikanlage erzeugt werden. Das „all electric house“ würde also mehr erneuerbare Energien produzieren, als es für die Beheizung und Warmwasserbereitung benötigt. Netzstrom wird allerdings weiterhin benötigt und dies wird auch über den Primärenergiefaktor abgebildet.

Primärenergie und Treibhausgasemissionen bei Elektrodirektheizung bis 2050

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt der Studie bildete der Aspekt der CO₂-Emissionen über den Bezug von Netzstrom. In **Bild 3** sind Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen der betrachteten Modellgebäude und direkt elektrisch beheizten Anlagenvarianten als Zeitreihe von 2020 bis 2050 dargestellt – informativ ergänzt um die Kennwerte der Referenzanlagenvariante nach GEG. Hierbei wurde unterstellt, dass einzig der Primärenergieaufwand und die Treibhausgasemissionen zeitlich variabel sind, die Eigenschaften von Erdgas (Referenzanlage) werden nicht variiert. Ebenfalls werden die energetisch relevanten Kennwerte

Nr.	Trinkwassererwärmung	Raumheizung	Lüftungsanlage	PV
1	Vergleichsvariante wie GEG-Referenzgebäude			
2	Trinkwasser-Wärmepumpe a),b)	elektrische Flächenheizung	Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, Heizperiodenbetrieb	• Modulfläche etwa halbe Dachfläche – EFH: 49,5 m² – RMH: 34,65 m² • Südausrichtung • Batterie (1 kWh/kWP)
3	elektrisch beheizter Trinkwasserspeicher b)			
4	elektrische Durchlauferhitzer			

a) mit Außenluft als Wärmequelle

b) Speicherladesteuerung für bevorzugte PV-Nutzung / "Smart-Grid-ready"

Tabelle 1: Konfiguration der Anlagentechnik für die in der Studie untersuchten Varianten. Sie unterscheiden sich in der Art der Trinkwassererwärmung.

von Gebäude und Anlagentechnik als gleichbleibend angenommen.

Die zeitliche Entwicklung – in der Abbildung als Linien dargestellt – beruht auf Energieträgerkennwerten, welche durch das Internationale Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) für die Jahre 2020, 2030 und 2050 prognostiziert wurde. Seit 2010 untersucht das IINAS im Auftrag der HEA Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung die Ressourcennutzung und Umwelteffekte der deutschen Stromerzeugung. Aufgrund des steigenden Anteils erneuerbarer Energien im Strommix weist der Primärenergiefaktor für Strom eine hohe Dynamik auf. So führt der forcierte Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland dazu, dass der Primärenergiefaktor für den deutschen Strommix kontinuierlich sinkt. Die deutlich aktuelleren IINAS-Kennwerte geben bereits für 2020 eine merklich günstigere Ökobilanz des Netzstrommixes wieder, als die entsprechenden Kennwerte des GEG, die ungefähr das Niveau der EnEV 2014/16 widerspiegeln und nicht mehr die realen Bedingungen abbilden. Alle Elektroheizungsvarianten mit PV weisen deutlich geringere Primärenergiebedarfswerte und THG-Emissionen auf als die Referenzanlage nach GEG (gepunktete Linie).

Bereits in 2020 liegen die THG-Emissionen des „all electric house“ mit der Variante „Durchlauferhitzer für Warmwasser“ bei vollständiger Bilanzierung des eigenerzeugten Stroms beim EH 55 bei 2,2 kg/m² Gebäudenutzfläche und Jahr. Im Vergleich zum GEG Referenzhaus (15 kg/m² pro Jahr) eine Reduktion von 85 Prozent. Diese Werte gelten in Bezug auf den Erzeugernutzwärmebedarf. Damit kann man sagen, dass das „all electric house“ ab Inbetriebnahme einen sehr großen Beitrag zur massiven Reduktion von THG-Emissionen leistet. Durch die Verbesserung des Primärenergiefaktors bis 2030 beziehungsweise 2050 werden die THG-Emissionen noch weiter minimiert.

Anreiz durch Kostenersparnis

Durch die hohen Anforderungen an die Rahmenbedingungen und den steigenden Zinssatz, sind Bauherren mit hohen Kosten belastet. Zukünftig werden nur noch hochwärmegedämmte Gebäude mit EH 40-Standard Förderungen erhalten.

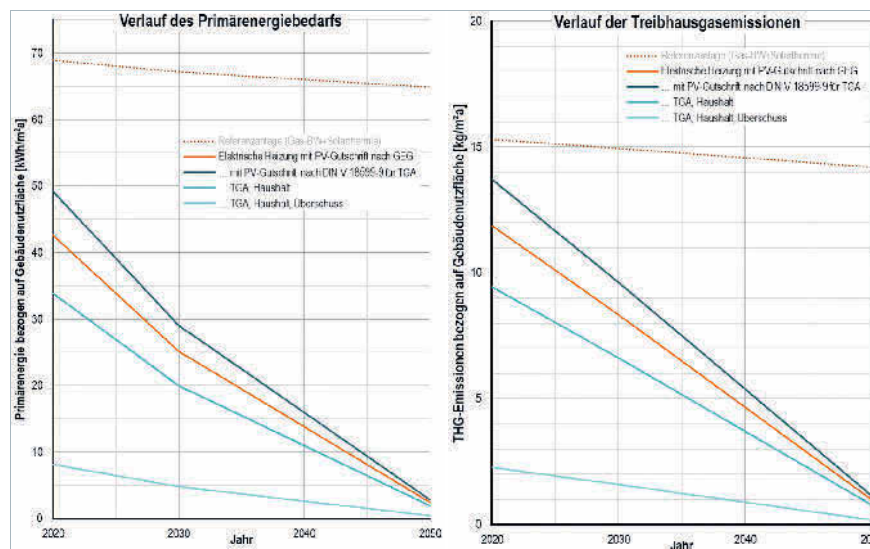


Bild 3: Die Diagramme zeigen den prognostizierten Verlauf des Primärenergiebedarfs sowie den darauf basierenden prognostizierten Verlauf der Treibhausgasemissionen mit den ökologischen Kennwerten bis 2050: hier am Beispiel eines freistehenden Einfamilienhauses als EH 55 mit Elektroflächenheizung und Durchlauferhitzer. Grafiken: BVF

Die im Vergleich zu anderen Heizsystemen niedrigeren Investitionskosten, die einfache Installation, die lange Lebensdauer von über 50 Jahren und die nicht vorhandenen Wartungskosten einer elektrischen Flächenheizung können hier zusätzliche Anreize geben, in ein hochwärmegedämmtes Gebäude mit PV-Anlage zu investieren. Die kapitalgebunden Kosten sind geringer als bei allen anderen Heizsystemen und werden auch durch die Jahresgesamtkosten nicht aufgewogen, da die Heizlasten in thermisch hocheffizienten Gebäuden gering sind. Weitere Vorteile:

- Flächenheizungen erwärmen die Gebäudestruktur (Fußboden, Wand oder Decke) und nutzen damit das Gebäude als Energiespeicher.
- Elektrische Flächenheizungen sind smart, das heißt diese können netzdienlich betrieben werden und sind raumweise individuell regelbar. Das „all electric house“ kann Überschüsse aus dem Netz aufnehmen, den Energiebedarf aus dem Netz bei Bedarf reduzieren, Energie in das Netz einspeisen und auf diese Weise Teil des Smart Grids (intelligentes Stromnetz) werden.

Fazit

Niedrigenergiehäuser können heute mit einer elektrischen Flächenheizung kombiniert mit einer Photovoltaik-Anlage und

einer Wärmerückgewinnung behaglich, wirtschaftlich und mit großer Zukunftssicherheit beheizt werden, da man nicht auf fossile Brennstoffe angewiesen ist. Die Studie kann belegen, dass mit dieser Heizungstechnologie auch im Hinblick auf die Zukunft die untersuchten Gebäudetypen sehr emissionsarm beheizt werden. Unter der Voraussetzung der Anrechnung des eigengenutzten PV-Stroms innerhalb des Gebäudes, also bei einer vollständigen Bilanzierung des eigenerzeugten Stroms, der auch Eigenverbräuche für Haushaltsstrom miteinbezieht, erfüllen sie auch zukünftige Anforderungen des politisch geforderten erneuerbaren Energien-Anteils. Die elektrische Flächenheizung weist somit alle Voraussetzungen auf, um auch zukünftig in Niedrigenergiegebäuden eine sehr gute Alternative zu anderen Heizsystemen zu sein. ■



**Dipl.-Kfm.
Axel Grimm**

ist Geschäftsführer des Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e. V., Dortmund.
Foto: BVF

Teil 3: Information für TGA-Ingenieure zur Erdwärmennutzung

Vereinbarung einer Vorzeichenkonvention für die Energiebilanz an der Erdoberfläche

Um die in den Planungsphasen aufgestellten Bilanzen möglichst einheitlich und verständlich vorlegen zu können sind Vorzeichenkonventionen notwendig. Diese werden für die Energieströme an der Erdoberfläche in Anlehnung an VDI 3789 vorgelegt.

TEXT: Dr.-Ing. André Schlott und Dr.-Ing. Siegfried Schlott

Unter oberflächennaher Geothermie verstehen die Ingenieure der wärmetechnischen Fachrichtungen meist die Nutzung der Erdwärme bis zu einer Tiefe von bis zu 100 Meter (Geologen nennen eine Tiefe bis zu 400 Meter). Die Erdwärmennutzung bis zu einer Tiefe von 4,0 Meter wird nachfolgend als oberflächenaktive Erdwärmennutzung benannt.

Bei der Auslegung von Erdwärmekollektoren wird eine lokale Entzugsleistung zur Bestimmung der Größe der Kollektoranlage verwendet. Diese basiert auf der möglichen Regeneration des Erdreichs, die stark von den Energieströmen an der Erdoberfläche abhängt. Zu den Energieströmen gehören kurzweilige und langweilige Strahlungswärmeströme, der latente und der fühlbare Wärmestrom sowie der daraus resultierende Bodenwärmestrom. Die Richtungen der Wärmeströme sind physikalisch begründet. Dennoch haben verschiedene Fachdisziplinen unterschiedliche Sichtweisen. Daher sind die Bezeichnungen und Vorzeichen in der Literatur nicht einheitlich. Die im nachfolgenden Beitrag dargestellte Vorzeichenkonvention soll dazu beitragen, dass

die in den Planungsphasen aufgestellten Bilanzen möglichst einheitlich und verständlich vorgelegt werden können.

Der vorliegende Beitrag setzt eine Reihe von Fachartikeln zum Thema oberflächennahe Erdwärme fort. Bisher erschienen sind Ausführungen zu thermischen Kennwerten des Erdbodens [1], ein zweiteiliger Beitrag zu den Varianzen der in der DIN 4710:2003–01 dokumentierten Bodentemperaturen [2][3] sowie Betrachtungen zum Einfluss der Albedo auf oberflächenaktive Erdwärme [4].

Energiebilanz an der Erdoberfläche

Im Gesamtkontext der Energiebilanz der Erdoberfläche ist der Bodenwärmestrom B im Zusammenhang mit der oberflächenaktiven Erdwärmennutzung ein besonders wesentlicher Bestandteil. Zusammen mit der Strahlungsbilanz aus kurzweiliger solarer und langweiliger terrestrischer Strahlung an der Erdoberfläche sowie dem latenten und fühlbaren Wärmestrom kann die Gesamtenergiebilanz an der Erdoberfläche aufgestellt werden.

Der Wärmestrom in das Erdreich oder aus dem Erdreich wird durch die Energieumsetzung an der Bodenoberfläche be-

stimmt. Die Summe der kurzweiligen und langweiligen Strahlungskomponenten an der Erdoberfläche bezeichnen die Meteorologen als Strahlungsbilanz [5].

Ein wesentlicher Antrieb für den Energieaustausch an der Erdoberfläche ist die Solarkonstante. Sie wurde aus Messdaten des Jahres 2008 während eines solaren Minimums zu $S_0 = (1\,360,8 \pm 0,5) \text{ W/m}^2$ bestimmt [6]. Dieser maximale Einstrahlungswert ist jedoch nicht in vollem Umfang auf der Grundstücksoberfläche GF einer oberflächenaktiven Erdwärmennutzung wirksam.

An der Erdoberfläche gilt die geschlossene Energiebilanz, das heißt die Summe aller Wärmeströme unter Berücksichtigung ihrer Richtung muss Null ergeben. Bei der Verwendung von Messwerten (zum Beispiel des DWD) wird diese Bedingung selbst bei sorgfältiger Auswertung und Korrektur aller Messgrößen nicht erfüllt. Als Ursachen werden unter anderem Messfehler von bis zu 20 Prozent (latenter und fühlbarer Wärmestrom, Strahlungswärmeströme) beziehungsweise von etwa 50 Prozent (Bodenwärmestrom) angegeben und die unbekannte Speicherwirkung der Luft oberhalb der Erdoberfläche und des Bodens. Es bleibt daher immer eine Abweichung von

$\pm 100 \text{ W/m}^2$ vom gewünschten Ergebnis übrig [7].

Die in der VDI 3789 [8] angegebene Energiebilanz basiert auf der Festlegung, dass alle Energieflüsse in Richtung der Erdoberfläche grundsätzlich positiv angenommen werden. Das heißt, ein Wärmestrom aus einer zwei Meter tiefen Bodenschicht an die Oberfläche ist positiv, obwohl der Wärmestrom zur Auskühlung des Erdreiches führt. Folgerichtig ist ein Wärmestrom von der Oberfläche in eine tiefere Bodenschicht negativ, obwohl dieser Wärmestrom zur Regeneration des Erdreiches führt. Diese Festlegung widerspricht der Terminologie für die Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoranlagen. Hier wird der Wärmestrom zur Regeneration des Erdreiches positiv, die Entzugsleistung der Kollektoranlage negativ angenommen.

