

Deutsches  
**Ingenieurblatt**

9-2022 September  
€ 15,-





# Jobware, da hab' ich den Job her!

[jobware.de](http://jobware.de)

Kooperationspartner vom  
Deutschen Ingenieurblatt

 **Jobware**



## Liebe Leserinnen und Leser,

Das Neun-Euro-Ticket holte die Menschen auf die Schiene, die Bundesingenieurkammer zeichnet eine Stadtbahnbrücke mit dem Deutschen Ingenieurbaupreis aus, wer es irgendwie möglich machen konnte, ließ in diesem Frühjahr und Sommer sein Auto stehen und stieg aufs Fahrrad, in die Öffentlichen Verkehrsmittel – oder ging ganz banal zu Fuß.

Mobilität und Verkehr sind Zukunftsthemen, die uns konsequent begleiten und Potential für leidenschaftliche Diskussionen bieten. Nur schwer gewöhnen sich viele Mitmenschen an den Gedanken, den PKW, ihr liebgewonnenes und bequemes Fortbewegungsmittel, aus einer Vielzahl an Gründen stehen zu lassen. Oder sogar ganz aufzugeben.

Nun lässt sich der Verzicht auf ein Auto innerstädtisch oder in stadtnahen Quartieren noch leicht durch ein breit aufgestelltes Mobilitätsangebot realisieren. Alternativen, wie ein gut ausgebautes Fahrradwegenetz, engmaschige Verkehrsmittelangebote wie S-, U- und Straßenbahnen oder Busse sowie Carsharing- und Fahrdienst-Angebote sind niedrigschwellige Möglichkeiten, um – wenn schon nicht aus Gründen des Klimaschutzes – den Geldbeutel zu schonen oder auch etwas für seine Gesundheit und Beweglichkeit zu tun.

In Zeiten von Lieferdiensten und dem Glück der kurzen Wege für die wichtigsten Besorgungen oder Dienstleistungen in zahlreichen Stadtvierteln (mit eingeschränkten Parkmöglichkeiten) mutet es schon beinahe grotesk an, wenn jemand sein Auto noch als schützenswerten Luxus betrachtet und gerne abends dreißig Minuten nach einer Parklücke sucht, nur um die Einkäufe dann doch vier Blocks nach Hause zu schleppen ...

Mobilität ist für den modernen Menschen ein hohes Gut, das ist unbestritten. Und was für den einen nur noch eine Frage der Einstellung ist, stellt für den anderen eine Notwendigkeit dar. Der Traum vom autofreien Alltag lässt sich erst dann konsequent umsetzen, wenn auch in ländlichen Regionen oder für Personen, für die ein eigenes Auto zu echter Verbesserung der Lebensqualität beiträgt, andere gleichwertige Mittel der Fortbewegung zur Wahl stehen. Oder zumindest der Verbrenner durch ein elektrisch betriebenes Fahrzeug gerne und ohne Einbußen ersetzt werden kann.

So aufgeregt der Dialog über weniger Individualverkehr momentan auch geführt wird, so sehr Partikularinteressen durchgedrückt werden wollen oder Schnellschüsse als Lösungen verkauft werden – wir haben noch lange nicht alles zu Ende gedacht. In einem Zeitalter sich ständig selbst überholender Trends, voller Forschergeist und einer großen Begeisterung für „Visionen“, sollten „mehr Schienen und Straßen“, immer neue E-Auto-Varianten und ein zaghaftes Ausweiten des öffentlichen Verkehrsnetzes nicht der Weisheit letzter Schluss sein.

Da geht sicherlich noch mehr und es bleibt spannend, welche grandiosen Ideen in einigen Jahrzehnten unser – hoffentlich auch dem Ökosystem zu Gute kommendes – Mobilitätsverhalten prägen werden. Ingenieurinnen und Ingenieure vieler Fachrichtungen, Experten zahlreicher weiterer Berufsgruppen, die sich den Themen Bau, Mobilität, Infrastruktur und Lebensqualität verschrieben haben, arbeiten daran, den Erhalt unserer Mobilität effizient und nachhaltig darzustellen. Dass dabei gelegentlich Wege eingeschlagen werden, die in eine Sackgasse führen, gehört zu jeder guten Entwicklung dazu. Und das Wichtigste ist – wie so häufig – die Bereitschaft aller, offen für neue Lösungsansätze zu sein. Das ist der Boden, auf dem Weiterentwicklung gedeihen kann. ◀

Susanne Scherf

**3 Editorial**  
| Susanne Scherf

**6 Magazin**

> **TECHNIK**

**12 Aufbaukomposition für vielfältige Zwecke**  
Holzskelett mit doppeltem Boden  
| Susanne Jacob-Freitag

> **MANAGEMENT**

**16 Ökologischer Nutzen und räumlicher Mehrwert**  
Verkehrsbausteine in der Kernstadt Neu-Isenburg  
| Adrian Bienkowski, Lars Wolfarth

**22 Gewaltige gesellschaftliche, soziale und wirtschaftliche Umwälzungen**  
Unsere Daten neu denken  
| Heino Rudolf

> **RECHT**

**28 Partnerschaftliche, agile Projektsteuerungsverträge als Ziel**  
Infrastrukturprojekte und andere Großprojekte  
| Ursula von Minckwitz, Alexander Kammerl

> **NORMUNG**

**33 Das Abrutschen von Dachschnee auf eine horizontale Ebene**  
Modelle – Fallunterscheidung – Grenzen  
| Ina Pertermann, Wolfgang Schwind

> **KLIMA**

**42 Nachhaltige Fassaden: Verringerung von Treibhausgas-Emissionen in der Gebäudehülle**  
Die Klimakrise – Transformation der gebauten Umfeld  
| Daniel Pfanner, Laura Schuff, Dima Othmann, Julian Länge

> **ENERGIE**

**47 Von der Nische zum Massenmarkt**  
Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV)  
| Marc Everling

**51 Ein Museum heizt ein Energiefabrik Knappenrode**  
| Sven Mahlitz

> **NACHRUF**

**54 Werner Meihorst – ein Vorbild und Pionier ist gegangen**  
Nachruf von zwei jahrzehntelangen Wegbegleitern  
| Victor Rizkallah, Hans-Ullrich Kammeyer

> **OBJEKTE**

**56 Effiziente Schal- und Rüstlösung**  
Ausbau der Rheintalbahn  
| Dietmar Haucke

**58 Zukunftsorientiertes Bürokonzept für die IB.SH**  
Integration von Funk-Raumbediengeräten  
| Stefan Mueller

**59 Produkte**

**62 Impressum**

D/B Titelbild: Natalya Vyshechko/AdobeStock

INHALT



bauplaner ab Seite 63

**3** Vogelschutzglas im Großformat

**4** Raus aus der Grauzone

**6** Wie Balkonverglasungen die Umwelt schützen

**8** Transluzente Lichtbauelemente aus Polycarbonat

**10** Holzbalkendecke im fast 500-jährigen Wasserschloss saniert

**12** Erlebnisreich wohnen

**14** Facettenreiche Glashülle im Dienst der höchsten Gebäudesicherheit

**16** Dämmstoffplatten mit tragender Rolle

## LÄNDERKAMMERN

- 86 Baden-Württemberg
- 98 Bayern
- 110 Berlin
- 114 Brandenburg
- 120 Bremen
- 126 Hamburg
- 132 Hessen
- 144 Mecklenburg-Vorpommern
- 152 Niedersachsen
- 160 Nord-Rhein-Westfalen
- 180 Rheinland-Pfalz
- 186 Saarland
- 192 Sachsen
- 198 Sachsen-Anhalt
- 206 Schleswig-Holstein
- 212 Thüringen



Hier finden Sie die Kontaktmöglichkeiten der Ingenieurkammern der einzelnen Bundesländer:

<https://bingk.de/ueber-uns/mitglieder/>

## Markenqualität für den Industrie- und Gewerbebau



- Objektüren für alle Brandschutzanforderungen



- NEU: Sektionaltore mit schneller Toröffnung von bis zu 1 m/s\*



- Architektenprogramm mit Ausschreibungstexten, Zeichnungen und BIM-Daten

\* mit Antrieb WA 500 FU und Steuerung 560

**HÖRMANN**  
Tore • Türen • Zargen • Antriebe

Auf ein Wort!

## Liebe Ingenieurinnen, liebe Ingenieure,

gut ein Jahr ist es her, dass im Ahrtal und in weiteren Gebieten in Deutschland ein fürchterliches Unwetter buchstäblich alles hinwegspülte – auch das, was bis dahin niet- und nagelfest schien. Aber nicht nur Häuser, Brücken und ein großer Teil der Infrastruktur kamen zu Schaden. Auch Menschen mussten tragischerweise ihr Leben lassen. Das hat mich tief getroffen und wir alle werden sehr wahrscheinlich die Bilder dieser Tage nicht vergessen. Umso größer war die Hilfsbereitschaft nach der Katastrophe. Auch viele von Ihnen sowie meine Kolleginnen und Kollegen der Länderingenieurkammern haben sofort mit angepackt und standen mit Rat und Tat zur Seite. Seitdem wurde viel diskutiert und überlegt, was getan werden kann, um Städte und Gemeinden klimaresilienter zu machen. Umso unverständlicher ist es, dass zum Teil wieder an denselben Stellen in gleicher Bauweise neue Häuser entstehen oder alte wieder aufgebaut werden. Man sollte doch denken, wir alle hätten dazugelernt und wüssten, dass es ganz dringend an der Zeit ist, umzusteuern. Auch in diesem Jahr gab es erneut Starkregenfälle und große Hitzewellen mit zum Teil verheerenden Waldbränden – und das nicht nur in Frankreich, Italien und Spanien. In man-

chen deutschen Städten herrschten zuweilen knapp 40 Grad. Daher möchte ich auch an dieser Stelle noch einmal auf das Bundesprogramm „Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel“ hinweisen, das der Haushaltsausschuss des Bundestags gerade erst um 176 Millionen Euro aufgestockt hat. Städte und Gemeinden sind aufgerufen, bis zum 15. Oktober 2022 geeignete Projekte einzureichen. Und auch wir, insbesondere Ingenieurinnen und Ingenieure, sind gefragt. Denn es geht um nichts weniger als unsere Zukunft und die unserer Kinder und Enkelkinder. Lassen Sie uns unseren Teil dazu beitragen. Natürlich ist das nicht einfach. Rohstoffe werden immer teurer oder sind gar nicht verfügbar. Und auch die kurzfristige Änderung bei der Förderung für effiziente Gebäude und die damit verbundenen Kürzungen von Fördermaßnahmen haben zu großer Verunsicherung beim Berufsstand geführt. Hier brauchen wir zwingend vernünftige und verlässliche Rahmenbedingungen von der Politik. Diese einzufordern, nehme ich sehr ernst, und verspreche Ihnen, dass die Bundesingenieurkammer sich weiterhin mit Hochdruck dafür einsetzen wird. Aber dennoch können wir alle etwas beitragen. Gerade erst haben wir die Nibelungenbrücke mit dem Titel



Samuel Becker

„Historisches Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst in Deutschland“ ausgezeichnet. Sie war die erste Brücke überhaupt, die im sogenannten Freivorbauverfahren entstanden ist und hat damit Maßstäbe gesetzt und das Bauen von Spannbetonbrücken weltweit revolutioniert. Entstanden ist die Nibelungenbrücke in wirtschaftlich schwierigen Zeiten. Damals ging es darum, neue Wege zu gehen, um der vorherrschenden Stahlknappheit zu trotzen. Das ist hervorragend gelungen und zeigt einmal mehr, was Ingenieurinnen und Ingenieure in der Lage sind zu meistern, und dass sie einen wesentlichen Anteil nicht nur an der Gestaltung der baulichen Umwelt haben, sondern auch an der Gestaltung der Zukunft. In diesem Sinn: Lassen Sie uns die Ärmel hochkrempeln!

Ihr Dr.-Ing. Heinrich Bökamp

## Bundesingenieurkammer zur Förderung für effiziente Gebäude (BEG)

### Kurzfristige Änderung ist nicht zielführend!

Die Bundesingenieurkammer hat in einer Pressemitteilung die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) vorgelegte Reform zur Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) kritisiert.

„Um die Sanierungsquote zu erhöhen und die von der Bundesregierung gesteckten Klimaziele zu erreichen, ist eine Absenkung der Fördersätze und die Streichung einzelner Förderprogramme absolut kontraproduktiv“, kommentierte der Präsident der Bundesingenieurkammer, Dr.-Ing. Heinrich Bökamp, die Entscheidung. Es sei zu erwarten, dass sich Bauvorhaben verzögern oder diese nicht wie geplant umgesetzt würden. „Ingenieurinnen und Ingenieure sind ein relevanter Motor für die Gebäude-

sanierung und die Erreichung der damit verbundenen Klimaschutzziele. Mit der kurzfristigen Änderung der Förderung energetischer Gebäudesanierung geht jedoch jede Planungssicherheit verloren. Daher hätten wir uns statt einer scheinweisen Reform der BEG, die Bauherren und Planer verunsichert, eine einheitliche Reform gewünscht, wie sie ursprünglich zum 1. Januar 2023 angekündigt war“, so der Präsident der Bundesingenieurkammer.