In der hier beigezogenen Vorzeichenkonvention wird der Bodenwärmestrom B daher in Abweichung von der VDI 3789 [8] positiv (+) angesetzt und als Input bezeichnet, wenn dieser das Erdreich aufwärmt. Er wird negativ (-) angesetzt (Output), wenn dieser das Erdreich auskühlt.

Für die einzelnen Energieanteile gilt die folgende Vereinbarung:

- Die Globalstrahlung KW_{in} in W/m^2 wird positiv (+) eingerechnet (Input), da durch die Globalstrahlung das Erdreich erwärmt wird.
- Die Reflexstrahlung KW_{out} in W/m^2 wird negativ (-) angesetzt (Output), da diese Energiemenge an der Erdoberfläche reflektiert wird und somit nicht zur Aufwärmung des Erdreiches beiträgt. Die Reflexstrahlung ist Teil der Globalstrahlung und muss daher bilanziell von dieser abgezogen werden und somit als Output definiert werden.
- Die Gegenstrahlung LW_{in} in W/m^2 wird positiv (+) eingerechnet (Input), da diese in das Erdreich zeigt und das Erdreich erwärmt.
- Die Wärmestrahlung LW_{out} in W/m^2 wird negativ (-) angesetzt (Output), da diese Wärme vom Erdreich aufgrund seiner Strahlungseigenschaften gegen den Himmel emittiert wird und somit das Erdreich abkühlt.
- Der latente (verborgene) Wärmestrom LE in W/m^2 wird durch die Verdunstung beziehungsweise Kondensation von Wasser definiert. Die Phasenwechselenthalpie kann bei einem Druck von 1013,2 hPa und einer Wassertempera-

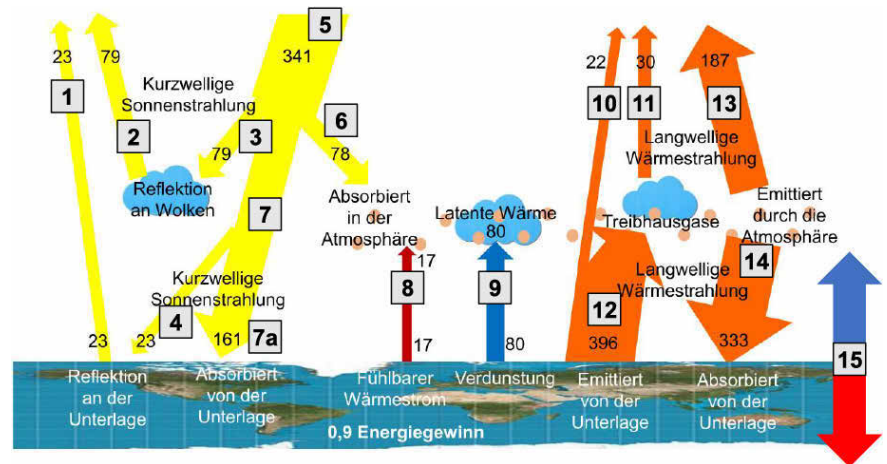


Bild 1: Globale Energiebilanz der Erde nach [5] mit eigenen Ergänzungen. Zahlenwerte in W/m^2 .
 Grafik: nach Foken [5] mit Ergänzungen des Autors

tur von 0°C mit etwa 2501 kJ/kg , bei 25°C mit etwa 2442 kJ/kg und bei 40°C mit etwa 2406 kJ/kg eingerechnet werden. Je nach der auftretenden Bedingung kann der latente Wärmestrom entweder als positiv (+) (Input) oder negativ (-) (Output) in die Energiebilanz eingehen.

Anmerkung 1: Der latente Wärmestrom LE wird vorwiegend oberhalb der Erdschicht wirksam. Welche genaue Wirkung der latente Wärmestrom auf den Bodenwärmestrom hat, ist bisher noch nicht eindeutig definiert. Die Energie für die Wasserverdunstung wird vorwiegend aus der Luftschicht direkt oberhalb der Erdoberfläche entzogen und kühlt diese bei Verdunstung entsprechend ab, somit negativ (-) (Output), beziehungsweise wärmt sie bei Kondensation positiv (+) (Input) auf. Dadurch wird, je nach Temperatur der Erdbodenoberfläche, dem Boden mehr oder weniger Wärme ab- oder zugeführt ($t_{LE,O,m} - t_{L,m}$).

• Der fühlbare (sensible) Wärmestrom H in W/m^2 ist die thermische Energie, die sich durch messbare Temperaturänderungen definiert. Fühlbare und latente Wärmeströme bedingen sich (das Verhältnis fühlbar zu latent wird als Bowen-Ratio bezeichnet). Je nach Temperaturbedingungen kann auch der fühlbare Wärmestrom entweder als positiv (+) (Input) oder negativ (-) (Output) in die Energiebilanz eingehen.

Anmerkung 2: Der fühlbare Wärmestrom H ist im Wesentlichen von der mittleren Oberflächentemperatur der Erde $t_{O,m}$ in $^\circ\text{C}$ und der direkt anliegenden mittleren Lufttemperatur $t_{L,m}$ in $^\circ\text{C}$ abhängig. Die Oberflächentemperatur $t_{O,m}$

steht jedoch in den meisten Fällen nicht als Messwert zur Verfügung. Daher wird häufig der Temperaturmesswert der obersten Erdschicht $t_{E,O,m}$ in $^\circ\text{C}$ (meist bei -2 cm Tiefe) verwendet. Somit wird der fühlbare Wärmestrom durch die mittlere Temperaturdifferenz $\Delta t_G = t_{E,O,m} - t_{L,m}$ in K bestimmt. Ist die Temperatur der obersten Erdschicht größer als die Lufttemperatur ($t_{E,O,m} > t_{L,m}$) wird das Erdreich ausgekühlt und der fühlbare Wärmestrom ist als negativ (-) (Output) zu bewerten. Bei ($t_{E,O,m} < t_{L,m}$) wird dem Erdreich Wärme zugeführt und der fühlbare Wärmestrom wird positiv (+) und damit zum (Input).

- Der Bodenwärmestrom B in W/m^2 , positiv (+) oder negativ (-), errechnet sich aus der zusammenfassenden Energiebilanz an der Erdoberfläche oder er kann messtechnisch ermittelt werden.

Bild 1 zeigt die globale Strahlungsbilanz nach [5]. Darin sind alle Strahlungsenergieströme in der Atmosphäre zusammengefasst und nach kurzwelliger (gelb) und langwelliger (rot) Strahlung gruppiert. Dabei sind auch Strahlungsenergieströme berücksichtigt, die nicht an der Erdoberfläche ankommen und daher für die oberflächennahe Erdwärme keine Rolle spielen. Zusätzlich sind der fühlbare Wärmestrom und die Verdunstung (latenter Wärmestrom) sowie der resultierende Bodenwärmestrom integriert.

Die in Bild 1 und die in **Tabelle 1** eingetragenen Wärmeströme gelten nicht für die regionale Auslegung einer oberflächenaktiven Erdwärmenutzungsanlage. Ebenso wie die Niederschlagsmengen regional sehr unterschiedlich sein können, ist auch die Energiebilanz sowohl von der Oberflächenstruktur als auch von der

Nr.	Vorzeichen	Formelzeichen / Einheit		Bezeichnung der Strahlungsanteile und der Abkürzungen	Bezug	Energieumsetzung nach [5]
7	+	KW _{in}	W/m²	Globalstrahlung, kurzwellig	Input	184,0 W/m²
1	–	KW _{out}	W/m²	Reflexstrahlung = a * KW _{in}	Output	–23,0 W/m²
12	+	LW _{in}	W/m²	Langwellige Gegenstrahlung	Input	333,0 W/m²
14	–	LW _{out}	W/m²	Langwellige Wärmestrahlung	Output	–396,0 W/m²
9	(+ / –)	LE	W/m²	Latenter (verborgener) Wärmestrom	Input/Output	–80,0 W/m²
8	(+ / –)	H	W/m²	Fühlbarer Wärmestrom	Input/Output	–17,0 W/m²
15	(+ / –)	B	W/m²	Bodenwärmestrom	Input/Output	1,0 W/m²
		a =	–	Albedo		
		σ =	W/(m² * K⁴)	Stefan-Boltzmann Konstante		
		ε =	–	Emissionsgrad		
		t _{E,O,m} =	°C	mittlere Oberflächentemperatur Erdreich		
		T _{E,O,m} =	K	mittlere Oberflächentemperatur Erdreich (273,15 K + t _{E,O,m})		

Tabelle 1: Bezeichnung und Zahlenwerte der einzelnen Strahlungsanteile im globalen ungestörten Erdober nach [5] inklusive Nummerierung, Vor- und Formelzeichen.

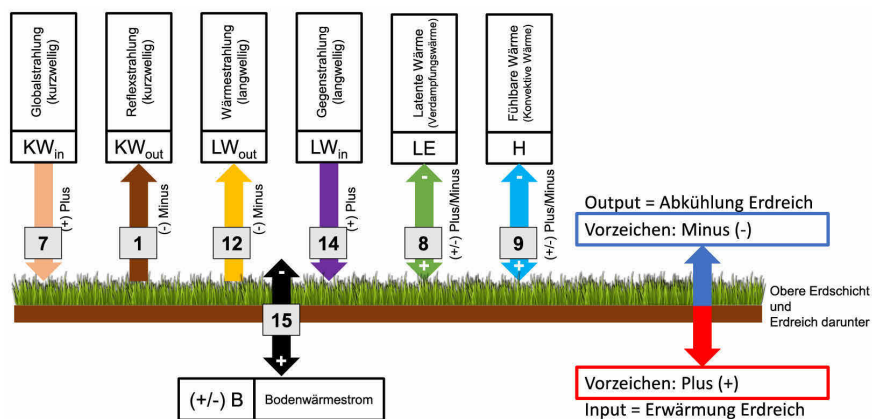


Bild 2: Energiebilanz an der Erdoberfläche und Vorzeichenkonvention. Grafik: A. Schlott

regionalen Lage abhängig. Für ausgewählte Regionen werden vom DWD bereits heute Messwerte für die Einstrahlungswerte, Luft- und Bodentemperaturen und Bodenwärmeströme angeboten [9].

Die Bezeichnungen im **Bild 2** sind aus den Benennungen in Bild 1 abgeleitet und jeweils mit dem zutreffenden Vorzeichen versehen. Die Pfeilrichtungen verdeutlichen die möglichen Richtungen der Energieströme. In Tabelle 1 sind die Bezeichnungen und die Zahlenwerte für den Wärmestrom in W/m^2 nach [5] eingetragen.

Aus der Bilanz in Bild 1 ermittelt sich global und für das ungestörte Erdober näherungsweise ein Wärmestrom für das Erdober von etwa $+1,00 W/m^2$. Für die Meteorologen ist klar, dass die regionale Energiebilanz von der globalen Energiebilanz, durchaus spürbar, abweichen kann.

Zu einer näherungsweisen Energiebilanz an der Wiesenoberfläche müssen der Vollständigkeit halber auch noch der Regen- und Schneeniederschlag mit aufgenommen werden, werden aber hier nicht einbezogen.

Beispiel

In der VDI 3789 [8] wird zur Definition der Vorzeichen ein Beispiel angegeben. Dieses soll hier mit der vorgestellten Vorzeichenkonvention nachgebildet werden. Dabei werden zwei Fälle unterschieden: eine positive und eine negative Strahlungsbilanz. Die Strahlungsbilanz fasst die kurz- und langwelligen Strahlungswärmeströme zusammen. Ist sie positiv, wird die Erde aufgewärmt. Im Falle einer negativen Strahlungsbilanz wird die Erdoberfläche abgekühlt.

Bei positiver Strahlungsbilanz steigt die Oberflächentemperatur über die Lufttemperatur, sodass die fühlbare Wärmestrom negativ ($H < 0$) wird. Tritt Verdunstung auf und entzieht dem Erdober Wärme, ist der latente Wärmestrom ebenfalls negativ ($LE < 0$). Die erhöhte Oberflächentemperatur führt zu einem Wärmestrom in das Erdober, sodass der Bodenwärmestrom positiv ($B > 0$) ist.

Bei negativer Strahlungsbilanz kühlt die Erdoberfläche unter die Lufttemperatur. Somit wird der fühlbare Wärmestrom wegen ($t_{E,O,m} < t_{L,m}$) positiv ($H > 0$). Wegen der geringeren Oberflächentemperatur wird den tieferen Erdschichten Wär-

**HLH**

Erdwärmennutzung

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

ERNEUERBARE ENERGIE

me entzogen und das Erdreich kühlt aus. Damit wird der Bodenwärmestrom negativ ($B < 0$). Falls unter diesen Bedingungen Kondensation auftritt, kommt die frei werdende Kondensationsenthalpie dem Erdreich zugute, sodass der latente Wärmestrom positiv ($LE > 0$) wird.

Für beide Fälle ist festzustellen, dass der Bodenwärmestrom entsprechend der jeweiligen Energiebilanz sowohl positiv als auch negativ sein kann.

Zusammenfassung und Fazit

Das Klima ist die statistische Beschreibung relevanter Größen mittels der Ermittlung von Durchschnitt und Variabilität über Zeitspannen im Bereich von Monaten und Jahren. Die wesentlichen Variablen sind die Temperatur, der Niederschlag und der Wind. Die anthropogenen (durch die Menschen verursachten) Einflüsse sind vorhanden, werden aber hier nicht gesondert behandelt. Die Energiebilanz der Erdatmosphäre ist aktuell wahrscheinlich nicht ausgeglichen [5]. Die direkte Nutzung der solaren Energie weist die geringsten Umwandlungsverluste auf und ist damit das größte Potenzial für erneuerbare Energie. ■

LITERATUR

- [1] Schlott, S., Schlott, A.: Bewertung der Bodenbeschaffenheit in Verbindung mit oberflächennaher Erdwärmennutzung. Der Sachverständige, Nr. 21, 2021, S. 307.
- [2] Schlott, A., Schlott, S.: Varianzen der in der DIN 4710:2003-01 dokumentierten Bodentemperaturen und deren Verlauf in den vergangenen 30 Jahren, Teil 1: Überblick und Strukturierung beim DWD vorhandener Bodentemperaturen. HLH Bd. 73 (2022), Nr. 9, S. 14.
- [3] Schlott, A., Schlott, S.: Varianzen der in der DIN 4710:2003-01 dokumentierten Bodentemperaturen und deren Verlauf in den vergangenen 30 Jahren, Teil 2: Analyse der Bodentemperaturen und Vergleich mit der DIN 4710:2003-01. HLH Bd. 73 (2022), Nr. 10, S. 52.
- [4] Schlott, A., Schlott, S.: Einfluss von Albedo und Emissionsgrad eines Grundstücks bei der Nutzung von oberflächenaktiver Erdwärme. Der Sachverständige, Nr. 11, 2022.
- [5] Foken, T., Huwe, B., Einfalt, T.: Der Boden – die unterschätzte Randbedingung bei der Ausbreitungsmodellierung. Gefahrstoffe, Bd. 81, Nr. 778, S. 283.
- [6] Kopp, G., et al.: A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. Geophys. Res. Lett., 38, L01706, doi:10.1029/2010GL045777.
- [7] Foken, T.: Die scheinbar ungeschlossene Energiebilanz am Erdboden – eine Herausforderung an die Experimentelle Meteorologie. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät 24, 1998, S. 131.
- [8] VDI 3789: Umweltmeteorologie – Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Ober-

flächen – Berechnung der spektralen kurz- und der langwelligen Strahlung. Beuth Verlag, Berlin 04/2019.

- [9] Opendata Server des DWD, https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/

**Dr.-Ing.
André Schlott**



ist Leiter des Kompetenzzentrum Energie und Thermisches Management am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Institutsteil Dresden.
Foto: Fraunhofer IFAM

**Dr.-Ing.
Siegfried Schlott, VDI**



ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Heiz- und Raumlufttechnik mit Büro in Dresden.
Foto: privat

**IMMER AUF DEM
NEUESTEN STAND:**
Jetzt Ihren Newsletter
VDI Fachmedien
ordern – kostenlos!



**GLEICH
ANMELDEN**



Sie wollen als Ingenieur oder Ingenieurin immer auf dem neuesten Stand sein, wenn es um zukunftsweisende und praxisnahe Fachinformationen geht. Oder wenn Sie für Ihre berufliche Tätigkeit Expert*innenwissen aus Wissenschaft und Forschung, aus Wirtschaft und Produktion benötigen.

Dann lassen Sie sich diese Chance nicht entgehen. Und nutzen Sie jetzt die Newsletter-Reihe der VDI Fachmedien mit ihren brandaktuellen Online-Beiträgen: Im 14-Tage-Rhythmus erscheinen die Newsletter zu Bauingenieur, HLH, Konstruktion und VDI-Z. Im monatlichen Rhythmus die zu BWK, Logistik für Unternehmen und UmweltMagazin.

Nutzen Sie diese kostenlose Infoquelle und melden sich für Ihren gewünschten Newsletter an:
www.ingenieur.de/news

VDI fachmedien

TECHNIKWISSEN FÜR INGENIEUR*INNEN.



Rund 35 000 Fachbesuchende kamen an drei Tagen zur GET Nord in die Hamburger Messehallen. Foto: Hamburg Messe und Congress/Romanus Fuhrmann

SHK-Branchentreff in Hamburg

Finale an der Elbe

2022 kam die Präsenzmesse zurück. Und somit endete das Jahr für die SHK-Branche wieder mit der traditionellen Leistungsschau am Hamburger Messturm: Vom 17. bis 19. November öffnete die GET Nord ihre Türen.

Rund 500 waren es im Jahr 2018, über 550 sollten es 2022 werden: Bei der Premiere der GET Nord nach vierjähriger Coronapause begrüßten die Veranstalter mehr Aussteller in der Hafenmetropole als vor der Pandemie. Ambitionierte Pläne, doch Projektleiter Michael Arfmann hatte gute Argumente für eine Steigerung: „Der große Zuspruch der Branche zeigt, dass die Aussteller vom Standort Norddeutschland, einem kurzen Weg von Skandinavien zu uns und von unserer Idee der vernetzten Messe der Gewerke Elektro, Sanitär, Heizung und Klima überzeugt sind.“ Fakt ist aber auch, dass die Verantwortlichen das Konzept der Fachmesse im

Vergleich zur Vergangenheit um zusätzliche Themenbereiche ergänzt haben.

Unternehmen aus elf Ländern präsentierten auf 60 000 Quadratmetern Ausstellungsfläche, wie mit modernster Gebäudetechnik Prozesse und Verfahren nachhaltig optimiert und Einsparpotenziale realisiert werden können. Dabei setzte die Messe erneut den Fokus auf die Vernetzung der Gewerke Elektro, Sanitär, Heizung und Klima und zeigte Lösungen aus dem Bereich der Digitalisierung und Elektrifizierung, die aktiv zum Erreichen der Klimaziele beitragen können. „Die GET Nord ist zu einem Informations- und Know-how-Hotspot im norddeutschen Handwerk geworden, der in keinem Terminkalender der Branche fehlt“, resü-

mierte Bernd Aufderheide, Vorsitzender der Geschäftsführung der Hamburg Messe und Congress, nach den drei Messetagen zufrieden. Zuspruch kam auch vom BDH: „Die GET Nord war ein absoluter Erfolg und kam genau zum richtigen Zeitpunkt. Die Fachbesucher fanden hier Lösungen für die Megathemen Klimaschutz und Versorgungssicherheit. Insbesondere das Verbundkonzept aus Elektro und SHK hat sich bewährt und spiegelt die Entwicklung am Markt wider“, so Markus Staudt, Hauptgeschäftsführer des Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH). Es sei zu spüren gewesen, dass die Menschen nach der Pandemie wieder Spaß an der Begegnung und dem direkten fachlichen Austausch hatten.



Anschaun, ausprobieren, hinterfragen: Nach langer Pandemie-Pause freuten sich Besuche und Ausstellende gleichermaßen über die Gelegenheit zu einem persönlichen Austausch.
Foto: Hamburg Messe und Congress/Rene Zieger



Die Themen Wärmewende, Energiesparen und Dekarbonisierung bestimmten die Gespräche in Halle B 6, in der sich vornehmlich Firmen aus dem Bereich Heiztechnik präsentierten.
Foto: Hamburg Messe und Congress/Romanus Fuhrmann

NEUER PROJEKTLEITER

Für Michael Arfmann (links im Bild) war es die letzte GET Nord unter seiner Regie. Nach 45 Jahren bei der Hamburg Messe und Congress wechselt er in den Ruhestand. Arfmann verantwortete die Fachmesse seit ihrer Premiere im Jahr 2008. Im folgt Danny Enwerem (r.). Der 29-Jährige war zuletzt für die Messe Berlin tätig und wechselte im Frühjahr 2022 an die Elbe. „Wir haben mit Danny Enwerem einen erfahrenen Projektleiter gewinnen können, der gut in der Elektro- und SHK-Branche vernetzt ist. Er wird die GET Nord in den kommenden Jahren zusammen mit unseren Partnern ausbauen und konzeptionell weiterentwickeln“, so Bernd Aufderheide, Vorsitzender der Geschäftsführung der Hamburg Messe und Congress.



Foto: Hamburg Messe und Congress/Romanus Fuhrmann

Vernetzung der Gewerke

Zukunftsfähige Technologien und Branchen-Know-how waren der rote Faden, der die Messestände, Sonderschauen, Foren und Fachvorträge in den acht Hallen der Messe Hamburg verband. Die Möglichkeiten einer autarken Energieversorgung wurden ebenso thematisiert wie zugehörige Normen, das gebäudeumfassende Thema der Ressourceneffizienz sowie die sichere Versorgung mit Trinkwasser. Die vernetzten Branchenthemen interessierten Fachplanende, Ingenieure, Architekten und das Handwerk gleichermaßen. Entsprechend positiv fällt auch das Fazit von Obermeister Jens Wagner, Fachverband und Innung SHK Hamburg, aus: „Die Vernetzung aus Elektro und SHK ist auch auf dieser GET Nord wieder voll aufgegangen. Es hat sich gezeigt, dass eine Messe als Marktplatz der Begegnungen mehr als zeitgemäß ist. Die GET Nord 2022 war aus unserer Sicht eine rundum gelungene Veranstaltung – so, wie wir es erhofft und gewünscht hatten.“

Positives Feedback

Viele Vertreter ausstellender Unternehmen hoben die Wichtigkeit von Branchen-Events wie der Hamburger Fachmesse hervor. Und auch die über 35 000 Fachbesuchenden zeigten sich zufrieden: Nach den Zahlen einer Besucherbefragung durch ein unabhängiges Marktforschungsinstitut gaben 89 Prozent von ihnen Bestnoten für die GET Nord, 90 Prozent würden die Fachmesse demnach weiterempfehlen. Haupttreiber für die Besuchenden waren der Wunsch nach Weiterbildung und Erweiterung des Fachwissens sowie die Gewinnung von Informationen über neue Produkte, Neuheiten und Trends in der Branche. Die diesjährige GET Nord konnte dabei einen Zuwachs an Entscheidungsträgern gegenüber der Vorveranstaltung verzeichnen. 97 Prozent der Befragten bestätigen die Hamburger Leistungsschau als Leitmesse im Norden, die die gesamte Vielfalt der Gebäudetechnik zeigt. Einige der Produkte stellt die HLH auf den folgenden Seiten vor.

WEITERE INFORMATIONEN

Die nächste GET Nord findet vom 21. bis 23. November 2024 in den Hamburger Messehallen statt.



Die Freshbox 200 ERV WiFi erreicht eine Förderleistung bis von zu 200 m³/h.
Foto: Blauberg Ventilatoren GmbH

Lüftungsanlage für Büro- und Klassenzimmer

Um neben größeren Räumlichkeiten auch in kleineren Büroräumen einen effizienten Luftaustausch zu gewährleisten, bietet Blauberg Ventilatoren die Freshbox 200 ERV WiFi an. Zu sehen war sie auf der GET Nord. Das Gerät soll die Lücke schließen zwischen großen dezentralen Anlagen für Klassenzimmer, die bis zu 1200 m³ schaffen, und kleinen Pendellüftern, welche in der Wohnraumlüftung eingesetzt werden. Die Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung arbeitet bei der Freshbox mit einem geringen Energieverbrauch bei einem Luftdurchsatz von bis zu 200 m³/h. Da sich Schulen und Büroräume häufig in Gebieten mit viel Verkehr und einer höheren Feinstaubbelastung befinden, verfügen die Lüftungsanlagen zudem über G4-Filter (Abluftfilterung) und G7-Filter (Zuluftfilterung, etwa Feinstaub und Pollen). www.blaubergventilatoren.de



Das zentrale Kompaktlüftungsgerät verfügt über einen integrierten Schaltschrank. Foto: Al-ko

Lüftungslösung für große Dimensionen

An einem Gemeinschaftsstand stellte Al-ko AirTechnology zentrale und dezentrale Lösungen für Luft- und Klimatechnik vor, darunter auch das kundenindividuell anpassbare Al-ko Easyair. Das zentrale Lüftungsgerät für Luftmengen von 650 bis 13000 m³/h wurde für den Einsatz in Arztpraxen und Gesundheitszentren, Seniorenheimen sowie Veranstaltungsräumen und Verkaufsstätten entwickelt. Je nach Ausführung sind mittels Rotationswärmetauscher oder Gegenstrom-Plattenwärmetauscher nach Herstellerangaben Wärmerückgewinnungsgrade von 80 bis 90 % möglich. Für eine individuelle Auslegung bietet Al-ko ein Online-Konfigurationstool an. www.al-ko.com

Füllstation für normgerechte Heizungswasseraufbereitung

Mit der Füllstation MobiFill bietet SYR eine mobile wie normgerechte Möglichkeit zur Erstbefüllung von Heizungsanlagen. Auch das Nachfüllen einer Anlage ist damit möglich. Für die Befüllung muss die Armatur lediglich auf die benötigte Kartusche zur Heizungswasserbehandlung geschraubt werden. Die Kartuschen zur Heizungswasser-enthärtung (HWE), Heizungswasser-Vollentsalzung (HVE) oder Heizungswasser-Vollentsalzung mit pH-Wert-Stabilisierung (HVE Plus) sind in den Größen 2,5, 4, 7 und 14 Liter erhältlich. Für alle Kartuschen ist Austauschgranulat verfügbar. Unterstützend zur normgerechten Anlagenbefüllung wird mit den Systemtrennern STBA 200 und STBA 220 das Trinkwasser DIN gerecht geschützt. www.syr.de



Die MobiFill eignet sich zur schnellen und einfachen Erstbefüllung von Heizungsanlagen.
Foto: SYR Hans Sasserath GmbH & Co. KG



EvoFlat RENO Wohnungstation (hier ohne Abdeckhaube).
Foto: Danfoss

Dezentraler Wassererwärmer

Die intelligente Wärmenutzung stand im Mittelpunkt des Messeauftritts von Danfoss. Präsentiert wurden Lösungen für den hydraulischen Abgleich, die smarte Heizungsregelung sowie Kompaktübergabestationen und digitale Planungs- und Steuerungstools für Fernwärmenetze. Als schnell zu installierende Lösungen für die Heizungsoptimierung in Mehrfamilienhäusern präsentierte das Unternehmen die vormontierten UnoFloor Verteilerstationen für Fußbodenheizungen sowie die kompakten EvoFlat RENO Wohnungstationen. Sie können anstelle alter Gas-Thermen verbaut werden und sind für klassische Zentralheizungen mit Pufferspeicher ebenso geeignet wie für Fernwärmeanschlüsse. www.danfoss.de