Die Bundesregierung hat die Bundesförderung für effiziente Gebäude neu aufgestellt. Eine entsprechende Reform hat das BMWK nach Abstimmung mit den betroffenen Ressorts der Bundesregierung am 26. Juli 2022 vorgelegt. Der Schwerpunkt der Förderung liegt auf der energetischen Sanie-

rung des Gebäudebestands. Die Neubauförderung wird in einem weiteren, späteren Schritt vom Bundesbauministerium in enger Abstimmung mit dem Bundeswirtschaftsministerium für das Jahr 2023 umgestaltet. Bis zur Neukonzipierung der Neubauförderung läuft das Programm EH 40 NH bis Jahresende weiter. Die Fördersätze wurden jedoch um 5 bis 10 Prozentpunkte abgesenkt. Lediglich für Anträge, die bis einschließlich 27. Juli 2022 (24.00 Uhr) bei der KfW eingegangen, gelten die alten Förderkonditionen. Änderungen, die Einzelmaßnahmen bei der Sanierung beim BAFA betreffen (u. a. Heizungen, Gebäudehülle), erfolgten mit einer Übergangsfrist zum 15. August 2022.

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

## Deutscher Ingenieurbaupreis 2022

### Jury kürt Stadtbahnbrücke in Stuttgart-Degerloch

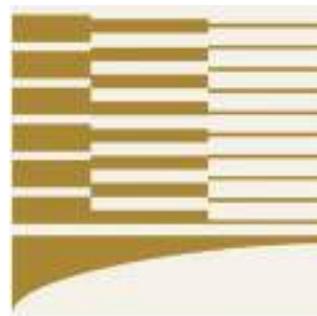
Die Stadtbahnbrücke in Stuttgart-Degerloch wird mit dem Deutschen Ingenieurbaupreis 2022 ausgezeichnet. Das haben das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen und die Bundesingenieurkammer in einer gemeinsamen Pressemitteilung mitgeteilt.

Im Juli 2022 wählten die Jurorinnen und Juroren unter Vorsitz von Prof. Dr.-Ing. Jan Akkermann das im Dezember 2021 fertiggestellte Siegerprojekt aus. Die Konzeptidee stammt vom Büro schlaich bergermann partner, sbp aus Stuttgart. Bauherr ist die SSB Stuttgarter Straßenbahnen AG. Der Deutsche Ingenieurbaupreis ist als Staatspreis der bedeutendste Preis für Bauingenieurinnen und -ingenieure in Deutschland.

„Die Baukunst deutscher Ingenieurinnen und Ingenieure hat in Deutschland eine lange Tradition, sie ist bekannt für ihre Innovationskraft und ihren Erfindungsreichtum. Dafür stehen auch die diesjährigen Preisträger. Sie werden für herausragende Projekte gewürdigt, in denen sie ihre Profession mit den Themen Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Innovation verknüpft haben“, erklärte Bundesbauministerin Klara Geywitz. „So zeichnet sich das Siegerprojekt, die Stadtbahnbrücke in Stuttgart-Degerloch, durch eine ideenreiche Konstruktion aus, die den öffentlichen Nahverkehr in einer Großstadt stärkt. Und

auch die anderen Preisträger sind Leuchttürme: Ein Berliner Ingenieurbüro hat für ein Fahrradparkhaus in Eberswalde den ökologischen Rohstoff Holz eingesetzt. Von diesen Projekten brauchen wir in Deutschland mehr. Wenn wir den Klimaschutz stärken und die Energiewende vorantreiben wollen, müssen wir auf nachwachsende Rohstoffe und nachhaltige Mobilität setzen. Mit dem Deutschen Ingenieurbaupreis tragen wir dazu bei, die herausragenden Leistungen des Berufsstands sichtbar zu machen, und zeigen, dass Klimaschutz und Ingenieurbaupreis Hand in Hand gehen.“

Prof. Dr.-Ing. Helmut Schmeitzner, Vorstandsmitglied der Bundesingenieurkammer, lobte die „beeindruckenden Ingenieurprojekte, die von Planern verschiedener Disziplinen ins Rennen um den Deutschen Ingenieurbaupreis geschickt wurden.“ Die Stadtbahnbrücke Stuttgart-Degerloch nennt er eine elegante Netzbogenbrücke, die durch den innovativen Einsatz von Carbonseilen möglich gemacht wurde. „Darüber hi-



DEUTSCHER  
INGENIEURBAUPREIS  
2022

naus war es uns wichtig, auch Projekte mit einer Auszeichnung zu würdigen, bei denen herausragende Ingenieurleistungen in den Dienst der Bestandserhaltung gestellt wurden oder die in anderer Weise den Nachhaltigkeitsgedanken fördern“, so Schmeitzner.

Die Juroren befanden, dass „die Netzbogenbrücke mit kohlefaserverstärkten Kunststoffseilen mit Carbon-Hängern als In-

novation weltweit ein überaus gelungenes Beispiel für die Ingenieurbaupreis 2022 ist und prägende Antworten auf aktuelle Fragestellungen im Bauwesen gibt.“

Es wurden neben dem Siegerpreis auch drei Auszeichnungen mit jeweils 5.000 Euro Preisgeld sowie eine Anerkennung mit je 3.000 Euro vergeben.

Der Deutsche Ingenieurbaupreis wurde bereits zum vierten Mal in gemeinsamer Trägerschaft des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen und der Bundesingenieurkammer ausgelobt. Der Preis wird im Zweijahresrhythmus verliehen. Das Wettbewerbsverfahren wurde vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung durchgeführt.

Die feierliche Verleihung des Preises findet am 28. November 2022 in Köln statt.

Der Jury zum Deutschen Ingenieurbaupreis 2022 gehörten an:

Prof. Dr.-Ing. Jan Akkermann, Stuttgart (Vorsitz)

Prof. Dr.-Ing. Stephan Engelsmann, Stuttgart

Dr.-Ing. Christine Lemaitre, Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Martin Mertens, Kevelaer

Prof. Dr.-Ing. Helmut Schmeitzner, Berlin

Dirk Scheinemann, AL BW im BMWWSB

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



sbp/Andreas Schumbel

Der Deutsche Ingenieurbaupreis 2022 wird an das Projekt Stadtbahnbrücke Stuttgart Degerloch verliehen. Ingenieurbüro ist schlaich bergermann partner, sbp Stuttgart, der Bauherr ist SSB Stuttgarter Straßenbahnen AG.

## Neues aus der Normung

## Energieeinsparung durch flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme

Beim Heizen und Kühlen großer und kleiner Räume bieten Strahlungsheiz- und -kühlsysteme Potenzial, den Energieverbrauch zu reduzieren – sowohl in Wohn- als auch in Gewerbe- oder Industriegebäuden. In letzteren kann etwa eine moderne Deckenstrahlungsheizung zur höheren Energieeffizienz beitragen.

Für die Planung, Auslegung und Inbetriebnahme raumflächenintegrierter Heiz- und Kühlsysteme ist die Normenreihe DIN EN 1264 „Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung“ ein bewährtes Instrument. Neben der europäischen Normenreihe EN 1264, die in verschiedene nationale Normen überführt wurde, gibt es auch einen internationalen Standard, der mit der Normenreihe DIN EN ISO 11855 ebenfalls in das deutsche Normenwerk übernommen wurde. Diese Reihe ist im April 2022 in aktualisierter Fassung erschienen.

Die Reihe DIN EN ISO 11855 „Umweltgerechte Gebäudeplanung – Flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme“ ist für integrierte Flächenheizungs- und -kühlsysteme mit Wasserdurchströmung in Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäuden anwendbar. Die Verfahren gelten für in Wände, Fußboden- und Deckenkonstruktionen flächenintegrierte Systeme ohne offene Luftspalte. Flächensysteme mit offenen Luftspalten, die nicht in die Gebäudestruktur eingebunden sind, werden also nicht erfasst. Die Normenreihe ist zudem gegebenenfalls für die



Beuth-Verlag

Onlinedienst „Sammlung Planen und Bauen“  
Jahresnutzungsgebühr ab 604,00 €  
[www.planenundbauen-online.de](http://www.planenundbauen-online.de)

Verwendung von anderen Flüssigkeiten als Wasser als Heiz- und Kühlmittel anwendbar. Die Prüfung von Systemen wird hingegen nicht von DIN ISO 11855 erfasst. Die beschriebenen Verfahren gelten nicht für beheizte oder gekühlte Deckenpaneele oder Träger und Balken.

Teil 1 „Begriffe, Symbole und Behaglichkeitskriterien“ legt grundlegende Definitionen, Symbole und Komfortkriterien für Strahlungsheiz- und -kühlsysteme fest.

Teil 2 „Bestimmung der Auslegungsheiz- und Kühlleistung“ legt Verfahren und Bedingungen fest, die die Bestimmung des Wärmestroms von Flächenheiz- und -kühlsystemen mit Wasserdurchströmung bezüglich der Heiz- und Kühlmittelüberetemperatur ermöglichen. Die Bestimmung der Wärmeleistung der Flächenheiz- und -kühlsysteme sowie ihre Übereinstimmung mit

DIN EN ISO 11855-2 werden durch Berechnung nach den Planungsdokumenten und einem Modell vorgenommen. Dies soll eine einheitliche Bewertung und Berechnung ermöglichen.

Teil 3 „Planung und Auslegung“ legt ein Systemplanungs- und -auslegungsverfahren fest, durch das die Heiz- und Kühlleistung der flächenintegrierten Strahlungsheiz- und -kühlsysteme gewährleistet wird.

Teil 4 „Auslegung und Berechnung der dynamischen Heiz- und Kühlleistung für thermoaktive Bauteilsysteme“ ermöglicht zum einen die Berechnung der Spitzenkühlleistung thermoaktiver Bauteilsysteme (TABS) auf der Grundlage von Wärmeeinträgen (z. B. solare Wärmeeinträge, interne Wärmeeinträge und Lüftung) sowie zum anderen in Hinblick auf Kühlergröße, Flüssigkeitsstrom usw. die Berechnung des wasserseitigen Bedarfs an Kühlleistung, die für das System vorgesehen ist.

Teil 5 „Installation“ legt Anforderungen für die Installation flächenintegrierter Strahlungsheiz- und -kühlsysteme fest. Es werden allgemeine und einheitliche Anforderungen an die Auslegung und Konstruktion der Fußboden-, Decken- und Wandheiz- und -kühlsysteme bestimmt, um die Tauglichkeit der Systeme für ihre jeweilige Anwendung zu gewährleisten. Die in DIN EN ISO 11855-5 beschriebenen Anforderungen sind nur für jene Komponenten der Heiz- bzw. Kühlsysteme sowie für jene Elemente, die Teil der Heiz- bzw. Kühlfläche sind und im Zusammenhang mit dem Heiz- bzw. Kühlsystem installiert werden, anwendbar.

Die Normenreihe DIN EN ISO 11855 „Umweltgerechte Gebäudeplanung – Flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme“ ist – wie auch DIN EN 1264 „Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung“ – im Onlinedienst „Sammlung Planen und Bauen“ enthalten. Das Angebot umfasst mehr als 1.900 wesentliche DIN-Normen und Bauvorschriften für die Planung, Berechnung und Konstruktion von Gebäuden. Die enthaltenen PDF-Dokumente werden vierteljährlich aktualisiert. Zurückgezogene Normen stehen im historischen Pool bis zu zehn Jahre nach Zurückziehung zur Verfügung.

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

Korrektur: DIB Ausgabe 07/08

## Kopfstand eines Brückenbilds



Ansgar Pudenz

*Manchmal stehen Dinge auf dem Kopf: In der Ausgabe 07/08 des Deutschen Ingenieurblatts haben wir auf der Seite 10 über die zweifache Ehrung der CarboLight Bridge berichtet. Leider wurde das Bild versehentlich auf den Kopf gestellt abgedruckt. Hier nun noch einmal in der richtigen Perspektive die Abbildung der Brücke aus Carbonbeton und Infralichtbeton, die durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Massivbau der TU Dresden speziell für das Deutsche Museum konzipiert wurde. Die Brücke hat ihren Platz in der neu gestalteten Abteilung Brücken- und Wasserbau des Deutschen Museums eingenommen und präsentiert die Möglichkeiten der innovativen Materialkombination.*

## Hydrologische Datenbank

### Wasserressourcen nachhaltiger nutzen

Wie wirken sich Dürren auf die Umwelt aus? Welche Folgen haben Starkregen? Wie verändern sich die Wasserstände in Flüssen? Hydrologische Datensätze, also solche zu Grundwasserständen, Wasserabflussmengen oder Niederschlägen, können dabei helfen, diese und weitere Fragen rund um den Wasserhaushalt und die Auswirkungen des Klimawandels zu beantworten. Trotz eines der umfangreichsten hydro-meteorologischen Messnetzwerke weltweit liegt ein solcher einheitlicher Datensatz, „Camels“ genannt, für Deutschland bisher nicht vor. Diesen wollen Forschende des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) nun gemeinsam mit Partnern in der „Camels-DE“-Initiative erstellen. Die ersten frei verfügbaren Datensätze sollen bereits 2023 vorliegen.