Trennpufferspeicher ergänzt Wärmepumpen

Seinen Trennpufferspeicher PSW55 stellte Brötje auf der GET Nord vor. Er kombiniert eine Heizkreispumpe mit einem optionalen Mischer. Zusammen mit den Wärmepumpen BLW Mono-K oder BLW Split-K bildet er eine kompakte Einheit. Auch zusätzliche Wärmeerzeuger wie Solarthermie-Anlagen lassen sich mit dem Speicher (Fassungsvermögen: 55 l) verbinden. Als Zubehörsatz zur BLW Mono-K wurde der Trennpufferspeicher direkt auf dem Gehäuse der Wärmepumpe platziert, sodass die beiden Elemente optisch zu einem einzigen Gerät verschmelzen. Mit Gesamtmaßen von 182,8 x 60 x 74,8 cm (H x B x T) findet die Kombination auch in engen Keller- oder Hauswirtschaftsräumen Platz. www.broetje.de



Der Trennpufferspeicher PSW55 bildet mit der Wärmepumpe BLW Mono-K eine kompakte Einheit. Foto: Brötje

Zwei-Zonen-Badheizkörper

Pünktlich zur kalten Jahreszeit lanciert Vitramo eine Neuheit fürs Bad: Für die Wandheizelemente des Typs VB in den Leistungsklassen 560, 660 und 860 Watt gibt es nun Handtuchhalter als Zubehör. Das Highlight der Infrarot-Direktheizsysteme aber sind die zwei Temperaturzonen. Die untere erreicht eine Oberflächentemperatur von maximal 70 °C, die obere eine von maximal 100 °C bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C. Die Badheizelemente können im hoch wärmegeprägten Neubau-Badezimmer als Alleinheizung dienen. In anderen Umgebungen gelten sie – auch nachträglich installiert – als willkommene Ergänzung zu einer konventionellen Zentralheizung. www.infrarotheizung-vitramo.de



Bis zu drei Handtuchstangen können an einem Infrarot-Badheizkörper befestigt werden. Foto: Vitramo GmbH

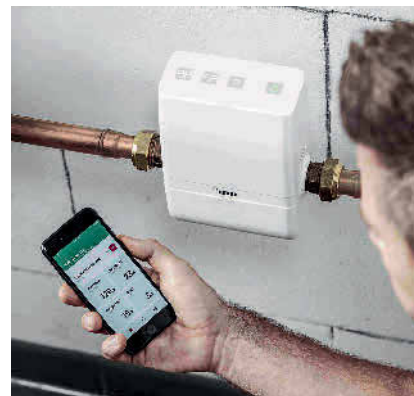


Für die Pelletkessel Pellematic Compact und Pellematic Condens wurden zusätzliche Leistungsgrößen von 22 bis 32 kW vorgestellt. Foto: ÖkoFen

Weniger Partikelemissionen

Unter dem Motto „Feuer ohne Flamme“ zeigte ÖkoFen in Hamburg seine Verfeuerungstechnologie ZeroFlame. Diese verändert das Verbrennungsverhalten der Holzpellets, sodass Staubemissionen unter 2,5 mg/m³ erreicht werden, so der Hersteller. Erzielt werde dies durch eine ausgeklügelte Luftstromführung beziehungsweise -anreicherung in Kombination mit der besonderen Brennkammerkonstruktion. Der besondere Effekt: Die Flamme verschwindet fast vollständig und reduziert die Feinstaub-Partikelemissionen auf ein Minimum. Speziell für den Einsatz in Mehrfamilienhäusern sowie in gewerblichen oder kommunalen Einrichtungen präsentierte das Unternehmen die beiden Pelletkessel Pellematic Compact und Pellematic Condens in zusätzlichen Leistungsgrößen. Dank moderner Brennwerttechnik können Pellematic Condens Heizungen auch bei höheren Rücklauftemperaturen flexibel eingebaut werden, wie es häufig in der Sanierung der Fall ist.

www.oekofen.de



Die smarte Wassersteuerung „RE.Guard“ erkennt im Gebäude bereits kleinste Leckagen und beugt weitreichenden Wasserschäden vor. Foto: Rehau

Intelligenter Leakage-Schutz

Rehau präsentierte in Hamburg sein breites Angebot an Systemlösungen und Services, unter anderem auch die intelligente Wassersteuerung „RE.Guard“. Sie erkennt in Trinkwassersystemen bereits kleinste Leckagen und hilft Wasserschäden zu vermeiden. Die Steuerung überwacht den Wasserdurchfluss in Rohrleitungen mithilfe von Ultraschalltechnik und beurteilt diesen in Echtzeit. Sobald individuell einstellbare Grenzwerte überschritten werden, schaltet das System die Hauptwasserleitung eigenständig ab. Auch unbemerkte Tropfenleckagen, die zu schweren Schäden führen können, werden erkannt. www.rehau.com

Bild 1: 3-D-Visualisierung des Gesamtgebäudes. Quelle: Team RoofKIT



Ein Gewinn(er) für das klimaneutrale Bauen

Im Sommer vergangenen Jahres hat das Team RoofKIT mit seinem Entwurf den „Solar Decathlon Europe“ gewonnen. Im Fokus des international besetzten Wettbewerbs standen Ideen für nachhaltiges Bauen und Leben in der Stadt. Im Folgenden werden die Besonderheiten des Sieger-Konzepts und die Performance der realisierten Gebäudeeinheit vorgestellt. Als Living Lab wird das Projekt zukünftig in Karlsruhe weiterentwickelt.

TEXT: Professor Andreas Wagner, Dr.-Ing. Nicolás Carbonare, Professor Dirk E. Hebel, M.Sc. Regina Gebauer

Die Weiter- und Umnutzung des Gebäudebestands, das kreislaufgerechte Entwerfen und Konstruieren mit natürlichen und gesunden Materialien unter Nutzung der urbanen Mine sowie das Erschließen regenerativer Energiequellen – mit diesen Zielen trat das Studierendenteam des Karlsruher Instituts für Technologie zum „Solar Decathlon Europe 21/22“ (SDE) in Wuppertal an. Konkret ging es um die Aufstockung des Café ADA in Wuppertal. Neben der Ausarbeitung eines architektonischen Gesamtentwurfs inklusive Energie- und Nachhaltigkeitskonzept musste ein Ausschnitt aus dem Gebäude geplant, gebaut und im Rahmen des Wettbewerbs auch unter realen Nutzungsbedingungen betrieben werden.

Gebäudeentwurf und Umsetzung der Demonstrationseinheit

Konzept

Das Bestandsgebäude des Café ADA blieb äußerlich als Identifikationspunkt im Quartier weitgehend unverändert, unter energetischer Aufwertung der Gebäudehülle. Der nicht mehr adäquate Ballsaal wurde um ein Geschoss nach oben versetzt und neu geplant (**Bild 1**). Er bildet durch Form und Materialität räumlich einen klaren Übergang zwischen Bestand und neuem Aufbau. Der dadurch gewonnene Raum des ehemaligen Tanzsaals wird zu Unterkünften für internationale Künstler, aber auch Besucher und temporäre Bewohner des Viertels.

Die Aufstockung weiterer Wohneinheiten auf den neuen Wohnsaal wurde in vorgefertigten Holzmodulen ausgeführt. Dies ermöglicht eine schnelle und vereinfachte Montage auf der Baustelle. Die Aufstockung setzt dabei auf ein Konzept der shared spaces, um den zur Verfügung stehenden individuellen wie auch gemeinschaftlichen Raum neu zu verhandeln, sowie des Zusammenwohnens in verschiedenen Lebenssituationen.

Bauliche Umsetzung und Materialien

Für den Wettbewerb in Wuppertal wurde eine Wohneinheit aus der Aufstockung vereinfacht und als Demonstrator „he-



Bild 2: Ansicht der gebauten Gebäudeeinheit auf dem SDE-Wettbewerbsgelände in Wuppertal.
Foto: Zoëy Braun

rausgeschnitten“. Er besteht konstruktiv aus vier vorgefertigten Modulen mit einem zentralen Kern, der alle technischen Installationen sowie die Küche und das Bad bündelt. So bleibt nahezu die gesamte Nettogrundfläche der Einheit frei nutzbar für Wohnen, Arbeiten und Schlafen. Zur Demonstration der Aufstockung wurde die Gebäudeeinheit während des Wettbewerbs auf ein Gerüst gestellt (**Bild 2**).

Für die Gebäudeeinheit wurden keine Klebstoffe, keine Imprägnierungen oder Farben und auch keine Schäume oder Nassabdichtungen verwendet, sodass die Kreislauffähigkeit des Gebäudes und seiner Materialien zu 100 Prozent gewährleistet bleibt. Das für die Konstruktion verwendete Holz ist leimfrei und unbehandelt; mit digitalen Fertigungsverfahren konnten ausschließlich reversible Verbindungssysteme umgesetzt werden. Außerdem wurden für die Konstruktion nur Monomaterialien verwendet, das heißt keine Verbundstoffe oder Materialmischungen. Hierbei kamen vor allem auch natürliche biologische Baustoffe zum Einsatz, wie zum Beispiel Lehm in Wänden und Fußboden, natürlicher Filz als Verkleidung von Wänden und Decken, Seegras als Wärmedämmung sowie Plattenwerkstoffe und Lampenschirme aus Myzelium, dem Wurzelwerk von Pilzen.

RoofKIT wollte aber nicht nur zeigen, was in Zukunft möglich ist – viele Bauteile und Materialien wurden im Sinne des urban mining bereits im zweiten, dritten oder gar vierten Kreislauf verwendet. Diese Vorgehensweise dreht den konventionellen Entwurfsprozess um: Gestalt und

Konstruktion wurden durch die gegebenen Teile bestimmt und nicht durch eine idealtypische Vorstellung der Entwurfsverfasser. Und RoofKIT enthält auch Materialien, die rekonfiguriert wurden, das heißt das Material wurde weiterverwertet, während die Form des ehemaligen Produkts verändert wurde. Zum Beispiel sind die Küchen- und Badezimmerabdeckungen aus alten Joghurtbechern hergestellt, die Toilette und die Dusche sind mit Glaskeramik verkleidet, die aus zerbrochenem Glas hergestellt wurde und der Eingangsbereich ist mit Steinen aus wiedergewonnenem Bauschutt gepflastert.

Das Energiekonzept

Das Energiekonzept ist eine Synthese aus architektonischen Maßnahmen für eine hohe Aufenthaltsqualität und innovativen Lösungen für die Energieversorgung, die über das Jahr hinweg zur CO₂-Neutralität führen sollen. Eine hochwertige Wärmedämmung sowie Lüftungswärmerückgewinnung minimieren den Heizwärmebedarf und die Nutzung von Solarenergie und Tageslicht trägt ebenfalls zum niedrigen Energieverbrauch des Gebäudes bei. Zusätzlich erhöht eine Wärmerückgewinnung über einen zentralen Grauwasserwärmetauscher die Energieeffizienz des Gebäudes. Weiterhin wurde die Umwandlung von Bioabfall in Biogas zum Kochen berücksichtigt, um den Gedanken der Kreislaufwirtschaft auf die technischen Prozesse im Gebäude auszuweiten. Die beiden zuletzt genannten Technologien wurden allerdings in der gebauten

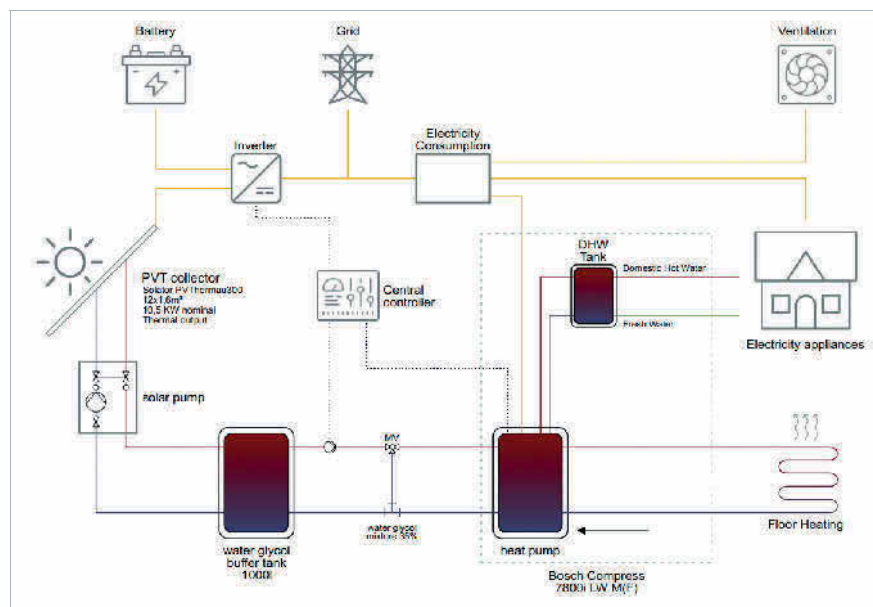


Bild 3: Schema der solaren Energieversorgung für die Gebäudeeinheit. Grafik: Team RoofKIT

Gebäudeeinheit nicht umgesetzt und die Lüftung wurde über dezentrale Pendellüfter mit Wärmerückgewinnung realisiert.

Winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz

Die realisierte Gebäudeeinheit besitzt eine hochwertige Wärmedämmung nahe am Passivhausstandard. Für die Fenster wurden sogenannte Lagerfenster mit 3-fach-Verglasung verwendet; unterschiedliche Fenstergrößen dienten dabei als gestalterisches Moment. Zusammen mit der Fußbodenheizung wird ein hoher thermischer Komfort im Winter erreicht.

Für ein komfortables Raumklima in den Sommermonaten wurde ein passives Kühlkonzept umgesetzt. Als thermische Speichermasse in dem Leichtbau dienen Lehmbauplatten – sowohl in die Außenwände (hier mit zusätzlichem Lehmputz) als auch doppellagig in den Fußboden integriert. Damit kann auch die feuchtepuffernde Wirkung des Lehms genutzt werden. Der Sonnenschutz wurde mit außenliegenden textilen Screens aus wiederverwendeten Materialien realisiert. Die Entladung der Speichermasse erfolgt durch Nachtlüftung; der erforderliche Luftwechsel wird dabei teils automatisiert und teils manuell über Dach- beziehungsweise Fassadenfenster realisiert. Simulationen zeigen, dass mit der erarbeiteten Lösung zu 90 Prozent der Zeit operative Temperaturen in den Innenräumen erreicht werden, die im gewünschten Bereich des adaptiven

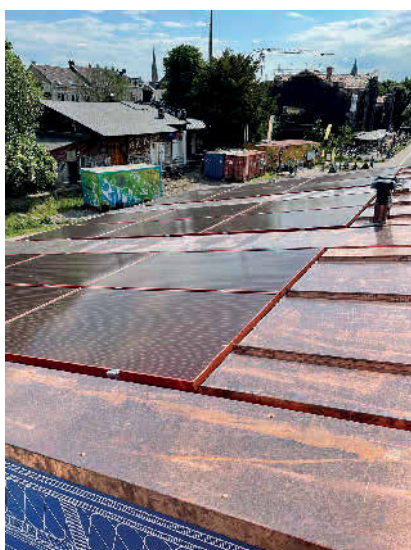


Bild 4: Dachaufsicht auf die PVT-Kollektoren. Foto: Team RoofKIT

Behaglichkeitsmodells nach DIN EN 16798 (Kategorien 1 und 2) liegen. Das Energiemanagementsystem bezieht auch die Bewohner in den Entscheidungsprozess mit ein – sie erhalten über die installierte Schnittstelle Benachrichtigungen darüber, wann die Fassadenfenster geöffnet werden sollen, um die Effektivität der Nachtlüftung zu verbessern.

Zur Validierung und Optimierung des Nachtlüftungskonzepts wurden auch Simulationen durchgeführt, um den Einfluss unterschiedlicher Öffnungskonfigurationen von Dach- und Fassadenfenstern auf die Luftwechselrate und die Raumtemperatur mit Hilfe eines Strömungspfadmo-

dells zu untersuchen. Ausgehend von realisierbaren effektiven Öffnungswinkeln (Kippstellung) wurden dabei unterschiedliche Fenster- und Dachfensteröffnungsflächen sowie weitere temperaturabhängige Randbedingungen für das Öffnen der Fenster getestet.

Zusätzlich wurden CFD-Simulationen durchgeführt, um die räumliche Verteilung der Luftströmung innerhalb der Gebäudeeinheit und die auftretenden Luftgeschwindigkeiten zu analysieren. Sie bestätigen den Auftriebseffekt durch das geöffnete Dachfenster und darüber hinaus, dass die Luftgeschwindigkeit in der Nähe einer schlafenden Person im Bett selbst bei geöffneten Fenstern an der Südfassade und der daraus resultierenden auftriebsinduzierten Belüftung keine Zugerscheinungen bewirkt.

Energieversorgung

Die Energieversorgung des Gebäudes basiert auf dachintegrierten PVT-Kollektoren, die gleichzeitig Solarstrom und Wärme für eine Wärmepumpe liefern (Bild 3). Das Dach der Gebäudeeinheit ist mit insgesamt 18 Solarmodulen bedeckt, davon zwölf PVT-Kollektoren als Wärmequelle für die Wärmepumpe. Ein Pufferspeicher von 1000 l trennt den Kollektor- und den Verdampferkreislauf und moderiert so den Betrieb der Wärmepumpe. Auf der Lastseite der Wärmepumpe befindet sich neben Trinkwarmwasserspeicher und Fußbodenheizung eine elektrische Nachheizung für den Fall, dass im Verdampferkreislauf Temperaturen über 30 °C oder unter 3 °C auftreten.

Die sechs weiteren PV-Module ergänzen die Leistung der Solaranlage auf insgesamt 5,4 kWp und garantieren ausreichend Strom für den Jahresbetrieb. Alle PV-Module haben eine rostbraune Farbe und fügen sich gestalterisch als homogenes Kollektorfeld perfekt in die Kupferdachdeckung des Gebäudes ein (Bild 4). Durch eine innovative Beschichtungstechnik weisen die PV-Module einen vergleichsweise hohen Wirkungsgrad auf und die PVT-Technologie hilft, die PV-Leistung zu erhöhen, da die Solarzellen durch den Solekreislauf gekühlt werden. Ein einziger Wechselrichter sorgte für eine Verbindung zum Netz des Wettbewerbsgeländes und zum Verteilernetz der Stadt, sowie gleichzeitig zur Batterie und zum Niederspannungsnetz der Gebäudeeinheit. Die elektrische Energie wird

lokal in einer Batterie mit einer Kapazität von 5 kWh und zusätzlich in der Batterie eines Elektrofahrads gespeichert. Ein Energiemanagementsystem maximiert die Netzdienlichkeit des Gebäudes durch Optimierung von Solarertrag, Strombedarf sowie Be-/entladung von Batterien (Gebäude und E-Fahrzeug) und Pufferspeicher.

Gebäudeperformance

Für eine optimale Systemkonfiguration wurden umfangreiche Systemsimulationen in OpenModelica durchgeführt. Dazu wurden verschiedene Kombinationen der Komponenten (PVT-Kollektoren, Puffer- und Warmwasserspeicher, Wärmepumpe) und ihrer hydraulischen Verbindungen untersucht, um den Eigenverbrauch an Solarenergie über das Jahr zu maximieren und die CO₂-Emissionen aufgrund von Strom aus dem Netz zu minimieren. Die Simulationen weisen für die Gebäudeeinheit einen Heizenergiebedarf von 24 kWh/(m² a) aus und die von der Wärmepumpe gelieferte Gesamtwärme für Fußbodenheizung und Warmwasserbereitung beträgt 48 kWh/(m² a). Bei einem Gesamtstromverbrauch von 1 027 kWh pro Jahr ergeben die Simulationen für die Wärmepumpe einen saisonalen COP von 2,51 (mit einem maximalen COP von 5,85 im Sommer).

Der jährliche Gesamtstrombedarf der HDU ergibt sich für einen 2-Personen-Haushalt laut Simulationen zu 3 424 kWh und die von der PV-Anlage erzeugte Energie zu 3 224 kWh. Die HDU erzeugt demnach 95 Prozent des Stroms, den sie jährlich verbraucht – das bedeutet, dass die CO₂-Neutralität theoretisch fast erreicht wird. Der durchschnittliche Eigenstromverbrauch liegt bei 83 Prozent – das bestätigt das Vermögen des Energiemanagementsystems, das Ladeverhalten der Batterien so zu optimieren, dass der Strombezug aus dem Netz immer möglichst geringgehalten wird.

Das während des Wettbewerbs durchgeführte Monitoring bestätigt im Wesentlichen die Simulationsergebnisse hinsichtlich des guten thermischen Komforts und der hohen Eigennutzung des solar erzeugten Stroms. Die exemplarische Zeitreihendarstellung für den 15.06.2022 (**Bild 5**) zeigt sehr schön, wie zeitscharf das Energiemanagement auf Solarangebot von der PV-Anlage und Energiebedarf (Geräte und Wärmepumpe) mit Ent- und Beladen

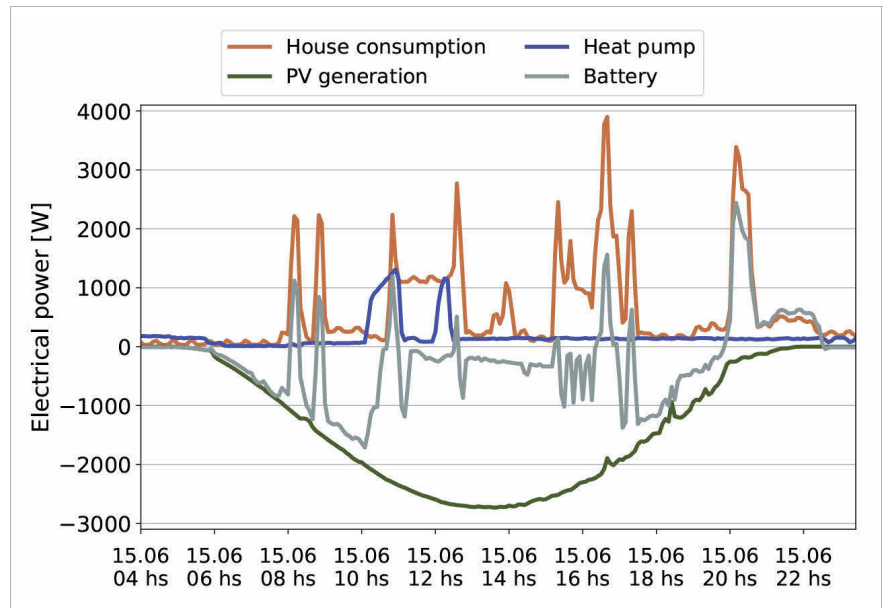


Bild 5: PV-Ertrag, Batteriebe- und -entladung, Stromverbrauch Gebäude und Stromverbrauch Wärmepumpe an einem exemplarischen Tag des Wettbewerbs. Grafik: Team RoofKIT



Bild 6: Einbau der Erdkörper am neuen Standort des KIT auf dem Campus Süd des KIT. Foto: Team RoofKIT

der Batterie reagiert, um Strombezug aus dem Netz und -einspeisung zu vermeiden.

Wie geht es weiter?

Mittlerweile steht die Gebäudeeinheit auf dem Campus Süd des KIT in Karlsruhe. Dort wird sie als Anschauungs- und Studienobjekt für die universitäre Lehre dienen und gleichzeitig als Living Lab für die Forschung. Außerdem steht sie für Besichtigungen durch die Fachöffentlichkeit zur Verfügung.

Anlagentechnisch wurde eine wesentliche Änderung durchgeführt: Anstelle des

Pufferspeichers zwischen PVT-Kollektoren und Verdampfer der Wärmepumpe wurden vier Erdkörper (bis Tiefe 7 m unter Geländeoberfläche, Durchmesser 0,5 m) in das Hydraulikkonzept integriert (**Bild 6**). Damit wird sich auch die Betriebsweise der Anlage ändern: Das Erdreich wird als Saisonspeicher genutzt, in den im Sommerhalbjahr die Wärme von den PVT-Kollektoren eingespeist wird. Im Winter dient das Erdreich dann als ausschließliche Wärmequelle für die Wärmepumpe.

Die Forschungsziele ergeben sich aus der Wettbewerbsaufgabe: so soll der Gebäudebetrieb beziehungsweise das Energiemanagement dahingehend optimiert werden, dass in der Jahresenergiebilanz auch in Realität tatsächlich CO₂-Neutralität erreicht wird. Gleichzeitig soll bei hohem solarem Angebot möglichst wenig Energie in das Netz eingespeist und der Netzbezug zu Zeiten geringer Solareinträge geringgehalten werden. Diese Anpassung von Einspeisung und Verbrauch in Echtzeit ist ein wesentlicher Faktor für einen stabilen Netzbetrieb bei Einbindung von Gebäuden mit Solarsystemen in das Stromnetz. Die Untersuchungen sollen dabei in Anbindung an das Energy Lab 2.0 des KIT erfolgen, um das Gebäude mit unterschiedlichen realen dynamischen Stromprofilen beaufschlagen zu können. Der Wettbewerb des Solar Decathlon Europe bot hier nur kurz Gelegenheit, das dafür entwickelte Konzept zu testen. ►

Ein weiteres Ziel ist der Einbezug der Nutzer in das Energiemanagement, in dem deren Präferenzen und Gewohnheiten erfasst werden, um dann ihr Verhalten über Information und Anreize in Richtung einer verbesserten energetischen Gebäudeperformance zu beeinflussen. Dabei sollen Adaptationsgrenzen hinsichtlich leichtem temporären Diskomfort ausgelotet werden sowie der Einfluss von Art und Inhalt von Informationen auf das Energieeinsparverhalten. Gleichzeitig soll die Nutzerzufriedenheit zu den eingesetzten Materialien erforscht werden. ■

DANKSAGUNG

Das Projekt wurde gefördert durch Mittel des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg sowie durch Geld- und Sachleistungen zahlreicher Sponsoren.

Prof. Dipl.-Ing. Andreas Wagner



ist Professor für Bauphysik und Technischen Ausbau an der KIT-Fakultät Architektur, Faculty Adviser des Team RoofKIT während des Wettbewerbs SDE 21/22.
Foto: Bernd Seeland

Dr.-Ing. Nicolás Carbonare



ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Bauphysik und Technischen Ausbau an der KIT-Fakultät Architektur, verantwortlich für das Energiekonzept des Projekts RoofKIT während des Wettbewerbs SDE 21/22.
Foto: Autor

Prof. Dipl. Arch. Dirk E. Hebel



ist Professor für Nachhaltiges Bauen an der KIT-Fakultät Architektur, Faculty Adviser des Team RoofKIT während des Wettbewerbs SDE 21/22.
Foto: Marta Wisniewska

Regina Gebauer, M.Sc.



ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur Nachhaltiges Bauen an der KIT-Fakultät für Architektur sowie Projektleiterin des Team RoofKIT während des Wettbewerbs SDE21/22.
Foto: Autorin

Vorschau 03/2023



Die technische Gebäudeausrüstung von Objekten mit Sonderfunktion stellt Planer und Installateure oft vor besondere Herausforderungen. Das neue Planetarium in Ursensollen – eines von nur drei 3D-Planetarien in ganz Deutschland – wurde deshalb mit einer VRF-Klimaanlage als Luft-Luft-Wärmepumpe und dezentralen Lüftungsgeräten ausgestattet, um einen schnellen Aufheiz- und Kühlbetrieb sowie eine Frischluftversorgung zu gewährleisten. Foto: Mitsubishi Electric

Heiztechnik

Bedarfsgerechte Wärmeproduktion mit Biomasseheizkesseln

Kältemittel R290: Wärmepumpen optimal aufstellen

Wärmepumpe und KWK – Konkurrenz oder eine sinnvolle Kombination?