Markus Breig, KIT

*Forschende bündeln Gewässerdaten, um die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt in Deutschland besser untersuchen zu können.*

Das Wissen über Wasserabflussmengen, Landnutzung, Bodeneigenschaften, Niederschläge und Temperaturen ist essenziell, um beispielsweise die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserkreislauf in Deutschland besser abschätzen zu können. Außerdem hilft es dabei, Methoden zur Vorhersage und Risikoabschätzung hydrologischer Ereignisse zu entwickeln und hydrologische Extreme wie Hochwasser und Niedrigwasserperioden besser zu bewerten. Camels-Datensätze (Camels steht für „Catchment Attributes and MEteorology for Large-sample Studies“) vereinen diese Daten und ermöglichen es, Modellierungen und Datenanalysen unterschiedlicher Landschaftsräume durchzuführen.

„Mit dem Camels-DE-Datensatz wollen wir in Deutschland länderübergreifende Analysen in der Hydrologie erleichtern“, sagt Dr. Ralf Lortz vom Institut für Wasser und Gewässerentwicklung – Bereich Hydrologie des KIT, der

gemeinsam mit Forschenden der Universität Freiburg, der Universität Kiel, des Deutschen GeoForschungsZentrums GFZ und weiteren Institutionen in Deutschland die Datenbank aufbaut. „Denn Bundesland- oder Landesgrenzen bedeuten in den Umweltnaturwissenschaften auch immer neue Zuständigkeiten und häufig nur begrenzte Datenverfügbarkeit. Dies hemmt die hydrologische Forschung.“

Die Datensätze verbinden Landschaftsmerkmale wie Landnutzung, Geologie oder Bodeneigenschaften mit hydrologischen und meteorologische Zeitreihen wie Wasserstände und Wasserabfluss sowie Niederschläge, Temperatur und Verdunstung. Sie bieten so die Möglichkeit, Modelle und Datenanalysen in einer Vielzahl heterogener Landschaftsräume miteinander zu vergleichen und hydro-meteorologische Variabilität und Veränderung in Zeit und Raum zu bewerten.

„Wir wollen in Camels-DE lange Zeitreihen von Wasserstands- und Abflussmessungen aus allen Bundesländern konsistent zusammenstellen. Mithilfe der dazugehörigen Einzugsgebietsgrenzen erzeugen wir außerdem meteorologische Zeitreihen aus frei verfügbaren Daten des Deutschen Wetterdienstes und integrieren sie in den Datensatz“, so Lortz. „Die bereits publizierten Camels-Datensätze anderer Länder dienen uns dabei als Vorlage. Für Deutschland besonders relevante weitere Attribute wie Hoch- oder Niedrigwasser wollen wir ergänzen.“

Die Forschenden planen, die ersten Datensätze im Frühjahr 2023 zu veröffentlichen. Danach streben sie eine langfristige Zusammenarbeit zwischen Forschung und Landes- sowie Bundesbehörden an, um künftig den Aufwand der Datenbeschaffung zu minimieren, die Daten in die Lehre zu integrieren, die Vernetzung von Forschungsgruppen zu stärken und den Austausch von Ergebnissen zu erleichtern.

Am KIT wird die Arbeit an der Datenbank innerhalb des Projekts „ViTamins – Invigorating Hydrological Science and Teaching: merging key Legacies with new Concepts and Paradigms“ finanziert, das im April 2022 gestartet ist. Es soll das Fach Hydrologie als Grundlage einer nachhaltigen Wasserressourcenbewirtschaftung in Zeiten des Klimawandels stärken und die Meteorologie und Klimaforschung mit der Ökologie und Bodenkunde vernetzen.

[www.kit.edu](http://www.kit.edu)

## TERMINE

### Tagung Brücken im Fokus (hybrid)

09. Dezember 2022, 09.30 bis 17.00 Uhr

Brücken stehen im Fokus – im technischen wie im öffentlichen Sinn. Sie bilden das Herzstück der Infrastruktur und werden tagtäglich genutzt. Brücken sind zu planen, zu bauen, zu erhalten, zu verstärken und nach einem Rückbau wieder neu zu erstellen. In einer eng bebauten Umwelt stehen alle Beteiligten immer wieder vor großen technischen wie auch organisatorischen Herausforderungen. Zudem besitzen die Schonung von natürlichen Ressourcen und ein klimagerechtes Planen und Bauen eine immer größer werdende Bedeutung im Brückenbau. Am 09. Dezember 2022 veranstaltet die Ingenieurakademie West die Tagung „Brücken im Fokus“. Ziel der Veranstaltung ist es, Überblick über die aktuellen strukturellen und technischen Entwicklungen im Brückenbau Deutschlands zu geben. Sie bietet zugleich Plattform und Diskussionsforum für Ingenieurinnen und Ingenieure im Brückenbau, um aktuelle Entwicklungen zu diskutieren, zu hinterfragen und sich übergreifend auszutauschen. Angesprochen sind Ingenieurinnen und Ingenieure aus den kommunalen wie den Landesverwaltungen, aus der Planung, der Prüfung, der Überwachung und der Bauausführung von Brücken. Themen sind:

- › Technische Einführung und Überblick
- › Die neue DIN 1076 zur Bauwerksprüfung
- › Bauen in der Großstadt Köln – Gesamtinstandsetzung Mülheimer Brücke
- › Brückenmasterplan Landeshauptstadt Düsseldorf – langfristige Strategien zum Brückenerhalt in dichter Bebauung
- › Strategien für die Brückenmodernisierung in Teilnetzen – Optimierung der Baureihenfolge
- › Die Autobahn in Westfalen zwischen Erhalt und Neubau
- › Das Großprojekt der Rheinquerung bei Leverkusen
- › Brückenschnellbau – Konzepte, Randbedingungen und Beispiele
- › CO<sub>2</sub>-Reduktion und Ressourchenschonung als Planungsgrundlage

Die Veranstaltung richtet sich an saSV für die Prüfung der Standsicherheit, öbuv SV auf diesem Sachgebiet, Ingenieure der Bauwerksprüfung aus Ingenieurbüros und Bauverwaltungen, qualifizierte Tragwerksplaner, Ingenieure aus Planungsbüros, Baufirmen und Behörden, die im Brückenbau als Bauherrenvertreter bzw. planend, ausführend oder prüfend tätig sind.

**Termin:** Freitag, 09. Dezember 2022, 09.30 – 17.00 Uhr

**Ort:** CCD Congress Center Düsseldorf, Eingang CCD Süd, Saal 3

**Veranstaltungs-Nr.:** 22-58100

Anmeldung online unter

[www.ingenieurakademie-west.de](http://www.ingenieurakademie-west.de)

**Anmeldeschluss:** 25.11.2022

## Kreislaufwirtschaft und Urban Mining Auf den Rohstoff kommt es an

Die Auftragsbücher sind voll und dennoch herrscht keine Feierstimmung in der Baubranche. Nach zwei schwierigen Covid-Jahren schien ein Aufatmen in greifbarer Nähe zu sein, doch die aktuelle geopolitische Lage brachte einen jähen Dämpfer. Logistikprobleme und vor allem Rohstoffmangel machen es der Baubranche schwer, dem steigenden Bedarf an Bauprojekten gerecht zu werden. Doch die aktuelle Situation bietet auch eine Chance auf Weiterentwicklung, von der die Baubranche langfristig profitieren kann.

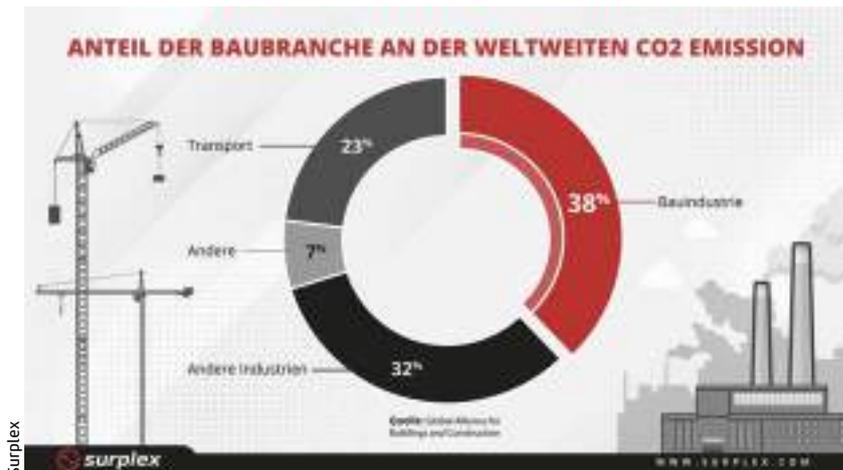
Denn die Baubranche hat nach wie vor Schwierigkeiten mit der Nachhaltigkeit. Viele Menschen versuchen in ihrem Alltag, etwas für die Umwelt zu tun, weniger Fleisch zu essen oder seltener zu fliegen. Dabei liegt es nur zu einem kleinen Teil in der Hand von Einzelpersonen, den Klimawandel aufzuhalten. Denn der größte Teil des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes erfolgt durch die Industrie. Und die Baubranche trägt dazu bei.

Die „graue Emission“ macht, laut der Organisation „World Green Building Council“, 39 % der globalen CO<sub>2</sub>-Emission aus und über die Hälfte der jährlichen Abfallmenge in Deutschland (Umwelt-Bundesamt).

Bäume werden gefällt, Böden versiegelt und so der natürliche Prozess der CO<sub>2</sub>-Speicherung und des Überflutungsschutzes zerstört. Die Baubranche muss sich revolutionieren, um gegen diese Probleme anzukämpfen und den Umweltschutz voranzutreiben.

Ein wichtiges Thema, um die Bauindustrie nachhaltiger zu gestalten, sind die verwendeten Rohstoffe und wie diese in Zukunft aussehen müssen. So arbeitet beispielsweise ein Forschungsteam in der Schweiz daran, Zement zu entwickeln, der nicht aus Kalkstein, sondern aus Magnesiumcarbonaten besteht. Dieser wird mit Wasser und CO<sub>2</sub> zu Zement verarbeitet und bindet somit mehr Kohlendioxid als er ausstößt. Auch alternative Baustoffe wie Lehm und Holz werden wieder mehr gefragt, um die Klimabilanz von Bauprojekten zu verbessern. Lehm kann Feuchtigkeit aus der Luft ziehen und speichern, Hitze langsamer absorbieren und somit Gebäude im Sommer kühl und im Winter warmhalten.

Doch um Klimaziele zu erreichen und die Bauindustrie nachhaltiger zu gestalten, sei mehr nötig als nur ein Umdenken bei neuen Rohstoffen, schreibt das Düsseldorfer Industrieauktionshaus Surplex in einer Mitteilung. Ein Trend sei das „Urban Mining“: Hierbei wird



Die Bauindustrie verursacht 38 % der globalen CO<sub>2</sub>-Emission – so viel wie keine andere Industrie.

ein Stadtgebiet als Rohstofflager angesehen, aus dem Materialien für neue Projekte gewonnen werden können. So können zum Beispiel Gebäude, die abgerissen werden sollen, systematisch zurückgebaut und Materialien wie Stein, Holz und Eisen für ein neues Projekt genutzt werden. Bei der richtigen Pflege der Gebäude sind diese Materialien gut erhalten und können somit erneut eingesetzt werden. Dieses Vorgehen drosselt einerseits den Müll bei dem Rückbau oder dem Abriss eines Gebäudes und verringert andererseits gleichzeitig die Menge an neuen Materialien, die für das nächste Projekt benötigt werden.

Um Urban Mining in Zukunft noch einfacher und effektiver zu gestalten, sollte bei Neubauten bereits darauf geachtet werden, einen späteren Rückbau möglichst einfach gestalten zu können. So werden aktuell beispielsweise neue Befestigungsmethoden für Beton entwickelt, durch die große Stücke leichter wieder voneinander getrennt werden können. Durch Urban Mining werden also Ressourcen

geschont, die Umwelt weniger belastet und der Ausstoß von Emission durch den Wegfall der Neuproduktion von Materialien verringert.

Doch nicht nur bei den Rohstoffen selbst kann ein nachhaltiger Bauprozess ansetzen, sondern auch bei der Art und Weise, wie gebaut wird. Die Kreislaufwirtschaft, die im Urban Mining umgesetzt wird, kann auch bei den Baumaschinen greifen. Mit Gebrauchtmaschinen können zusätzlich CO<sub>2</sub> und Rohstoffe eingespart werden. Industrieauktionshäuser sind darauf spezialisiert, gebrauchte Maschinen zu verkaufen, und unterstützen Abgeber und Käufer bei jedem Prozessschritt. Sollte also zum Beispiel ein Bagger nicht mehr für die eigene Produktion benötigt werden, muss das Gerät nicht verschrottet werden und kann einen neuen Besitzer finden.

Durch moderne Rohstoffe, Urban Mining und eine Kreislaufwirtschaft von Materialien und Maschinen lässt sich die Baubranche bereits heute modernisieren und ihren Anteil am weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich reduzieren.

### Neu: Landespreis für Baukultur Schleswig-Holstein

## Einreichung von herausragenden Bauprojekten bis 29.9.2022

Das Land Schleswig-Holstein lobt 2022 einen Preis für besondere Leistungen auf dem Gebiet der Baukultur aus. Gutes Planen und Bauen gehöre gestärkt und gefördert, denn Bauwerke überdauern Generationen und sind entscheidend für die Lebensqualität jedes Einzelnen, so die Veranstalter in den Auslobungsunterlagen.

Für die heutigen gesellschaftlichen Herausforderungen – wie Klimawandel, Ressourcenknappheit und sozio-kulturelle Wandlungsprozesse – müssen intelligente bauliche Konzepte entwickelt werden, die dieser Preis würdigt.

Der Landespreis für Baukultur Schleswig-

Holstein soll in einem Intervall von vier Jahren herausragende Leistungen auf dem Gebiet der Baukultur prämiieren, die eine große Innovationskraft sowie eine hohe gestalterische Qualität aufweisen und eine intelligente Auseinandersetzung mit ihrem natürlichen, gebauten und gesellschaftlichen Kontext darstellen. Diese Bezüge können sich in einer sensiblen Einbindung in das Umfeld oder auch in einer zukunftsweisenden Kontinuität in der Weiterentwicklung orts- und regionaltypischer Bauweisen und Formensprachen äußern.

Anerkennung erfahren sowohl die Bauwer-

ke als auch die Menschen, die durch ihr Handeln, ihr Engagement und eine qualitätsvolle Prozesskultur eine gebaute Umwelt schaffen, die in funktionaler, ästhetischer, sozialer und ökologischer Hinsicht nachhaltig und zugleich identitätsstiftend ist.

Bewerbungen können bis zum 29.09.2022 (17:00 Uhr) eingereicht werden für Bauten, bauliche Anlagen und Ensembles aus allen Fachgebieten der Architektur, des Ingenieurbaus, des Städtebaus, der Stadtplanung, der Landschafts- und Freiraumplanung und des

Bauhandwerks. Berücksichtigt werden Neubauten, Umbauten und Sanierungen, die in den vergangenen vier Jahren (Stichtag: 01.01.2018) fertiggestellt wurden.

Verantwortlich ist das Ministerium für Inneres, Kommunales, Wohnen und Sport des Lands Schleswig-Holstein. Eine Jury aus neun Fachleuten und zusätzlichen Sachverständigen bewertet die Bewerbungen.

Weitere Informationen sowie die Ausschreibungsunterlagen finden Sie unter [www.schleswig-holstein.de/baukulturpreis](http://www.schleswig-holstein.de/baukulturpreis)

## Neues Fachbuch in der VDV-Schriftenreihe

### „Künstliche Intelligenz in der Geodäsie und Geoinformatik“

Künstliche Intelligenz gehört zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts und bietet enorme wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten. Sie durchdringt nahezu alle Bereiche unseres alltäglichen Lebens und bietet neben ökonomischen Potenzialen und innovativen Anwendungen zudem Unterstützung bei der Lösung sogenannter Menschheitsaufgaben wie dem Klimawandel oder auch Pandemien. Viele der KI-Anwendungen basieren zu einem Großteil auf (Geo-)Daten. Aber welche konkreten Auswirkungen hat Künstliche Intelligenz auf die Geodäsie bzw. die Berufsausübung der Geodäten? Ist die Geodäsie überhaupt schon (genügend) für KI vorbereitet? Welche KI-Technologien setzen Geodäten derzeit bereits ein und wo sind die größten Potenziale?

Genau diese Fragestellungen stehen im Fokus dieses Buchs: Es erfolgt zunächst eine allgemeine Einführung in KI. Anschließend wird eine aktuelle Studie dokumentiert, anhand derer die wesentlichen Innovationsbereiche für KI in der Geodäsie und Geoinformatik identifiziert werden. Es schließen sich Best-Practice-Beispiele aus dem gesamten Bereich der Geodäsie und Geoinformatik an, beispielsweise die KI-basierte Detektion von Gebäuden und deren Änderungen gegenüber dem amtlichen Liegenschaftskataster, die Anwendung von Deep Learning auf Punktwolken ebenso wie der Einsatz von künstlichen neuronalen Netzen im Rahmen der Bauwerksüberwachung.

Sei es der Einsatz in der Landesvermessung, z. B. bei der semantischen Datenintegration georeferenzierter Fachdatenbestände, die Anwendung von Geo Data Science für die Energiewende am Beispiel der Standortbewertung für Kleinwindenergieanlagen, der große Bereich der Immobilienbewertung oder auch die Entwicklung der Smart Digital Reality bei Hexagon:

Dieses Werk zeigt die Anwendungsbreite von KI auf und die dargestellten Use Cases machen deutlich, dass Künstliche Intelligenz bereits heute ein wesentlicher Treiber für die Weiterentwicklung und Transformation in Geodäsie und Geoinformatik ist.

Gleichwohl: Die damit verbundenen Veränderungen sind keine vollkommen neue Herausforderung für die Geodäten, liegen doch aus bisherigen Technologieschüben umfassende Erfahrungen vor. Vor allem aber besteht kein Grund zur Panik – vielmehr gilt es, zeitnah die richtigen Weichen zu stellen, vor allem in der Qualifizierung. Dieses Buch bildet einen Ausgangspunkt für den notwendigen Diskurs und soll zugleich ein strategischer Kompass sein für den weiteren Dialog zur Entwicklung und Nutzung von KI in Geodäsie und Geoinformation. Die Autorenschaft besteht aus einem Team von 34 Experten aus allen Bereichen der Geodäsie und Geoinformatik.

Das Buch wendet sich an Fachleute in den Bereichen Geodäsie, Vermessung, Geoinformatik, Geomarketing, Geografie und weiterer Geowissenschaften. Angesprochen sind zudem Studierende der genannten Bereiche, die sich auf ihre berufliche Zukunft in einem Tätigkeitsfeld vorbereiten möchten, das viel Entwicklungspotenzial bietet. Ebenso gehören zur Zielgruppe Verantwortliche, die KI in ihren Unternehmen einführen oder intensiver nutzen und sich dazu entsprechendes Hintergrundwissen aneignen möchten.

*Grunau, Wilfried (Hrsg.)  
Künstliche Intelligenz in Geodäsie und Geoinformatik – Potenziale und Best-Practice-Beispiele  
VDV-Schriftenreihe, 2022. 244 Seiten, 170 x 240 mm,  
Broschur. ISBN 978-3-87907-717-5, E-Book: ISBN 978-3-87907-718-2. Erschienen bei Wichmann, einer Marke der VDE Verlag GmbH, Berlin, Offenbach.*

## TERMINE

### Bauphysik-Tagung 2022 und Fachausstellung (hybrid)

24. November 2022 in Düsseldorf

Die Bauphysik-Tagung gehört zum festen Ereignis des Veranstaltungsangebots der Ingenieurakademie West und gilt in NRW als ideales Forum für Information und Gedankenaustausch zu den aktuellen Themen der Bauphysik. Die Tagung 2022 findet als Hybrid-Veranstaltung statt, bei der bis zu etwa 250 Teilnehmer unmittelbar dabei sein können, online unbegrenzt.

Referenten berichten über die Schallübertragung leichter Fassadenkonstruktionen, den Einfluss von Fugen auf die Schalldämmung von Bauteilen, über die Raumakustik in Kindertagesstätten sowie den Wärme- und Feuchtetransport in mehrschichtigen Bauteilen. Die Weiterentwicklung des neuen Gebäudeenergiegesetzes (GEG), ein Praxisbericht aus der Bauphysik und ein Beitrag zum Grünen Wasserstoff, als drittes Standbein der Energiewende, vervollständigen das Tagungsprogramm. Erwartet werden Ingenieure und Architekten aus Planungs- und Sachverständigenbüros, Bauaufsichtsbehörden und ausführenden Unternehmen.

Die Tagung wird durch eine Fachausstellung ergänzt, bei der Hersteller und Anbieter von speziellen Bauteilen, Verfahren und Systemen sowie Software- und Beratungsunternehmen den Teilnehmenden ihre Produkte und Dienstleistungen im Bereich der Bauphysik vorstellen.

#### Themen:

- Schallübertragung über leichte Fassadenkonstruktionen
- Einfluss von Fugen auf die Schalldämmung von Bauteilen
- Raumakustik in Kindertagesstätten
- Berechnung des Wärme- und Feuchtetransports in mehrschichtigen Bauteilen
- Novellierung/Weiterentwicklungen des Gebäudeenergiegesetzes
- Klimawandel und Ressourcenschwund – Chancen und Herausforderungen für die gebaute Umwelt
- Grüner Wasserstoff, das dritte Standbein der Energiewende?

**Termin:** Donnerstag, 24. November 2022, 09.30 – 17.00 Uhr

**Ort:** CCD Congress Center Düsseldorf, Eingang CCD Süd, Saal 1

Veranstaltungs-Nr.: 22-57895

Anmeldung online unter

[www.ingenieurakademie-west.de](http://www.ingenieurakademie-west.de)

**Anmeldeschluss:** 10.11.2022

Bei kurzfristigeren Anmeldungen ist eine vorherige Rücksprache notwendig.

Die Tagungen auf Seite 9 und 11 sind als Fortbildungsverpflichtung der Ingenieurkammer-Bau NRW und der Architektenkammer NRW mit 8 Fortbildungspunkten anerkannt.

Das fünfgeschossige Bürogebäude in Holzbauweise in Berlin-Marzahn ist eines von mehreren baugleichen Häusern und wurde im Herbst 2021 fertiggestellt. Neben der nachhaltigen Bauweise und den ökologischen Materialien sind die 10.000 m<sup>2</sup> Holzdecken-Elemente mit Hohlbodenaufbau ein Novum, die zusammen für guten Schallschutz sorgen.



Hans Praefke

12

Holzskelett mit doppeltem Boden

# Aufbaukomposition für vielfältige Zwecke

In Berlin-Marzahn hat die Dibag Industriebau AG ein nachhaltiges Gebäude-Ensemble von Bürobauten entwickelt, darunter eines in Holzbauweise. Für die Geschossdecken kamen Holzelemente mit Hohlbodenaufbau zum Einsatz. Eine neue Kombination, die auch die hohen Anforderungen an den Schallschutz erfüllt. | [Susanne Jacob-Freitag](#)



3D-CAD-Modell des H-förmigen Holzskelettbauwerks. Die Größe der Büroräume orientiert sich am Achsraster von 2,70 m in Querrichtung.

Zeichnung: Lubkoll Architekten



Das Gebäudeensemble aus dem immer gleichen Gebäudetypus auf dem Gewerbecampus. Eines davon aus Holz (hinten links)

Visualisierung: lichtecht GmbH Hamburg

➤ Den Gebäudetypus für die neuen fünfgeschossigen Bürobauten in der Beilsteiner Straße im Berliner Stadtteil Marzahn hat die Dibag Industriebau AG in Kooperation mit dem Unternehmen HBH Holzbau als Prototyp entwickelt, der sich wahlweise in Holz, Stahl oder Stahlbeton ausführen lässt. Ziel war, die im Grundriss H-förmigen Gebäude an verschiedenen Standorten und Städten in modifizierter Form realisieren zu können.

Während jedoch die geplanten Bauten andernorts 2020 coronabedingt zurückgestellt wurden, konnte in Berlin einer der wenigen Neubauten dieser Art im Herbst 2021 fertig gestellt werden. Und darauf ist der Bauherr und Projektentwickler, die Dibag, stolz. Denn zum einen

handelt es sich um einen Holzbau, was durchaus eine Besonderheit für ein Bürogebäude dieser Größenordnung und Geschossigkeit darstellt, zum anderen kam neben der nachhaltigen Bauweise und den ökologischen Materialien mit den Geschossdecken aus Lignatur-Elementen ein System zum Einsatz, das in jeder Hinsicht überzeugt hat und in einer neuen Kombination mit einem Doppelboden so gute Schallschutzwerte erreichte, dass die erstmalige Nutzung durchaus Pioniercharakter hat.