Special zur ISH

Die Weltleitmesse erstmals wieder in Präsenz: Trends, Neuerungen und Produkte

Planung

Das Raumbuch als Werkzeug im Planungsprozess

Sanitärtechnik

Steinbildung in Trinkwasser-Installationen

Kältetechnik

Herstellungsverfahren von Eisbrei

Retrofit einer Lüftungsanlage mit FanGrid

Ein Möbelhaus baut um

Der komplette Austausch alter Lüftungsanlagen ist aufwendig und kostenintensiv. Das Retrofitprojekt eines großen Möbelhauses in Dubai zeigt, dass es eine bessere Lösung gibt: mit EC-Ventilatoren in Form eines FanGrids und einer bedarfsgerechten Steuerung.

TEXT: Daniel Stein

Zwei Air Handling Units (AHUs) versorgen ein großes Möbelhaus inklusive einer Lagerhalle in Dubai mit frischer, gekühlter Luft. Dafür kamen riemengetriebene AC-Ventilatoren zum Einsatz (Bild 1). Das vor Ort implementierte Steuerungskonzept sah vor, dass immer eine der beiden AHUs für sechs Monate auf Volllast betrieben wurde, während die andere AHU zeitgleich außer Betrieb war. Nach sechs Monaten übernahm die stillgelegte AHU wieder die Frischluftversorgung. Da die AC-Ventilatoren stets nur eine Drehzahl abbilden konnten, wurde vor allem bei geringer Auslastung im Möbelhaus viel Energie verschwendet, weil mehr Frischluft zugeführt wurde als erforderlich.

Für diese Probleme gab es nur eine Lösung, die sowohl wirtschaftlich als auch in der geforderten Zeit umsetzbar war: die AHUs mit neuen, effizienten Ventilatoren ausstatten und die Steuerung zu einer bedarfsgerechten optimieren. Den Auftrag für das Retrofit erhielt Jon Davies mit seiner Firma Qey Energy Solutions, die ihren Hauptsitz in Dubai hat. In diesem Projekt arbeiteten sie mit der Firma Johnson Controls zusammen, um ein geeignetes Steuerungskonzept zu entwickeln. ►



Bild 1: Der alte, riemengetriebene Ventilator erschwerte den Ausbau aus der AHU aufgrund seiner Größe und des Gewichts immens. Der Einbau der neuen Lösung musste daher umso schneller vonstattengehen. Foto: ebm-papst



Bild 2: In jedem Kasten sitzt ein EC-Radialventilator. Gemeinsam bilden sie das FanGrid. Die Bauform sorgt für eine besonders hohe Betriebssicherheit. Foto: ebm-papst

Eine Komplettlösung für die AHU

Bei Retrofits gibt es in der Regel zwei Herausforderungen: Zeit und Platz. So auch bei diesem Projekt. Qey rechnete mit vier Tagen Umbau für eine AHU. Würde die andere Einheit während dieser Zeit ausfallen, gäbe es keine Frischluft-Versorgung für das Möbelhaus mehr. Dieser Zeitdruck erforderte einen schnellen, möglichst unkomplizierten Einbau der neuen Ventilatoren. Die neue Lösung musste also platzsparend und möglichst fertig vorbereitet in die AHU installiert werden können. Daher kam das „MatrixAir+ EC“-Ventilatorenpaket von Qey zum Einsatz. Diese Komplettlösung besteht aus vier Produkten: EC-Ventilatoren, Ventilatoranschlusskästen, Ventilator-schotten und Schalttafeln. Bei der ersten Komponente fiel die Wahl auf EC-Radial-ventilatoren der RadiPac Reihe von ebm-papst, denn durch ihre kompakte Bauweise und einbaufertige Plug & Play

Konstruktion lassen sie sich einfach installieren. Insgesamt 26 RadiPac wurden als FanGrid jeweils in die Zu- und Abluft-Sektion der AHUs eingebaut.

Betriebssicherheit dank FanGrid

Ein FanGrid besteht aus mehreren, kleinen Ventilatoren, die neben- oder übereinander angeordnet werden und parallel betrieben werden (**Bild 2**). Der redundante Aufbau erhöht die Zuverlässigkeit der ganzen Anlage und sorgt für Betriebssicherheit. Sollte ein Ventilator ausfallen, wird die fehlende Luftmenge durch die restlichen EC-Ventilatoren kompensiert. Selbst wenn eine ganze AHU ausfällt, ist die verbleibende AHU noch immer in der Lage, eigenständig den gesamten Frischluftbedarf zu bedienen. Das bietet gerade bei großen Anlagen, noch dazu in besonders heißen Regionen wie in Dubai, die benötigte Sicherheit. Zudem ist es nicht mehr notwendig eine AHU ständig auf

Volllast zu betreiben, während die zweite als Back-up dient. Der aktuelle Frischluftbedarf wird gleichmäßig auf beide AHUs verteilt (**Bild 3**). Die Ventilatoren werden in Teillast betrieben, was sich positiv auf die Lebensdauer auswirkt. Ein weiterer Vorteil eines solchen Aufbaus ist, dass vor- und nachgeschaltete Komponenten wie Filter oder Wärmeübertrager gleichmäßiger durchströmt werden. Das führt zu einer effizienteren Filterung der Luft, sowie besseren Wärmeübertragungsleistung und damit zu einer Senkung der Betriebskosten. Mehrere kleine Ventilatoren benötigen unter Umständen zudem weniger Platz und sind leichter als ein einzelner großer Ventilator, was den Austausch vereinfacht.

EC-Motor spart Energie

Das größte Ziel des Retrofits war es, Energie zu sparen. Das lässt sich durch zwei sich gegenseitig begünstigende Maßnahmen realisieren: den Austausch der Ventilatoren und die Überarbeitung der Steuerung. Die Projektbeteiligten in Dubai entschieden sich für beides, um das größtmögliche Energiesparpotenzial zu nutzen. Schon allein durch den hohen Wirkungsgrad von GreenTech EC-Motoren von über 90 Prozent, sind beträchtliche Einsparungen möglich. Zudem ist er stufenlos regelbar, was einen bedarfsgerechten Betrieb gewährleistet – zwischen 0 und hundert Prozent statt nur „An“ und „Aus“ wie bei AC-Ventilatoren häufig der Fall. Damit ergeben sich signifikante Einsparpotenziale, denn die Leistungsaufnahme steigt oder sinkt in der dritten Potenz zur Drehzahl ($P \sim n^3$). Das bedeutet, wenn die Drehzahl im Vergleich zur Nenndrehzahl um die Hälfte reduziert wird, wird die erforderliche Leistungsaufnahme um den Faktor 8 verringert und beträgt somit nur noch 12,5 Prozent der Nennleistung. Schaltet man hingegen eine Hälfte der Anzahl AC-Ventilatoren ab und betreibt die andere Hälfte immer noch auf Vollast, so kann nur 50 Prozent der Leistungsaufnahme eingespart werden. Die Reduzierung der Drehzahl führt zudem zu erheblichen Vorteilen hinsichtlich der Geräuschemissionen. Durch das breite Wirkungsgradoptimum bei Radialventilatoren arbeiten sie bei praktisch jedem Betriebspunkt mit möglichst geringer Leistungsaufnahme.

Nach dem Austausch der Ventilatoren ging es an die Steuerung (**Bild 4**). Die

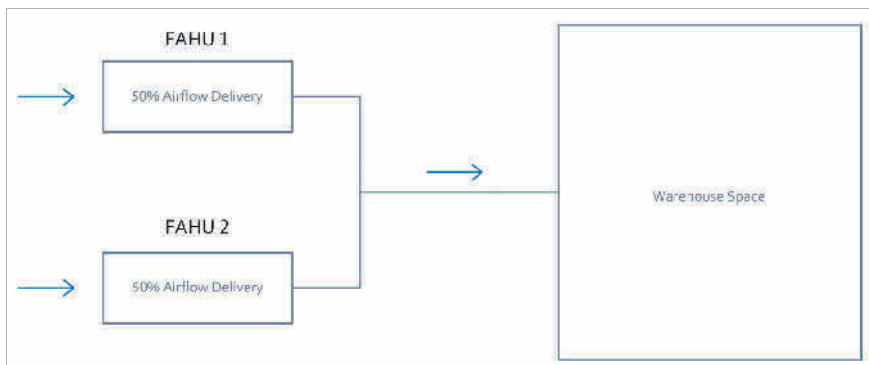


Bild 3: Der aktuelle Frischluftbedarf wird gleichmäßig auf beide AHUs verteilt. Die Ventilatoren werden in Teillast betrieben, was sich positiv auf die Lebensdauer auswirkt. Grafik: ebm-papst



Bild 4: Eine bedarfsgerechte Steuerung sorgt für weitere Energieeinsparung. Foto: ebm-papst

Lüftungsanlage des Möbelhauses verfügte bereits über ein Gebäudemanagementsystem, das Ziel war jedoch, eine zeitbedingte Strategie zu entwickeln. Dafür wurden Belegungsdaten ausgewertet, die über den Tag variierende Besucherzahl berechnet und damit zeitabhängig der Luftstrombedarf ermittelt. Auf Grundlage dieser Da-

ten wurde dann der sogenannte „Scheduled Mode“ programmiert, bei der ein Regler basierend auf einem internen Zeitplan die Drehzahl des Ventilators zu bestimmten Zeiten vorgibt. Beide AHU-Steuerungen arbeiten parallel, um stets jeweils 50 Prozent des zeitabhängig erforderlichen Luftstroms zu fördern. Voraus-

setzung für die Steuerung war zudem, dass die Ventilatoren auch mit dem Gebäudemanagementsystem kommunizieren konnten: Dank der integrierten Steuerungselektroniken der RadiPac EC-Ventilatoren mit RS485/Modbus RTU-Schnittstelle kein Problem.

Die Kommunikation mit dem Gebäudemanagementsystem war vor allem für die Dokumentation der Betriebsdaten wichtig. Das ermöglicht im ersten Schritt eine Überprüfung der tatsächlichen Einsparung und im zweiten die Optimierung der Steuerung. Wer Daten auswertet, hat mehr Sicherheit: Probleme können zügig identifiziert und negative Folgen frühzeitig verhindert werden. Eine Differenzdruckmessung ist mit dem RadiPac einfach möglich, da er über einen Druckentnahmestutzen zum Anschluss eines Differenzdrucktransmitters verfügt. Damit können Rückschlüsse auf den beförderten Luft-Volumenstrom gezogen und dieser neben vielen weiteren wichtigen Betriebsdaten des Ventilators überwacht werden. So lässt sich auch ermitteln, wie viel Einsparung das Retrofit gebracht hat: In diesem Fall beeindruckende 79 Prozent. Das Projektteam von Gey rechnet außerdem mit einem Return of Invest von nur etwa drei Jahren. ■

DIE FÜNF HÄUFIGSTEN FRAGEN ZUM RETROFIT

1. Ab wann lohnt sich ein Retrofit?

Wenn eine Lüftungsanlage 10, 15 Jahre oder älter ist, macht ein Upgrade in vielen Fällen Sinn. Durch den Wechsel auf neue EC-Ventilatoren lässt sich signifikant viel Energie einsparen. Weitere Vorteile sind Langlebigkeit, Platzeinsparung und Betriebssicherheit.

2. Wie gehe ich einen Retrofit an?

Retrofit-Experten unterstützen bei der Erfassung der Leistungsdaten, arbeiten mögliche Konzepte aus und geben eine grobe Kostenübersicht. Sie orientieren sich am Zweck der Anlage und an welchem Punkt sie optimal betrieben werden sollte.

3. Wie läuft ein Retrofit ab?

Am Anfang steht eine aktuelle Messung des Ist-Zustands. Danach geht es an die Auswahl des geeigneten Ventilators, wobei die gesamte Anlage, Umgebungsfaktoren (Höhenlage, Temperatur, ...), Möglichkeiten der elektrischen Einbindung und die Netzversorgung beachtet werden müssen.

Beim Einbau gilt es, auf die Dichtungen im Lüftungsraum zu achten. Am Ende wird dann der neue Zustand gemessen.

4. Mit welcher Amortisationszeit kann ich rechnen?

Dies lässt sich pauschal nicht beantworten, ein maßgeblich beeinflussender Faktor sind die lokalen Energiekosten. Doch selbst bei den in Relation zu beispielsweise deutschen Verhältnissen geringen Energiekosten in den Vereinigten Arabischen Emiraten, ließ sich aufgrund des hohen Ausmaßes der erzielten Einsparungen eine geringe Amortisationszeit von nur drei Jahren erzielen.

5. Wie kommen diese Einsparungen zustande?

Durch die EC-Technologie, die optimierte Strömungstechnik und die bedarfsgerechte Drehzahlregelung.



Daniel Stein

ist Vertriebsingenieur Commercial Air-Conditioning bei der ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG.

Foto: ebm-papst



17 auf dem Dach installierte Luft-Luft-Wärmepumpen übernehmen die Kühl- und Heizaufgaben des Lagers. Foto: Schwank

Pharma-Logistik: Stabile Temperaturen dank Wärmepumpen und HVLS

Vorsicht! Sensible Güter

Unweit des Dortmunder Flughafens hat der Pharmalogistiker NextPharma Anfang 2022 einen neuen Distributionsstandort bezogen. In dem 7 900 Quadratmeter großen Lager werden überwiegend temperatursensible Güter wie Arzneimittel für die Human- und Tiermedizin vorgehalten. Eine konstante Raumtemperatur nach den Vorgaben der GDP-Leitlinien (Good Distribution Practice of Medicinal Products for Human Use) ist hier zwingend erforderlich.

Immer wenn es um sensible, leicht verderbliche Produkte geht, ist die Raumtemperatur die kritische Größe im Lagerprozess und eine der größten Herausforderungen der im Neubau an die Heiz- und Klimatechnik gestellt wird. Als Vorgaben definierte der NextPharma im Falle seines Lagers in Holzwickede eine Soll-Tempe-

ratur von minimal 19 °C beziehungsweise maximal 23 °C. Nur 3 °C darf die Differenz zwischen der gemessenen tiefsten Temperatur zu der zum selben Zeitpunkt ermittelten höchsten Temperatur innerhalb desselben Lagerbereichs betragen. Bei einer Hallenhöhe von rund elf Metern durchaus eine klimatische Herausforderung.