### Schallschutz-Systemlösung für Decken mit Hohlboden in Bürobauten

Da es zum Zeitpunkt der Auftragserteilung für Holzdecken mit Hohlbodenaufbau in Bürogebäuden bislang keine guten Schallschutzwerte gab, sahen sich die Ingenieure veranlasst, diesem Manko entgegenzutreten und eine entsprechende Deckenkombination zu entwickeln.

Die projektspezifische Antwort für Berlin fand sich dann aber erst über Zwischenschritte. Zunächst ging es darum, einen Aufbau zu „komponieren“, der grundsätzlich funktioniert. Daraus wurde dann die projektspezifische Variation abgeleitet. Die entwickelte Basislösung setzt sich wie folgt zusammen: tragende Flächenelemente mit Splittfüllung, deren Füllhöhe in Abhängigkeit von den Schallschutzanforderungen variabel ist. Auf die Holzdecke folgen eine Trittschalldämmung und Zementestrich. Die Herstellung des Hohlbodens erfolgt durch eine Trockenestrichplatte, die auf Stützenfüßen aufgeständert wird. Dabei sorgen Gummischrot-Plättchen zwischen den Stützenfüßen und der oberen Trockenestrichplatte für die notwendige Schallentkopplung. Der Hohlraum dieses aufgeständerten Bodens zur Verlegung von Installationen und Leitungen aller Art kann bei Bedarf jederzeit einfach nachgerüstet werden – beides unentbehrlich in Bürobauten.

Um herauszufinden, welchen Schallschutz diese neue Systemlösung liefert, wurde im Frühjahr 2020 eine Schallschutzmessung am ift in Rosenheim für folgenden Deckenaufbau durchgeführt: Auf 20 cm hohe Standard-Flächenelemente mit integrierter Splittschüttung ( $50 \text{ kg/m}^2$ ) folgen 4 cm Trittschalldämmung, 5 cm Zementestrich und ein Hohlboden, dessen 3,2 cm dicke Trockenestrichplatte auf 10 cm hohen Stützenfüßen aufgeständert wird.

Ziel der Schallschutzprüfung war auch, eine allgemeingültige Bestätigung für die Tauglichkeit des rund 42 cm starken Deckenpakets für Bürobauten zu erhalten. Dabei erreichte der Aufbau beste Schallschutzwerte: Das bewertete Luftschalldämm-Maß  $R_{w, \text{lag}}$  bei 74,3 dB, der bewertete Norm-Trittschallpegel  $L_{n,w}$  bei 42,8 dB, und das bei einem Gesamtgewicht der Decke von nur  $265 \text{ kg/m}^2$ .

### Von der allgemeinen zur speziellen Lösung für die Beilsteiner Straße

Die Höhe der Splittfüllung in den Flächenelementen spielt bei der Optimierung des Schallschutzes dieser Systemlösung eine ebenso große Rolle wie die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung oder die Wahl der Estrichplatte und der Elastomere zur Schallentkopplung zwischen Stützenfuß und Hohlbodenplatte. Entsprechend wurde die



HBH Holzbau Zimmererei GmbH

Der Skelettbau nutzt in Außenwandebene BS-Holz-Stützen und -Träger, in den Flurachsen dagegen Stahlstützen und -träger (die später ummantelt wurden, siehe übernächstes Bild). Dazwischen spannen die Holzdecken-Elemente.



Dibag

Vorgefertigte Fensterelemente füllen die Gefache zwischen den BS-Holz-Stützen.



HBH Holzbau Zimmererei GmbH

Blick ins Erdgeschoss mit abgehängten Kühlsegeln, die die Holzdecke zum Teil sichtbar lassen. An der Fassade ist die Skelettkonstruktion des Bürobaus mit einem Achsraster von 2,70 m ablesbar.



Zeichnung: Lignatur AG

Detailschnitt durch die projektspezifische Systemlösung der Decke: Flächenelemente mit Splittschüttung, Tilgersteinen und darauf aufgeständertem Hohlboden.



Hans Praefke

Im Foyer kamen im Gegensatz zu den Büros Deckenprofilierungen des Akustiktyps 1 zum Einsatz.

projektspezifische Systemlösung für die Anforderungen des Bürobaus in Berlin erst im zweiten und dritten Schritt ermittelt.

Der zweite ergab sich auch aus der Dimensionierung der tragenden Flächenelemente. Hier wurde für die Geschossdecken eine Flächennutzlast von  $5 \text{ kN/m}^2$  angesetzt. Für die als Einfeldträger bemessenen Deckenelemente mit einer Spannweite von rund  $6 \text{ m}$  – die größte des als Skelettbau konzipierten Gebäudes – ergab sich eine Standelement-Höhe von  $24 \text{ cm}$  (mit einer Feuerwiderstandsklasse von REI90). Sie wurden vollflächig mit Splitt ( $50 \text{ kg/m}^2$ ) verfüllt sowie an definierten Stellen mit Tilgersteinen ( $25 \text{ kg/m}^2$ ) belegt, und zwar jeweils dort, wo die maximalen Werte der schallschutztechnisch maßgebenden Eigenfrequenzen (zwischen  $50$  und  $100 \text{ Hz}$ ) auftreten. Mit den patentierten schallschutztechnisch wirksamen Schwingungstilgern lässt sich der Schallschutz im Tieftonbereich zusätzlich verbessern, das heißt tiefe Frequenzen

maximal absorbieren. Oder anders gesagt: Die Tilger dämpfen Körperschallschwingungen im Tieftonbereich und minimieren so die Übertragung von Gehgeräuschen ohne zusätzliche Unterdecke. Ihr Einsatz ermöglicht eine Planung, die besondere Lärmspektren berücksichtigt und so auf bestimmte Lärmsituationen reagieren kann.

Auf die Flächenelemente folgen eine  $3 \text{ cm}$  dicke, weich federnde Trittschall-Dämmplatte sowie ein  $4,5 \text{ cm}$  dicker Estrich mit Brandschutzzeugnis und F90-Gutachten für den „Brandschutz von oben“, also explizit für die Estrichoberseite, die im Fall eines Schwelbrands im Hohlbodenbereich einen entsprechenden Feuerwiderstand aufweisen muss. Der Estrich ist zudem für hohe Nutzlasten geeignet. In der Summe erreicht das Deckenpaket eine Höhe von rund  $47 \text{ cm}$ .

Statt des Hohlbodenaufbaus der ift-geprüften Systemlösung kam in der Beilsteiner Straße auf Bauherrenwunsch nun allerdings ein anderes Hohlbodensystem zum Einsatz, dessen  $5,3 \text{ cm}$  dicke Trockenestrich-Platte auf  $10 \text{ cm}$  hohen Stützenfüßen aufgeständert ist. Auf eine Perforierung der statisch mitwirkenden Unterseiten der Flächenelemente zur Verbesserung der Raumakustik verzichtete der Bauherr in den Büros. Stattdessen fiel die Wahl auf Kühlsegel mit schallabsorbierender Wirkung. Ein Teil der Holzdecken bleibt von unten sichtbar.

### Akustikperforierung hat keinen Einfluss auf den Brandwiderstand

Hier sei erwähnt, dass eine Akustikperforierung bei entsprechender Dimensionierung der Flächenelement-Deckenunterseiten keinen Einfluss auf den Brandwiderstand der Decke hat. Der Nachweis des Brandwiderstands REI90 der tragenden Konstruktion in Kombination mit der Perforation ist sogar in der Europäischen Technischen Bewertung der verwendeten Elemente geregelt. Diese Frage stellte sich im Zusammenhang mit der Akustikprofilierung der Elemente, die im Foyer eingebaut wurden.

In den Obergeschossen wurden die BS-Holz-Stützen über Rundrohre auf Stahlplatten in die Durchlaufträger „eingesteckt“.



HBH Holzbau Zimmererei GmbH

Die vorgefertigten und mit Kalziumsilikatplatten umhüllten BS-Holz-Stützen des Erdgeschosses sind über Schlitzbleche an den Basis-Träger angeschlossen.



HBH Holzbau Zimmererei GmbH

## Skelettbau ermöglicht hochflexible Grundrisse für jede Nutzung

Um in der Grundrisseinteilung je nach Nutzung, Mieter und vermieteter Einheit maximale Flexibilität zu erhalten, hat der Architekt diesen Gebäudetypus als Skelettbau konzipiert. Das Tragwerk des etwa 20 m hohen Bürobaus besteht in den Außenwandebenen aus geschosshohen Brett-schicht(BS)-Holz-Stützen (Außenstützen: b x h: 24 cm x 40 cm, GL 24h; Innenstützen: b x h: 24 cm x 24 cm, GL 24h) und BS-Holz-Durchlaufträgern (b x h: 24 cm x 28 cm, GL 24h). Die Stützen der Obergeschosse sind an Kopf und Fuß mit Stahlplatten und aufgeschweißten Rundrohren versehen – lediglich im Erdgeschoss schließen die Stützenfüße über eingeschlitzte Bleche an die Träger an. Wie Dorne greifen die Rohrabschnitte in die Träger und ermöglichen als Stahl-Stahl-Verbindung die direkte Durchleitung der Vertikallasten, ohne die Durchlaufträger auf Querdruck zu belasten.

Die Stützen sind im Achsraster von 2,70 m in Querrichtung platziert. Die knapp 14 m breiten und 62,50 m langen Gebäuderiegel, die die H-Schenkel bilden, sind dagegen in vier Längsachsen unterteilt. Die beiden mittleren Achsen bilden den zentralen Flur zur Erschließung der Büroflächen. Hier kamen schlanke Stahlstützen und -träger zum Einsatz.

Aus den ungleichen Abständen der Außenwand-Längsachsen zu den Flurachsen ergeben sich die Deckenspannweiten mit etwa 6,05 m, 2,10 m und 5,70 m. Die 100 cm breiten Deckenelemente wurden entsprechend passgenau vorgefertigt, inklusive schmalerer Abschluss-Elemente an den Stirnseiten der Riegel. Schubstähle auf der Oberseite verbinden sie nach dem Verlegen entlang des Längsstoßes zu Deckenscheiben. Zusammen mit den vier Treppenhaukernen aus Stahlbeton sorgen sie für die Gesamtaussteifung des Gebäudes.

## Neubau überzeugt durch helle Räume und schallgedämpfte Atmosphäre

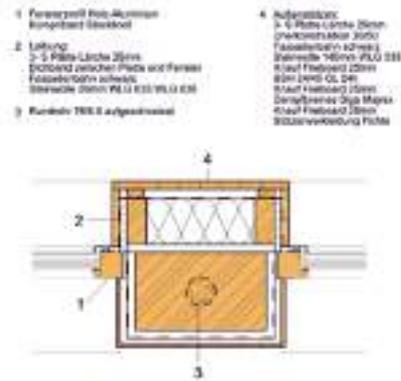
Der neue Holzbau bietet seinen Mietern nicht nur in den Obergeschossen moderne, helle Büros mit optimalem Schallschutz, sondern empfängt sie auch in einem stützenfreien, großzügigen Foyer, das dank eines hochtragfähigen Buchen-Furnierschichtholz-Trägers in dieser Form ausgeführt werden konnte. Die Decken mit Profilierungen des Akustiktyps 1 tun ihr Übriges. So lautete die Devise bei Einzug für die Nutzer: Wohlfühlen und in Ruhe arbeiten. <



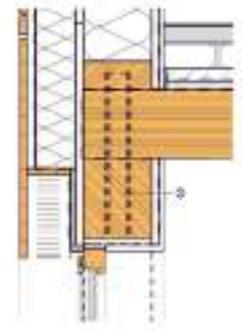
### SUSANNE JACOB-FREITAG

> Dipl.-Ing. (FH); konstruktiver Ingenieurbau Karlsruhe; freie Journalistin, schwerpunktmäßig Ingenieur-Holzbau und Architektur; Inhaberin des Redaktionsbüros manuScriptur, Karlsruhe

Horizontalschnitt durch Holzstütze



Zeichnung: HBH Holzbau Zimmerei GmbH



Anschluss-Detail Stützen/Träger/Decke



HBH Holzbau Zimmerei GmbH

Für die zentralen Flure der 62,50 m langen Gebäuderiegel kamen Stahlstützen- und -träger zum Einsatz. Sie wurden später – wie die BS-Holzstützen und -Träger – aus Brandschutzgründen mit Promat-Platten ummantelt. Als Endumhüllung folgt dann wieder Holz.