Schwank erstellte ein Konzept auf Basis von Wärmepumpen in Kombination mit HVLS-Ventilatoren. Die Idee dahinter: Auf dem Dach installierte Luft-Luft-Wärmepumpen sollen die Kühl- und Heizaufgaben übernehmen und mittels Luftkanäle im Raum verteilen. Um Temperaturschichtungen unter dem Hallendach und Kältezonen in den

Regalreihen oder Randbereichen zu vermeiden, sollen HVLS-Ventilatoren eine gleichmäßige Durchmischung der Raumluft bewirken.

Ähnliche Konzepte hatten die Kölner bereits in anderen Logistikkomplexen wie zum Beispiel für Amazon mit Erfolg realisiert. Installiert wurden 17 Luft-Luft-Wärmepumpen von Panasonic (Modell PACi) mit einer Nennkühlleistung von 23,2 kW und einer Nennheizleistung von 28 kW. Die kompakten Abmaße und das geringe Gewicht der Außengeräte eigneten sich ideal für den Einsatz auf dem Dach. Die Innengeräte verfügen über eine schmale Bauform bei gleichzeitig hoher Pressung, was gut zu den Anforderungen von hohen Hallen passt. Die Verteilung der Kälte oder Wärme erfolgt über zwanzig Meter lange Textil-Luftkanäle. Als Kältemittel dient R32.

Gleichmäßige Luftverteilung

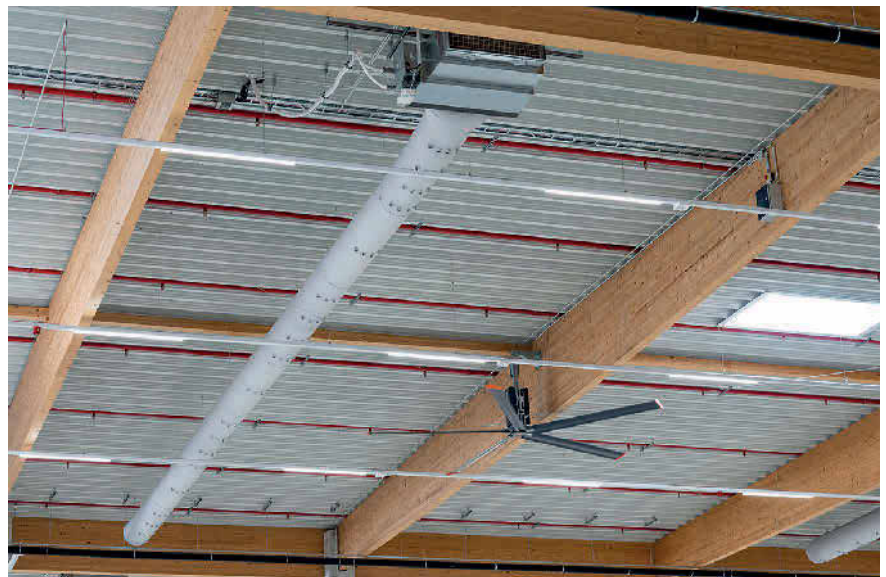
13 Schwank HVLS-Ventilatoren vom Typ MonsterFans sind für die gleichmäßige Luftverteilung zuständig. HVLS steht dabei für „High Volume – Low Speed“ und bedeutet, dass große Luftmassen bei sehr niedrigen Drehzahlen bewegt werden. „Gerade wenn die Halle durch verschiedene Einbauten, wie Regale, Büroflächen, Förderbänder oder Kommissionierbereiche keine homogene Aufteilung ergibt, haben sich MonsterFans bewährt. Fast unmerklich durchmischen sie die Luftschichten. So erreichen wir, dass auch wirklich jeder Regal- oder Stellplatz die gleiche Temperatur aufweist“, so Sven Burghardt, Vice President Klimatechnik, bei der Schwank GmbH. Verbaut wurden acht HVLS-Ventilatoren mit 4,9 Metern Durchmesser und fünf mit 3,6 Metern Durchmesser. Die Ventilatoren werden zentral gesteuert und in Abhängigkeit der Temperaturdifferenzen von Boden zu Hallendecke automatisch drehzahlregelt. Neben der Einhaltung der gleichmäßigen Temperaturverteilung ergibt sich auf diese Weise auch eine deutliche Energieeinsparung.

Die Steuerung der Wärmepumpen übernimmt ein zentrales Bedienpanel, das an die Gebäudeleittechnik (GLT) angebunden ist. Jede Unter- beziehungsweise Überschreitung der Raumtemperaturen, Einschalt- und Ausschaltzeiten sowie Störungen werden direkt an die Leitstelle gemeldet. Wird eine Temperaturdifferenz von 3 °C unter- beziehungsweise über-



Die Lagerbereiche sind in Kommissionier- und Hochregalbereiche unterteilt. Nur 3 °C darf die Differenz zwischen der tiefsten und höchsten Temperatur innerhalb desselben Lagerbereichs betragen.

Foto: Schwank



Die Klimageräte verteilen die Luft über Textilschläuche, die MonsterFans sorgen für die gleichmäßige Verteilung und Minimierung der Luftschichten durch Destratifizierung. Foto: Schwank

schritten, eskaliert die GLT an den Gebäudemanager. Dieser ist angewiesen innerhalb von wenigen Minuten entsprechende Schritte einzuleiten.

Von Erfahrungen profitieren

NextPharma gilt als einer der führenden Logistiker in seinem Segment und garantiert seinen Kunden modernste Lagertechnik, redundant ausgelegte Kühl- und Klimatechnik und eine 100 prozentige Temperaturstabilität in seinen Lagern. Ein Versprechen, dass der Logistiker eins zu eins als Anforderung an das Schwank

Planerteam weitergegeben hat. Aus Erfahrung weiß Sven Burghardt: „Die Komplexität eines solchen Projekts ergibt sich immer erst in der Gesamtbetrachtung. So mussten unsere Planer zum Beispiel Rauch-Wärme-Abzugsanlagen, Lichtkuppeln, Regalhöhen, Dachlasten und vieles mehr berücksichtigen.“ Neben der Planung und Auslegung übernahm Schwank auch die komplette Installation der Wärmepumpen und HVLS-Ventilatoren sowie deren elektrische Anbindung. Für die Ausführung benötigte das Unternehmen mit Hauptsitz in Köln rund drei Monate. ■

www.schwank.de



Der horizontale Regenabscheider verfügt über eine geringe Bauhöhe und ein niedriges Gewicht.

Foto: BerlinerLuft. Technik

Metallener Regenschutz

Sein Portfolio der Außen- und Fortlufttechnik hat BerlinerLuft um den horizontalen Regenabscheider DHE-HRA ergänzt. Er ermöglicht einen Mindestwasserabscheidegrad von 94 Prozent und ist für den Einsatz als Kanal- und Schachtabschluss auf Flachdächern konzipiert. Quadratische und rechteckige Ausführungen des Regenabscheiders bis zu einem Anschlussquerschnitt von 2500 x 1000 Millimeter werden als eine Baueinheit gefertigt. Dabei stehen Standard-Bauhöhen von 500 und 680 Millimeter zur Verfügung. Diese können zudem in den Abmessungsgrenzen der Bauhöhe von 500 bis 1000 Millimeter frei konfiguriert werden. www.berlinerluft.de

Die benutzerfreundliche Plug-and-Play-Anbindung ermöglicht eine unkomplizierte Installation: RadioDuct Field Application Module FAM-RD. Foto: Trox



Raum- und Zonenregelung im Bestand

Mit dem RadioDuct-Funksystem hat Trox eine Lösung auf den Markt gebracht, die es ermöglicht, vorhandene Lüftungsleitungen als Funkstrecke zur Datenübertragung zu nutzen. Dadurch können Überwachungssysteme wie X-Aircontrol auch in Bestandsbauten ohne aufwendige Umbauarbeiten und zusätzlich hohe Kosten eingesetzt werden. Das Prinzip: Die Hohlleiter-eigenschaft der Luftleitungen ermöglicht durch Bündelung und Reflexion der elektromagnetischen Wellen sehr viel höhere Reichweiten als es durch Gebäudeteile sonst möglich wäre. Das Funksignal überbrückt so große Distanzen und kann selbst dort eingesetzt werden, wo Kabelverbindungen unmöglich oder nicht wirtschaftlich sind. Dank RadioDuct entsteht eine durchgängige Funkstrecke ohne Störeinflüsse zwischen X-Aircontrol Zonenmodulen und Zonenmaster. www.trox.de

Schnelle Wärme für selten genutzte Räume

Mit der IRM Infrarot-Metallheizung hat Dimplex einen Wärmeezeuger für nicht permanent zu beheizende Räumlichkeiten vorgestellt. Die Wärmewellenheizung ist in vier Heizleistungsstufen mit 320, 650, 800 oder 1000 W erhältlich. Steuern kann man die 24 mm tiefen Geräte mit dem Raumtemperaturregler DTB-2R, der alle Anforderungen der EU-Verordnung zur Raumtemperaturkontrolle von elektrischen Einzelraumheizgeräten erfüllt. In Verbindung mit dem Smart Climate System, dem Smart Home System für Elektroheizungen von Dimplex, eröffnen sich mit dem DTB-2R vielfältige Steuerungsoptionen. Eine 20 mm starke Isoliermatte in der Rückseite des Geräts sorgt zudem dafür, dass die Wärme zielgerichtet nach vorne abgegeben wird. Der Stromanschluss erfolgt über eine vorkonfektionierte, flexible Anschlussleitung mit 1,9 Meter Länge. www.dimplex.de



Die Infrarot-Metallheizungen nutzen Strahlungswärme zur Temperierung. Foto: Dimplex

Die Wärmepumpe ZEWO Lambda EU15L verfügt über eine Heizleistung von 4,5 bis 17 kW. Foto: Zewotherm



WP für hohe Heizleistung

Wo bisher zwei Wärmepumpen als Kaskade im Einfamilienhaus benötigt wurden, kann jetzt die „ZEWO Lambda EU15L“ als Einzellösung ausreichend sein: Die vollmodulierende Luft/Wasser-Wärmepumpe mit einer Heizleistung von 4,5-17 kW arbeitet bei Vorlauftemperaturen bis 70 °C ohne Zusatzheizung. Dank einer neuartigen Prozessführung, dem sogenannten „3K-Prozess“, erreicht das Gerät sehr gute Leistungsdaten. So liegt der SCOP bei über 5,7 (COP bei A7/W35 > 5). Die Pumpe in Monoblock-Ausführung nutzt das natürliche Kältemittel Propan (R290) und ist mit einem Schallleistungspegel von 46 db(A) gemäß EN 12102 sehr leise. Mit der neuen Wärmepumpe ergänzt Zewotherm sein bestehendes Sortiment (EU08L mit 2-10 kW und EU13L mit 3-15 kW Heizleistung). www.zewotherm.com

YKEA-Serie ergänzt

Bereits seit über 20 Jahren bietet Panasonic Heating & Cooling Solutions spezialisierte Klimasysteme für die Kühlung von EDV-Räumen an. Die YKEA-Serie wurde nun mit einer neuen Generation von Fernbedienungen bestückt. Darüber hinaus verfügen die Innengeräte über integriertes Wi-Fi, was eine Überwachung via Smartphone und Tablet ermöglicht. Eine Redundanzschaltung garantiert höchste Sicherheitsstandards: Fällt ein Innengerät aus, übernimmt das zweite Gerät und hält bis zur Reparatur die Raumtemperatur aufrecht. Um die zwei dafür benötigten Innengeräte gleichmäßig zu belasten, sorgt der „Duty Rotation Mode“ dafür, dass beide Inneneinheiten in einstellbaren Intervallen abwechselnd den Serverraum kühlen. Die Innen- und Außengeräte sind in fünf Leistungsklassen von 2,5 kW bis 7,1 kW erhältlich. www.aircon.panasonic.de



Die Serverraumkühlung wurde mit neuen Fernbedienungen ausgestattet.
Foto: Panasonic



Die Neu-Entwicklung erreicht mit zwei Silent- und Super-Silent-Betriebsmodi die nach Herstellerangaben aktuell besten Geräuschwerte in dieser Leistungsklasse. *Foto: Clivet GmbH*

Kompakte Wärmepumpe

Clivet hat mit der Edge EVO 2.0-EXC eine Luft/Wasser-Wärmepumpe für die Außenaufstellung im Programm, die in elf Größen (von 4 kW bis 30 kW) erhältlich ist. Eine wichtige Neuerung sind die kompakten Abmessungen. Von 4 bis 16 kW sind alle Geräte mit nur einem Ventilator ausgestattet, um Aufstellfläche zu sparen. Trotz des minimalen Platzbedarfs erreichen die verbesserten Wirkungsgrade die Klassen A+++ und A++ beim Heizen mit niedrigen Temperaturen (35 °C Wasservorlauf) und die Klassen A++ und A+ bei mittleren Temperaturen (55 °C Wasservorlauf). Im Kühl-Modus erreichen die Geräte SEER-Werte von bis zu 5,98. www.clivet.com

R290-Wärmepumpe

Swegon hat sein Angebot an Propan-Wärmepumpen erweitert: Die BlueBox „Geyser SKY R0“ deckt den Leistungsbereich 20 bis 30 kW ab. Die Anlage ist in der Sanierung dank hoher Systemtemperatur (bis 78 °C) und vieler Optionen flexibel einsetzbar, durch den hohen SCOP und die mögliche Kombination mit einem RLT-Gerät besonders effizient und aufgrund der geringen Stellfläche sehr kompakt. Optional sind ein Hydraulikmodul und ein 180 l Pufferspeicher bereits im Maschinengehäuse integriert. Speziell für dicht besiedelte Gebiete oder hohe Komfortansprüche liefert Swegon die Anlage als besonders leise Ausführung mit einem Schalldruckpegel < 50 dB(A). www.swegon.com



Bei verschiedenen Wärmeverteilungssystemen können zwei Heizkreise realisiert werden. Das notwendige 3-Wege-Ventil wird je nach Bedarf intern oder extern ausgeführt.
Foto: Swegon



Für die Compact-Line-Baureihe ist ein umfangreiches Zubehörsortiment (Solarpanel, CO₂-Sensoren, VAV-Set) erhältlich.
Foto: Systemair

Flexibles Lüftungsgerät

Mit dem Lüftungsgerät „Compact-Line“ hat Systemair eine Lösung im Programm, die als Indoor- oder Outdoor-Variante sowie in vertikaler oder horizontaler Ausführung angeboten wird. Das vorkonfigurierte Gerät bietet zudem eine Vielzahl an Möglichkeiten, sich individuell an die Anforderungen des Einsatzortes anzupassen. Die Baureihe ist in fünf Baugrößen für Luftmengen von bis zu 8000 m³/h erhältlich. Durch die Kombination von Wärmerückgewinnung mit einem optionalem Umluftbetrieb und weiteren Demandcontrol-Optionen (bedarfsgerechte Regelung) gewährleistet die Compact-Line das maximale Energieeinsparpotenzial, so der Hersteller. www.systemair.de

Vergütung einer auftragslos erbrachten Leistung

Grundsätzlich erhält der Auftragnehmer keine Vergütung, wenn er eigenmächtig vom Vertrag abweicht oder über den Vertrag hinaus Leistungen erbringt (Paragraf 2 Absatz 8 Nr. 1 Satz 1 VOB/B). Ausnahmsweise kann ein Anspruch jedoch berechtigt sein.

Das Oberlandesgericht Köln (Beschluss vom 27.5.2021 – 16 U 192/20) hatte über einen Fall zu entscheiden, der ungewöhnliche Leistungen zum Gegenstand hatte, aber verallgemeinerungsfähig ist: Die Beklagte hatte den Kläger auf der Basis der VOB/B mit Baumpflegearbeiten (Kronenpflege) beauftragt. Die Leistung ist erbracht und abgenommen worden. Der Kläger macht einen Nachtrag für Leistungen der Kronenauslichtung geltend. Ein Mitarbeiter der Beklagten habe die Auslichtung mit den Worten „Ich muss von unten die Kronenspitze sehen können, und alle Äste dazwischen müssen raus“ zusätzlich beauftragt. Da die Beklagte den Nachtrag nicht vergüten will, klagt der Kläger diesen Betrag ein.

Das OLG Köln hat entschieden, dass dem Kläger keine Vergütung für die Nachtragsleistung zustehe. Das OLG kommt durch Auslegung des Vertrages zu dem Ergebnis, dass die angeblichen Zusatzleistungen bereits vom vereinbarten Leistungssoll umfasst gewesen seien. Das Gericht setzt sich aber ergänzend mit der Frage auseinander, ob ein Vergütungsanspruch bestünde, wenn es sich tatsächlich um eine zusätzliche Leistung gehandelt habe.

Der Anspruch auf Zusatzvergütung setzt grundsätzlich eine Anordnung des Auftraggebers voraus. Das Gericht legt die Erklärung des Mitarbeiters der Beklagten aus und meint nachvollziehbar, aus dieser Aussage könne schon dem Wortlaut nach kein Auftrag über zusätzliche Leistungen abgeleitet werden. Vielmehr ergebe sich daraus, dass der Mitarbeiter die bisherigen Leistungen des Klägers als mangelhaft ansehe und ihn auffordere, diese Mängel zu beseitigen.

Zudem scheitert eine Beauftragung durch den Mitarbeiter daran, dass er nicht bevollmächtigt sei, Zusatzleistungen zu beauftragen. Der Kläger meint, er habe von einer Bevollmächtigung ausgehen dürfen, da der Mitarbeiter von Anfang an als Bauleiter aufgetreten sei und Mängel gerügt und Nachbesserungsarbeiten überwacht habe. Daraus ergibt sich jedoch, wie das Gericht darlegt, nur eine Vollmacht für Handlungen, die zur technischen Abwicklung des Vertrages erforderlich sind. Entsprechendes gilt auch für einen externen Ingenieur als Objektüberwacher: Dieser ist regelmäßig nicht bevollmächtigt, Leistungsänderungen und Zusatzleistungen anzuordnen.

Nach Paragraf 2 Absatz 8 Nr. 2 Abs. 1 VOB/B kann der Auftragnehmer für eine auftragslos erbrachte Leistung eine Vergütung beanspruchen, wenn der Auftraggeber die Leistung nachträglich anerkannt hat. Der Kläger sieht in der erfolgten Abnahme ein solches Anerkenntnis. Das Gericht bewertet das anders: Die bloße Hinnahme der Leistung, ohne nach deren Beendigung dagegen zu protestieren, stelle kein Anerkenntnis dar. Im Einzelfall kann eine Abnahme durchaus als Anerkenntnis zu werten sein. Voraussetzung ist aber, dass dem Auftraggeber zum Zeitpunkt

der Abnahme überhaupt bewusst ist, dass der Auftragnehmer vom Vertrag abweichende oder darüber hinausgehende Leistungen erbracht hat. Das war hier nicht der Fall. Anders kann es sich verhalten, wenn der Auftragnehmer spätestens bei der Abnahme ausdrücklich auf die abweichend vom Vertrag oder darüber hinausgehend ausgeführte Leistung hinweist. Auch die Tatsache, dass zusätzliche Leistungen im Abnahmeprotokoll ausdrücklich aufgeführt werden und die Mängelliste Mängel aus diesen Zusatzleistungen enthält, kann ein Anerkenntnis darstellen.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass auch ein gemeinsames Aufmaß kein Anerkenntnis einer nicht beauftragten Leistung darstellt (wobei es zudem auch regelmäßig an der Vollmacht des Mitarbeiters/Objektüberwaches fehlt). Ebenso liegt in der Leistung einer Abschlagszahlung aufgrund von deren vorläufiger Natur regelmäßig kein Anerkenntnis, dass die bezahlten Leistungen vergütungspflichtig sind (vergleiche auch HLH 07-08/2021).

Nicht selten lässt sich ein Vergütungsanspruch für nicht vereinbarte Leistungen aus Paragraf 2 Absatz 8 Nr. 2 Satz 2 VOB/B ableiten. Die Regelung ist dem Institut der Geschäftsführung ohne Auftrag im BGB nachgebildet. Wenn ein Auftragnehmer eigenmächtig vom Vertrag abweicht, diese Abweichung aber notwendig ist, um das vereinbarte Leistungsziel zu erreichen, und dem mutmaßlichen Willen des Auftraggebers entspricht, besteht ein Vergütungsanspruch. Diese Regelung geht davon aus, dass der Auftraggeber, obwohl er die geänderte oder zusätzliche Leistung nicht gefordert hat, dennoch eine Vergütung leisten muss, wenn die Leistung anders nicht mangelfrei hätte ausgeführt werden können, und er, wenn er darüber informiert worden wäre, ebenso entschieden hätte.

Im vorliegenden Fall scheiterte ein Anspruch des Klägers nach dieser Regelung daran, dass er nach seinem eigenen Vortrag eine weitere Auslichtung der Kronen nicht für erforderlich gehalten und die Leistung nur ausgeführt hat, weil der Mitarbeiter des Auftraggebers die behauptete Äußerung getätigt habe. Mangels Notwendigkeit der Leistung kann der Kläger keine Vergütung beanspruchen. ■



Dr. Reinhard Voppel

Rechtsanwaltskanzlei
Osenbrück, Bubert, Kirsten, Voppel, Köln
www.obkv-rechtsanwaelte.de

Foto: Foto Stephan Behrla/Nöhrbaß GbR

Alle
auch als
E-Paper



10 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 528,95 EUR
E-Paper-Abo: 441,30 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 361,70 EUR
E-Paper-Abo: 299,60 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 477,20 EUR
E-Paper-Abo: 389,80 EUR



9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 257,60 EUR
E-Paper-Abo: 208,80 EUR



9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 563,40 EUR
E-Paper-Abo: 471,50 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 280,40 EUR
E-Paper-Abo: 230,60 EUR

**Die erste Adresse
für Technikwissen:
VDI Fachmedien**



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 216,50 EUR
E-Paper-Abo: 174,80 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 285,80 EUR
E-Paper-Abo: 234,40 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 158,20 EUR
E-Paper-Abo: 124,70 EUR



9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 306,00 EUR
E-Paper-Abo: 250,40 EUR

Die VDI Fachmedien bieten Ihnen eine breite Palette renommierter Fachzeitschriften aus den Bereichen **Bau, Konstruktion/Produktion, Logistik, Energie und Umwelt**. In direkter Anbindung an den VDI, das größte technisch-wissenschaftliche Netzwerk für Ingenieur*innen Deutschlands. Unsere Autor*innen berichten über Innovationen und Hintergrundwissen in ihrem jeweiligen Fachgebiet. Und das jederzeit praxisorientiert, ohne den wissenschaftlichen Background aus dem Blick zu verlieren.



Technikwissen für Ingenieur*innen - jetzt auswählen und bestellen:

T +49 6123 9238-202

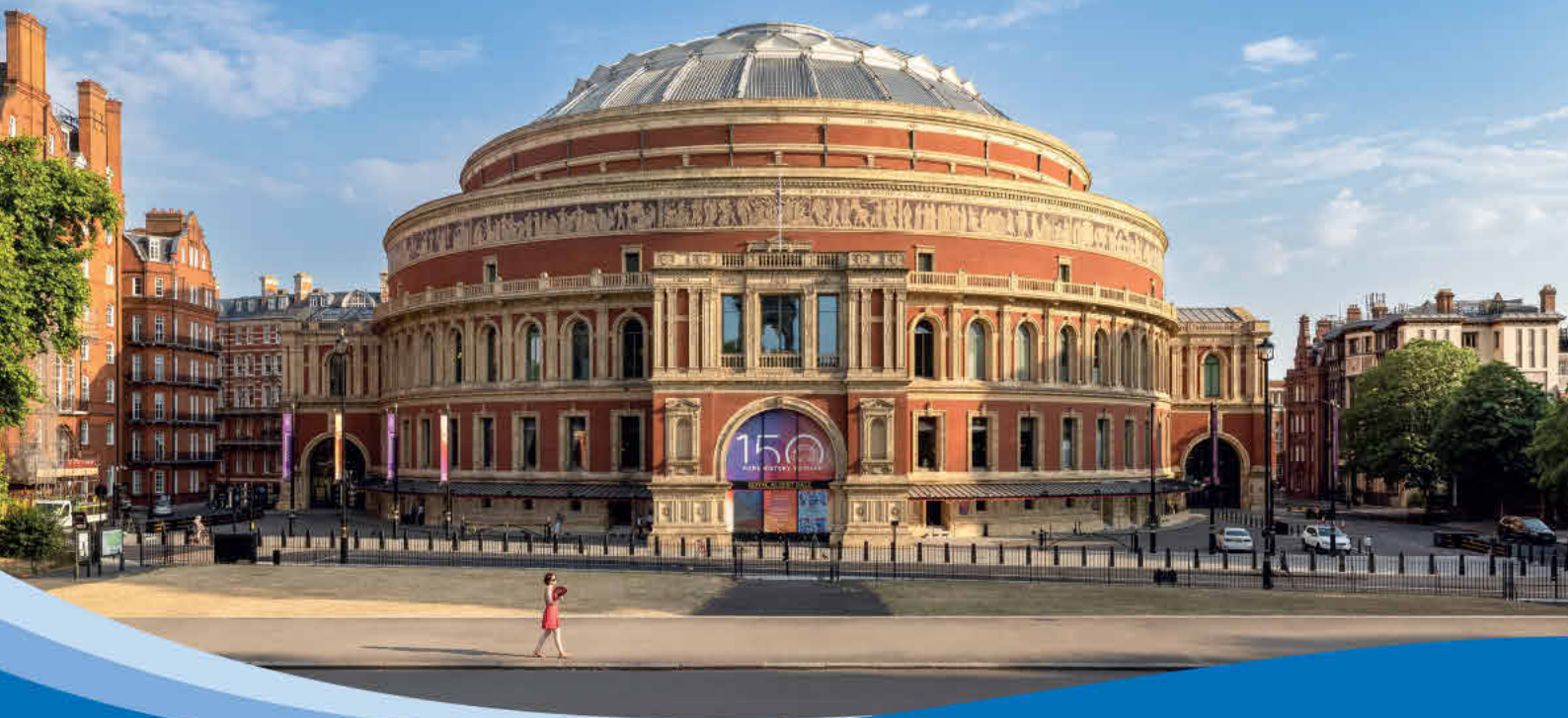
E vdi-fachmedien@vuservice.de

vdi-fachmedien.de

Inlandsbruttopreise – Ausland auf Anfrage

**HLH**

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich
für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



ROYAL ALBERT HALL, LONDON

mit hygienischer Luftbefeuchtung durch
Dampf-Luftbefeuchter von Condair

Die Royal Albert Hall ist das wohl bekannteste Konzertgebäude Großbritanniens und begeistert jährlich etwa 2 Millionen Gäste mit einem akustischen Kulturgenuss von Rock bis Klassik. Unter anderem finden hier die berühmten „Proms“, die traditionellen Sommerkonzerte, statt. Das Gebäude ist einem antiken Amphitheater nachempfunden und durch den markanten Kuppelbau auch gleichzeitig ein Zeugnis viktorianischer Architektur. Im Inneren finden 8.400 Besucher Platz, von denen 1.300 Plätze festen Besitzern gehören, die bei Veranstaltungen aber größtenteils der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden.

Eine gesunde und behagliche Luftfeuchte für die Künstler und Besucher gewährleisten Widerstands-Dampf-Luftbefeuchter von Condair.



Condair GmbH
Parking 3, 85748 Garching
Tel. +49 89 20 70 08-0
www.condair.de

Luftbefeuchtung, Entfeuchtung
und Verdunstungskühlung

**condair**