## > Bautafel

**Bauzeit:** April 2020 bis September 2021

**Baukosten:** 21 Mio. Euro (netto)

**Gesamtfläche:** BGF 11.000 m<sup>2</sup>

**Mietfläche:** 9.700 m<sup>2</sup>

**Bauherr:** Dibag Industriebau AG, D-80939 München, [www.dibag.de](http://www.dibag.de)

**Architekt:** Dipl.-Ing. Jörg Fricke, Architekt bei der Dibag  
Mitarbeit: M.Sc. Mario Sermeno Escobar, bei der Dibag

**Generalunternehmer:** HBH Holzbau Zimmerei GmbH, D-94405 Landau an der Isar, [www.hbh-holzbau.de](http://www.hbh-holzbau.de)

**Brandschutzprüfung:** Ingenieur & PrüfConsult, D-41366 Schwalmtal/ D-81671 München, [www.oekotec-gruppe.de](http://www.oekotec-gruppe.de)

**Tragwerksplanung:** Dipl.-Ing. Peter Hinderberger, D-81829 München

**Haustechnikplanung:** Techlogis GmbH, D-12165 Berlin, [www.techlogis.de](http://www.techlogis.de)

**Lieferung Deckenelemente:** Lignatur AG, CH-9104 Waldstatt, [www.lignatur.ch](http://www.lignatur.ch)



Arto/AdobeStock

*Ein Beispiel für eine grüne Wohnstraße (im Bild eine Straße am Prenzlauer Berg in Berlin). Bäume verschatten im Sommer Teile der Straße, die klare Trennung der Fahrbahn von den Stellplätzen und dem grünen Seitenraum verringern das Konfliktpotenzial zwischen den Verkehrsteilnehmern. Grüne Straßenräume bieten eine hohe Aufenthaltsqualität.*

16

Verkehrsbausteine in der Kernstadt Neu-Isenburgs

# Ökologischer Nutzen und räumlicher Mehrwert

Eine erste Annäherung zur Klassifizierung einer Siedlung kann, wie in der vergangenen Ausgabe vorgestellt, durch die Analyse klassischer Stadtbausteine erfolgen. Eine SWOT-Analyse lässt erste Schlüsse auf den Status quo und das Entwicklungspotenzial einer Kernstadt zu. Weitere Spezifizierungen ermöglichen in der Praxis eine exakte Identifizierung von Quartierstypen. Im Fallbeispiel Neu-Isenburg wurden drei Arten von Quartiersbausteinen definiert, die sich an den Handlungsfeldern der nachhaltigen Innenentwicklung orientieren: Stadtbausteine (Städtebau), Straßenraumtypen (Mobilität), Umwelt- und Freiraumstrukturen (Umwelt/Freiraum). In dieser Folge der Artikelserie liegt der Fokus auf Straßenraumtypen, die sich zur Bewertung von Verkehrsbausteinen hinzuziehen lassen. | [Adrian Bienkowski](#), [Lars Wolfarth](#)

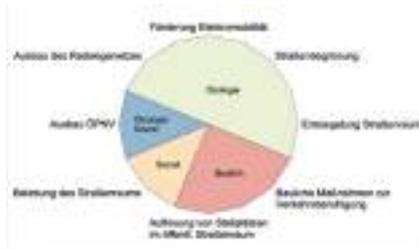
Die Verkehrsbausteine der Kernstadt von Neu-Isenburg lassen sich nach Straßenraumtypen klassifizieren. Kriterien zur Unterscheidung und Einteilung der Straßenräume sind u. a.: Länge, Breite, Funktion und Nutzung des Straßenraums, umliegende Bebauungsstruktur, Gestaltung des Seitenraums und der Fahrbahn sowie geltende Verkehrsregeln.

Insgesamt wurden für das Fallbeispiel Neu-Isenburg zehn spezifische Straßenraumtypen gebildet.

## **Straßenraumtyp 1: Rurbane Wohnstraße**

Die rurbane (rural-urbane) Wohnstraße ist ein Straßenraum, der sowohl städtische als auch ländliche Strukturen aufweist. Sie liegt ausschließlich in Wohngebieten mit geringer Bebauungsdichte und niedrigen Geschosshöhen (Ein- und Zweifamilienhäusern). Rurbane Wohnstraßen bedienen ausschließlich die Funktion der Erschließung und des Parkens, wodurch Aufenthaltsqualitäten in den Hinter-

grund rücken. Durchgangsverkehr ist nicht erwünscht und sollte durch bauliche sowie verkehrliche Maßnahmen vermieden werden. Das entscheidende Merkmal ist, dass die Baulinie hinter der Baugrenze liegt und dadurch Vorgärten an den öffentlichen Straßenraumgrenzen. Der sonst schmale Straßenraum wirkt dadurch vergleichsweise breit und aufgelockert. Die rurbanen Wohnstraßen liegen alle im Bereich von 30er-Zonen, weshalb der Radverkehr auf der Fahrbahn geführt wird



Netzdiagramm Straßenraumtypen

Überblick der Straßenraumtypen

Allgemeiner Straßenraumtyp	Wohnstraßen	Gewerbestraßen	Verbindungsstraßen
Spezifischer Straßenraumtyp	Rurbane Wohnstraße	Gewerbestraße	Sammelstraße
	Urbane Wohnstraße		Quartierstraße
	Grüne Wohnstraße		Hauptverkehrsstraße
	Autoarme Wohnstraße		Stadttrandstraße
	Sichtstraße		

und kein ÖPNV auf diesen Straßen verkehrt. Alle Grundstücke haben private Stellplätze, allerdings kann auch auf der Straße geparkt werden. Die Fahrbahn- und Gehwegbreiten dieses Straßenraums werden dadurch verringert, weshalb Pkw/Pkw-Begegnungen oft nicht möglich sind. Dem Straßenraum fehlt es aufgrund der angrenzenden Vorgärten an Platz und er ist deshalb nicht begrünt. Die doppelte Stellplatzerschließung (Stellplätze im öffentlichen und privaten Straßenraum) erhöht den Versiegelungsgrad, insbesondere wenn Vorgärten ebenfalls bebaut sind. Potenziale dieses Straßenraumtyps liegen besonders in der Entsiegelung und Begrünung. Da es sich oft um Straßen in reinen Wohngebieten handelt, sind bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung möglich. Eine Auflösung von Stellplätzen im öffentlichen Straßenraum könnte die Aufenthaltsqualität erhöhen und den Straßenraum durch Gestaltungsmaßnahmen beleben.



Straßenraumtyp 1: Rurbane Wohnstraße



Straßenraumtyp 2: Urbane Wohnstraße



**Straßenraumtyp 2: Urbane Wohnstraße**

Die urbane Wohnstraße weist ausschließlich städtische Strukturen auf. Sie liegt in Wohn- oder Mischgebieten mit hoher Bebauungs- und Nutzungs- und Verkehrsdichte. Die dominierende Bebauungsstruktur kennzeichnet sich durch Blöcke, Mehrfamilienhäuser und urbane Reihen. In den Erdgeschosszonen gibt es, neben Wohnungen, auch Nutzungen wie Gastronomie, Einzelhandel, Dienstleistungen und nicht störende Handwerksbetriebe. Die urbane Wohnstraße dient hauptsächlich der Erschließung von Wohn- und Geschäftsgebäuden. Baulinie und Baugrenze liegen aufeinander, weshalb die Bebauung direkt an den öffentlichen Straßenraum grenzt. Der Straßenraum wirkt dadurch schmaler als in den peripheren Wohngebieten. Die urbanen Wohnstraßen befinden sich überwiegend im Bereich von 30er-Zonen oder teilweise auch

in verkehrsberuhigten Bereichen. Die Fahrbahn ist schmal, weshalb vermehrt Einbahnstraßen ausgewiesen sind und Parken im öffentlichen Straßenraum oft nur auf separaten Parkstreifen auf der Fahrbahn möglich ist. Bewohner parken deshalb überwiegend in ihren privaten Innenhöfen oder Tiefgaragen. Der Straßenraum der urbanen Wohnstraße ist überwiegend versiegelt. Die direkt angrenzende Bebauung und verkehrlich genutzte Innenhöfe verstärken den Versiegelungsgrad der Innenstadt. Der Radverkehr darf, da i. d. R. Einbahnstraßen, beide Fahrtrichtungen benutzen. Aufgrund der hohen Nutzungsdichte ist der Fußgängerverkehr höher als in rurbanen Wohnstraßen.

Die Potenziale der urbanen Wohnstraße hinsichtlich der nachhaltigen Innenentwicklung sind ähnlich wie bei der rurbanen Wohnstraße. Durch den Versiegelungsgrads liegt der Fokus auf der Entsiegelung, Begrünung und Bepflanzung des Straßenraums. Mehr Platz für Fußgänger und Radfahrer könnten zu einer Belebung des Straßenraums führen.

**Straßenraumtyp 3: Grüne Wohnstraße**

Die grüne Wohnstraße weist ähnliche Merkmale wie die rurbane Wohnstraße auf. Sie ist vereinzelt in Wohngebieten am Stadtrand, aber auch in der Innenstadt zu verorten. Grundstücks- und Gebäudestrukturen sind oft

durch Vorgärten sowie Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser geprägt. Der öffentliche Straßenraum ist breiter als bei der rurbanen Wohnstraße und zeichnet sich durch einen begrünten und mit Straßenbäumen gestalteten Seitenraum aus. Merkmale sind bspw. begrünte Parkplätze, angrenzende Parkanlagen sowie Grünflächen zwischen Fahrbahn und Gehweg. Die Straßenräume können durch die Grünflächen Breiten von 20 bis 25 Metern einnehmen. Die Bäume verschatten im Sommer Teile der Straße, weshalb sich der Straßenraum nicht aufheizt, und für ein angenehmes Kleinklima sorgt. Die Trennung von Fahrbahn, Stellplätzen und grünem Seitenraum verringern das Konfliktpotenzial zwischen den Verkehrsteilnehmern und erhöhen die Verkehrssicherheit. Insgesamt bieten die grünen Straßenräume eine hohe Aufenthaltsqualität und bilden nachbarschaftliche, öffentliche Räume.

Obwohl grüne Wohnstraßen bereits nachhaltig gestaltet sind, gibt es auch hier weiteres Potenzial zur Begrünung und Entsiegelung des Straßenraums, da die Stellplatzdichte einer rurbanen Wohnstraße ähnelt. Der Straßenraumtyp könnte aufgrund seiner bereits hohen Aufenthaltsqualität als verkehrsberuhigter und autoarmer Straßenraum weiterentwickelt werden. Mit städtebaulichen Maßnahmen wie dem Bau von Plätzen und Treffpunkten lässt sich der Straßenraum beleben und die Nachbarschaft stärken.

**Straßenraumtyp 4: Autoarme Wohnstraße**

Autoarme Wohnstraßen zeichnen sich durch ein geringes Verkehrsaufkommen, niedrige Geschwindigkeiten und eine hohe Aufenthaltsqualität im öffentlichen Straßenraum aus. Sie sind sowohl innerstädtisch in Form

von Fußgängerzonen sowie als verkehrsberuhigte Straßen in reinen Wohngebieten am Stadtrand vorzufinden. Das Hauptmerkmal dieses Straßenraumtyps ist die gemeinsame Nutzung des Straßenraums durch alle Verkehrsteilnehmer, ohne dass dabei der Autoverkehr dominiert. In der Regel werden autoarme Straßen als Fußgängerzonen oder verkehrsberuhigte Bereiche ausgewiesen. Darüber hinaus gibt es auch verkehrsberuhigte Bereiche, die aufgrund ihres engen Straßenraums und einer hohen Pkw-Dichte im Seitenraum ein sehr hohes Verkehrsaufkommen aufweist. Diese – in Neu-Isenburg beispielsweise der Alte Ort – bieten keine Aufenthaltsqualität für Fußgänger.

Fußgängerzonen sind in Neu-Isenburg ausschließlich in Quartieren mit hoher Nutzungsdichte (Einzelhandel, Gastronomie) oder mit Sondernutzungen (Seniorenheim, Hugenotenhalle) zu finden. Verkehrsberuhigte Bereiche gibt es überwiegend in reinen Wohngebieten mit einem hohen Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern. Verkehrsberuhigte Straßenräume sind nicht asphaltiert, sondern gepflastert, um den Wechsel einer Wohnstraße in einen verkehrsberuhigten Bereich visuell zu verdeutlichen. Der Straßenraum wird i. d. R. nicht in Fahrbahn und Seitenraum unterteilt und enthält markierte Parkstreifen. In einigen autoarmen Wohnquartieren ist der Straßenraum schmal gestaltet und das Parken nicht zulässig. Der Straßenraum kann je nach Breite ggf. durch Bäume, Büsche und sonstige Grünflächen gestaltet sein.

Autoarme Wohnstraßen sind bereits gute Beispiele für nachhaltige Straßenräume, allerdings könnte auch hier insbesondere der ruhende Verkehr noch stärker eingeschränkt werden, um die Aufenthaltsqualität des Straßenraums zu optimieren. Bauliche Maßnahmen könnten zur Einhaltung der Schrittgeschwindigkeit beitragen.

**Straßenraumtyp 5: Sammelstraße**

Die Sammelstraße ist eine übergeordnete Wohnstraße, die neben Wohnhäusern ganze Wohn- und Stichstraßen erschließt. Sie unterscheidet sich von Wohnstraßen durch ihre Längen von zwischen 500 und 1500 Metern sowie durch die Erschließung mehrerer untergeordneter Wohnstraßen. Die Lage ist sowohl innerstädtisch als auch randstädtisch, da die Sammelstraßen oft durch ganze Wohngebiete verlaufen. Die angrenzenden Bebauungsformen sind sehr unterschiedlich und reichen von offener und geschlossener Reihenbebauung bis zu Zeilen und Solitären. Sammelstra-



Straßenraumtyp 3: Grüne Wohnstraße



Straßenraumtyp 4: Autoarme Wohnstraße



Straßenraumtyp 5: Sammelstraße

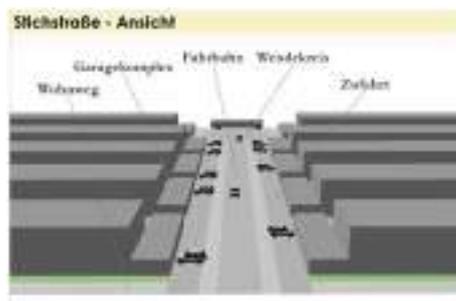


ßen dienen in Wohngebieten als Zubringer zu Quartiers- und Hauptverkehrsstraßen. Die Hauptmerkmale dieses Straßenraumtyps sind die Länge und Breite des Straßenraums. Da mehrere Wohnstraßen in einer Sammelstraße münden, ist das Verkehrsaufkommen höher als in Wohnstraßen. Die Fahrbahn- und Stellplatzbreiten im Seitenraum sind angepasst, sodass i. d. R. Pkw/Pkw-Begegnungen möglich sind. Bei der Gestaltung des Straßenraums können im Seitenraum breite Gehwege sowie separate Radwege angelegt sein. Auch wird die Anzahl an Stellplätzen im öffentlichen Straßenraum durch Bäume, Büsche und Grünstreifen verringert. Insbesondere der Radverkehr bekommt in Sammelstraßen mehr Aufmerksamkeit, da das Radverkehrsaufkommen höher als in anderen Straßenräumen ist. Auf Sammelstraßen können in Ausnahmefällen Omnibusse des ÖPNV verkehren. Allerdings sind die Verkehrsregelungen („rechts vor links“), Geschwindigkeiten (max. 30 km/h) und Fahrbahnbreiten ( $\leq 6,50$  m) für Schwerkraftverkehr nicht geeignet.

Die Sammelstraßen bieten hinsichtlich aller Verkehrsarten Potenzial für die nachhaltigen Innenentwicklung. Separat angelegte Radwege, die mit Grünstreifen und Bäumen vom Gehweg und der Fahrbahn getrennt werden, wären mögliche bauliche Maßnahmen zur Umgestaltung des Straßenraums. Mit der Auflösung von Stellplätzen könnten größere Geh- und Radwegbreiten realisiert werden.

**Straßenraumtyp 6: Stichstraße**

Stichstraßen sind schmale und kurze Erschließungsstraßen. Sie liegen ausschließlich in Wohngebieten, meist am Stadtrand. Die vorherrschende Bebauung sind Zeilenbauten, Hofstrukturen und Wohnhochhäuser. Bei der Zeilenbebauung sind die Kopfseiten der Zeilen zur Stichstraße ausgerichtet. Stichstraßen enden in Sackgassen, weshalb das Verkehrsaufkommen gering ist. Die Sackgassen sind i. d. R. mit Wendeplätzen gestaltet und für Fußgänger sowie Radfahrer durchlässig. Dadurch wird der MIV auf das Abstellen des Pkw beschränkt, während Fußgänger und Radfahrer die Stichstraße als Wegeverbindung nutzen können. Ausschließlich Anwohner und Besucher fahren in Stichstraßen, um zu privaten Garagen und Stellplätzen zu gelangen. Der ruhende Verkehr dominiert den Straßenraum der Stichstraße. Bei der Erschließung mehrerer Wohnungen und Wohnhäuser liegen Garagenkomplexe und Parkplätze an der Straße. Die Stichstraßen der Reihenhöfe und der Einfamilienhäuser sind schmal und es erfolgt



Straßenraumtyp 6: Stichstraße



Straßenraumtyp 7: Quartiersstraße



keine Trennung in Fahrbahn und Seitenraum, weswegen i. d. R. Pkw auf der Fahrbahn parken. Das Hauptmerkmal dieses Straßenraumtyps ist die geringe Straßenlänge (bis ca. 150 Meter). Der Flächenbedarf und Versiegelungsgrad ist aufgrund der angrenzenden Park- und Stellplätze inklusive Zufahrten hoch. Trotz Verkehrsberuhigung bieten Stichstraßen nur wenig Aufenthaltsqualität für die Nachbarschaft und verfolgen den reinen Zweck der Erschließung und des Parkens. In der Regel sind sie wenig begrünt und ähneln in ihrer Gestaltung rurbanen Wohnstraßen.

Stichstraßen sollten für den Rad- und Fußverkehr stets durchgängig sein, um attraktive Wegeverbindungen innerhalb der Stadt herzustellen. Wird der Versiegelungsgrad des ruhenden Verkehrs eingeschränkt, erhöht sich damit durch begrünte und neu geschaffene öffentliche Räume die Aufenthaltsqualität. Aufgrund der einzigen Funktion des Parkens haben Stichstraßen das Potenzial, als verkehrsberuhigte Bereiche ausgewiesen zu werden.

**Straßenraumtyp 7: Quartiersstraße**

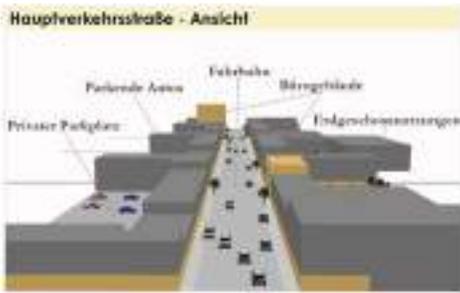
Quartiersstraßen stellen innerörtliche Hauptverbindungsstraßen zwischen den Quartieren einer Stadt dar. Im Gegensatz zu den Hauptverkehrsstraßen haben sie nur eine geringe

Bedeutung für den überregionalen Verkehr. Sie verlaufen meist durch mehrere Quartiere und enden an Hauptverkehrsstraßen oder Ortseingängen. Die Bebauungsstruktur variiert an Quartiersstraßen und wechselt zwischen offener und geschlossener Bebauung. Je nach Quartierstyp gibt es gemischte Nutzungen aus Wohnen, Gewerbe und Dienstleistung. Die Parkraumnachfrage ist aufgrund der Nutzungsdichte hoch, weswegen auf der Fahrbahn häufig beidseitig Parkstreifen angelegt sind. Die Erschließung mehrerer Quartiere und die Ausweitung als Vorfahrtsstraße erhöhen das Verkehrsaufkommen der Quartiersstraßen. Aufgrund der hohen Geschwindigkeiten des MIV ist eine Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn in vielen Fällen aus Sicherheitsgründen nicht möglich. Die Fahrbahnen sind breiter als in Wohnstraßen, da sie von Omnibussen des ÖPNV sowie Radfahrern und Fußgängern genutzt werden. Der Seitenraum ist durch aktive Erdgeschosszonen stark frequentiert. Hier wäre es klug, breite und getrennte Geh- und Radwege auszuweisen. Auch sollten Quartiersstraßen zur Freiraumqualität beitragen und mit Grünstreifen und Bäumen gestaltet werden, die gleichzeitig als Trennung zwischen Seitenraum und Parkstreifen dienen. Die Gestaltung von Quartiersstraßen ist zurzeit noch größtenteils auf den MIV ausgerichtet und stark versiegelt.

Potenziale bestehen im Ausbau des Fuß- und Radverkehrs und der Verringerung der Dominanz des Autoverkehrs. Ein gutes Angebot des ÖPNV und an alternativen Verkehrsmitteln könnte den MIV reduzieren. Eine starke Begrünung und mehr Fläche für Fußgänger erhöhen die Aufenthaltsqualität im Seitenraum, wodurch das Gebiet insbesondere für Außengastronomie attraktiver würde.

**Straßenraumtyp 8: Hauptverkehrsstraße**

Hauptverkehrsstraßen verlaufen durch die gesamte Stadt und haben überregionale Bedeutung. Sie werden deshalb oft als Durchgangsstraße und Ortsdurchfahrt genutzt, um in umliegende Städte oder zu Autobahnen und Bundesstraßen zu gelangen. Als Vorfahrtsstraßen in Tempo-50-Zonen, mit teilweise zwei Fahrspuren in jede Richtung, ermöglichen sie ein schnelles Vorankommen des MIV. Zu Spitzenstunden ist dieser Straßenraumtyp stark ausgelastet und es kann zu Staus kommen. Aufgrund der hohen Lärmemissionen ist oftmals eine geschlossene und hohe Reihenbebauung entlang von Hauptverkehrsstraßen gegeben. Gewerbe-, Büro- und Verwaltungsgebäude säumen ebenfalls häufiger Hauptverkehrsstraßen und dienen dahinter liegenden Wohngebieten als Lärmschutz. Im Zentrum der Stadt besteht eine durchgängige geschäftliche Nutzung der Erdgeschosszonen.



Straßenraumtyp 8: Hauptverkehrsstraße

Die Gestaltung und Anordnung der Hauptverkehrsstraßen ähnelt denen der Quartiersstraßen.

Der Seitenraum ließe sich auch hier an die Geschäftsnutzung und die hohe Frequentierung durch Fußgänger anpassen. Für attraktivere Seitenräume wäre ebenfalls eine Trennung des Fuß-, Rad- und ruhenden Verkehrs sowie die Anordnung von Baumpflanzungen erforderlich. Eine Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn könnte mit Radfahrstreifen sowie Park- und Halteverboten für Autofahrer realisiert werden. Die Fahrbahnbreiten sind aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens groß. Deshalb bieten sich Straßenquerschnitte mit Straßenbahnen in Mittelstädten ausschließlich auf diesem Straßenraumtypen an. Ein großes Potenzial auf Hauptverkehrsstraßen ist der Ausbau des Umweltverbunds, insbesondere des Schienenverkehrs (Stadt- und Straßenbahnen), der eine gute Alternative zum MIV bietet. An Hauptverkehrsstraßen, die den Charakter einer Geschäftsstraße haben, besteht das Potenzial zur Umgestaltung in eine Flaniermeile und Fußgängerzone, da somit ein hohes Verkehrsaufkommen in der Innenstadt vermieden werden könnte.

**Straßenraumtyp 9: Stadtrandstraße**

Stadtrandstraßen sind Umgehungsstraßen, die um die Stadt und den Ortskern führen. Sie entlasten die Stadt von Fern- und Durchgangs-

verkehr, insbesondere von Schwerlastverkehr. Als Vorfahrtsstraßen in Tempo-50-Zonen sind sie als eine erweiterte Form der Hauptverkehrsstraße anzusehen. Die Bebauungsstruktur ist vielfältig und hängt vom Quartiers-typ ab. In Neu-Isenburg liegen am südlichen Stadtrand Gewerbegebiete und am nördlichen Stadtrand Wohngebiete. Eine geschlossene Bauweise sowie lärmintensive Nutzungen (Gewerbe, Industrie etc.) eignen sich gut. In der Kernstadt gibt es drei Stadtrandstraßen, die vom Westen in den Norden (Friedensallee) und Süden (Rathenaustraße) verlaufen sowie vom Norden in den Nordosten (Gravenbruchring). Stadtrandstraßen liegen i. d. R. zwischen zwei Ortseinfahrten. Der Straßenraum besteht aus einer breiten Fahrbahn (> 6,50m), bei der Lkw/Lkw-Begegnungen möglich sind. Zur Stadtseite gibt es einen Gehwegbereich. Das Hauptmerkmal von Stadtrandstraße ist ihre Lage zwischen Stadt und Wald bzw. im Außenbereich. Die äußere Fahrbahn grenzt direkt an den Wald oder wird durch Parkstreifen ergänzt. Baumbepflanzungen werden nur in Ausnahmefällen gesetzt. Der Radverkehr sollte möglichst im Seitenraum oder auf Waldwegen geführt werden. Radverkehr auf der Fahrbahn, wie bspw. Schutzstreifen auf der Friedensallee und dem Gravenbruchring, sind bei hoher Geschwindigkeit und Schwerlastverkehr nicht empfehlenswert.

Stadtrandstraßen bieten das Potenzial, zu Hauptverkehrsstraßen des MIV entwickelt zu werden, um besonders Durchgangsverkehr in der Innenstadt zu reduzieren. Desweiteren empfiehlt es sich, Quartiersgaragen und Parkplätze an Stadtrandstraßen zu platzieren, um Wohnquartiere vom ruhenden Verkehr zu entlasten.

**Straßenraumtyp 10: Gewerbestraße**

Gewerbestraßen liegen ausschließlich in Gewerbegebieten, die hauptsächlich am Stadtrand zu verorten sind. Dadurch sollen Transport- und Lieferverkehr im Ortskern und in Wohngebieten vermieden werden. Von Gewerbestraßen gehen nur wenige Erschließungsstraßen ab, dennoch grenzen sie an einige Grundstückszufahrten. Die Bebauungsstruktur entlang dieses Straßenraumtyps besteht meist aus groß parzellierten Grundstücken mit Einzelgebäuden, Industrieföhen und größeren Parkplatz- und Lieferflächen. Gewerbliche Nutzungen wie Handel und Logistik sowie technische Infrastruktur und Freizeiteinrichtungen sind entlang von Gewerbestraßen üblich. Wohngebäude sind nur vereinzelt und in Ausnahmefällen vorzufinden. An Werkta-



Straßenraumtyp 9: Stadtrandstraße





Strassenraumtyp 10: Gewerbestraße

gen ist das Verkehrsaufkommen hoch, was vor allem am Transport- und Lieferverkehr liegt. Die Straßenräume sind in ihrer Breite so angelegt, dass Lkw/Lkw-Begegnungen möglich sind. Trotz des hohen privaten Parkangebots durch Parkplätze, Tiefgaragen und Parkhäuser gibt es vermehrt auch Stellplätze im öffentlichen Straßenraum. Die Parkstände im Seitenraum werden oft mit Baumpflanzungen und Grünstreifen kombiniert, was den hohen Versiegelungsgrad in Gewerbegebieten reduzieren soll. Ein hohes Konfliktpotenzial in Gewerbestraßen besteht besonders im Seitenraum, wo Zu- und Ausfahrten von Grundstücken über dem Gehwegbereich verlaufen. Deshalb sind Radverkehrsanlagen in den Seitenräumen konfliktträchtig. Separat angelegte, rot markierte Radwege auf der Fahrbahn sind besser geeignet, da sie das Verkehrrisiko für den Radfahrer verringern. In allen Gewerbegebieten verkehren ÖPNV-Linien.

Die Gewerbestraße ist häufig begrünt, weist allerdings trotzdem einen hohen Versiegelungsgrad auf, weshalb hier das Potenzial zur Entsigelung liegt. Radverkehr und Elektromobilität könnten ausgebaut werden, um den Unternehmen und Arbeitnehmern alternative Mobilitätsformen zu bieten. Aufgrund der Anzahl von Parkplätzen, Parkhäusern und Tiefgaragen ist eine Auflösung von Parkplätzen im öffentlichen Straßenraum möglich.

**Fazit**

Die Identifizierung von Straßenraumtypen kann in Einzelfällen ohne bereits in der Wissenschaft diskutierte allgemeine Verkehrsbausteine erfolgen. Wie sich am Beispiel Neulsenburgs zeigt, können unterschiedlichen Straßenräume unter den Gesichtspunkten Länge, Breite, Funktion und Nutzung betrachtet und im Folgeschritt in Straßenraumtypen kategorisiert werden, die sich voneinander stark abgrenzen. Durch die so erarbeitete Grundlage entstanden in diesem Beispiel insgesamt zehn Straßenraumtypen, die in den

allgemeinen Straßenraumtypen der Wohnstraßen, Gewerbestraßen und Verbindungsstraßen untergeordnet sind.

Für die Förderung von Elektromobilität, den Ausbau des ÖPNV und des Radwegenetzes schafft die Identifizierung von Straßenraumtypen eine gute Grundlage, um Maßnahmen für die Stärkung nachhaltiger Verkehrsmittel zu ergreifen, welche die Verkehrsmittel mit fossiler Antriebstechnik mittel- bis langfristig ersetzen sollen. Die Entsigelung und Begrünung des Straßenraums soll einen ökologischen Mehrwert schaffen, wobei die Verbesserung des Stadtklimas und die dezentrale Regenwasserversickerung im

Vordergrund stehen. Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung, die Auflösung von Stellplätzen sowie Maßnahmen zur Belebung des Straßenraums haben neben ökologischen Nutzen (geringere Lärmemissionen etc.) vor allem einen großen sozialen Mehrwert: Der Straßenraum als öffentlicher Raum lässt sich zu einem Aufenthalts- und Begegnungsraum konzipieren. Die Bewertung des Straßenraumtyps fließt in die weitere Betrachtung mit ein und ist ein wesentliches Element der Entwicklung der einzelnen Quartierstypen, die in der kommenden Ausgabe vorgestellt werden. <



**ADRIAN BIENKOWSKI**

> M.Eng. Umweltmanagement und Stadtplanung in Ballungsräumen (Hochschule RheinMain); Architektur mit Schwerpunkt Stadtplanung an der Päpstlichen Universität Xaveriana in Bogotá/Kolumbien (Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá); B.Sc. Stadt- und Raumplanung (Fachhochschule Erfurt); Schwerpunkte: Stadt- und Raumplanung, Konzeptentwicklung, Internationale Projekte, Städtebauliche Entwürfe (CAD); urbanplanning-collective@outlook.de



**LARS WOLFARTH**

> M.Eng. Umweltmanagement und Stadtplanung in Ballungsräumen (Hochschule RheinMain); B.Eng. Geoinformation und Kommunikation (Frankfurt University of Applied Sciences); Schwerpunkte: Stadtplanung und Verkehr, Vermessung und Landmanagement, Primäre und sekundäre Datenrecherche, GIS-Analysen; urbanplanning-collective@outlook.de



Unsere Daten neu denken

# Gewaltige gesellschaftliche, soziale und wirtschaftliche Umwälzungen

Immer mehr, immer schneller, immer komplexer. Die Möglichkeiten des Datenmanagements im Netz sind so vielfältig wie unüberschaubar. Fachkräfte im Bereich der Digitalisierungsstrategien mahnen schon länger einen Paradigmenwechsel bei der Datenbereitstellung an: Es sollte möglich sein, auf einfache Art und Weise Daten interoperabel und verarbeitbar anzubieten. Insbesondere bei Ingenieurprojekten oder auch Umweltanalysen ist es für die Beteiligten wichtig, sich über Systeme auszutauschen, Daten aus den Fachsystemen herauszuheben und mit denen anderer Fachsysteme zu verknüpfen. Ohne Informationsverlust. Wie das gehen könnte, beschreibt dieser Beitrag anhand eines neuen Systems. | [Heino Rudolf](#)

22



tippapatt/AdobeStock

➤ *„Daten sind das Öl des 21. Jahrhunderts.“* Dieser Vergleich wird heute von weiblichen wie männlichen Politikern, Wissenschaftlern, Ökonomen, Wirtschaftsmanagern, Journalisten und anderen häufig bemüht. Erstmals hat ihn wohl der britische Mathematiker Clive Humby 2006 [4] verwendet.

Diese Metapher kann durchaus wirtschaftspolitisch gedeutet werden, denn die großen Ölkonzerne wurden von IT-Riesen wie Google, Amazon, Apple, Facebook und Microsoft als reichste Unternehmen der Welt abgelöst. Und wieder einmal konzentrieren sich die Gewinne in den Händen einiger Weniger. Malte Spitz stellt in seinem Buch [3] Ansätze zusammen, was aus der Öl-Ver-

gangenheit für eine demokratische, gleichberechtigte und v. a. nachhaltige Daten-Zukunft abgeleitet werden kann. Angela Merkel griff diesen Vergleich seit 2015 mehrfach auf (z. B. [5]) und wandelte ihn ein wenig ab: *„Daten sind Rohstoffe des 21. Jahrhunderts.“*

Damit wird deutlicher auf die Wirkungen der Daten als notwendige Basis für die Wirtschaft und Produktion fokussiert. Diese Feststellung dürfte mittlerweile zum Allgemeingut avanciert sein. In Deutschland wird in diesem Zusammenhang von „Digitalisierung“ gesprochen, die gewaltige gesellschaftliche, soziale, wissenschaftliche und wirtschaftliche Umwälzungen nach sich ziehen wird.

## Digitalisierung: Transformation der Gesellschaft

Bereits in den 90er-Jahren gab es die Digitalisierung – als Prozess der Schaffung digitaler Daten aus analogen Vorgaben. Heute steht der Begriff für eine digitale Transformation der Gesellschaft, die alle Bereiche des Lebens erfasst.

Oftmals wird in diesem Kontext über die vierte industrielle Revolution (bekannt auch als „Industrie 4.0“) diskutiert. Es ist sehr auffällig, dass immer technische Innovationen die Triebkräfte der vorangegangenen drei industriellen Revolutionen waren: (1) Maschinen, Wasser und Dampfkraft; (2) Fließbandproduktion, Elektrifizierung, Motoren, Telekommu-

nikation; (3) Elektronik, Computer, Informationstechnik. Diese Kräfte waren für jedermann sicht- und anfassbar.

Das ist jetzt ganz anders, denn Digitalisierung findet im Virtuellen statt. „Die wahren technischen Hintergründe erschließen sich nicht auf den ersten Blick, also werden die technischen und infrastrukturellen Voraussetzungen, die Gestaltung und Bedienung der allgemein genutzten Applikationen, Visualisierungen, die spürbaren rechtlichen, sozialen, gesellschaftlichen und andere Effekte diskutiert“ [1, Kapitel 9]. Wir reden von Digitalisierung, aber meinen wir alle dasselbe? Wenn die Potenziale der Digitalisierung erschlossen und die Auswirkungen beeinflusst werden sollen, müssen die (technischen) Ursachen und Entwicklungen verstanden werden. Im Folgenden wird auf eigene Ausführungen in [1] zurückgegriffen, um „Digitalisierung“ zu definieren:

**(1) Umwandeln von analogen Werten in digitale Formate; Erstellen digitaler Repräsentationen von physischen Objekten, Ereignissen, analogen Informationen**

Die ersten Digitalisierungen bezogen sich auf einfache Umwandlungen von analogen Werten in digitale Formate; zunächst einfache Zeichen und Zahlen in binären Code, später Texte, Musikstücke, Fotos, Karten, Filme ... Es entsteht ein binäres Abbild des analogen Gegenstands. Wesentlich ist die Definition des Formats, wie dieser Gegenstand codiert wird. Damit ist ein entscheidender Aspekt der Digitalisierung gegeben: ein verständliches, leicht und effizient weiterverarbeitbares und auf zukünftige Anforderungen überführbares binäres Format.

Für die Verwaltung der digitalen Daten werden Speichermedien benötigt. Für die Erzeugung der digitalen Daten, vor allem aber auch ihre Rückübersetzung in die ursprünglichen (analogen) Formen, sind DV-Programme notwendig. Es entsteht eine zweite, digitale (virtuelle) Welt mit gespeicherten digitalen (binären) Daten und zugehörigen Erzeugungs- und Verarbeitungsprogrammen.

Letztendlich kann alles digital erfasst werden, was der Mensch sich ausdenkt, was er analysiert und dokumentiert – natürlich immer als Modell mit bestimmten Formaten und damit in einer binären Beschreibung wesentlicher Eigenschaften des Originals.

**(2) Wandel in Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik zu digitalen Prozessen**  
Zunächst waren Digitalisierungen auf Rechen-technik fokussiert. Durch die immer komplexeren Formate, die Bereitstellung großer Speicherkapazitäten und die gewaltige Erhö-

hung der digitalen Verarbeitungsgeschwindigkeiten wurden immer neue Bereiche digitalisiert und digitale Prozesse implementiert: Geodatendarstellung und -bereitstellung, Funk und Fernsehen, Musik-, Foto-, Kommunikationsindustrie, Aspekte des Autofahrens, Verkehrssteuerungen, Prozesssteuerungen in der Industrie ...

Die Digitalisierung bietet im Vergleich zur analogen Informationsverarbeitung wesentliche Vorteile: einfache Speicherung, Verteilung, Wiedergabe der Informationen, maschinelle Lesbarkeit und damit schnelle und einfache Verarbeitung der Daten, Langzeitspeicherung ohne Qualitätsverluste, Komprimierbarkeit der Informationen. Damit führt der Umstieg auf digitale Systeme und Steuerungen zu einer völlig neuen Qualität in Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik. **(3) Digitale Transformation: durch die Digitalisierung ausgelöster Umbruch, der einen Wandel der Technik sowie (fast) aller Lebensbereiche bewirkt**

Technisch eingeleitet wurde die digitale Transformation durch die Vernetzung von Geräten, Maschinen, Unternehmen usw. Werden die Daten in standardisierten digitalen Formaten bereitgestellt, können sie jederzeit ausgewertet und weiterverarbeitet werden. So werden Prozesse angestoßen und gesteuert; es werden auch beschreibende Zustandsdaten zur Optimierung der Prozesse herangezogen u. v. m. Nach (2) sind immer mehr Maschinen und Geräte mit DV-Programmen ausgestattet, sodass sie digitale Daten auswerten, über Daten gelenkt werden und auch wieder Daten zur Weiterverarbeitung erzeugen. Der Trend ist heute längst erkennbar: Wenn so viele

digitale Daten wie möglich gespeichert und digitalen Prozessen zur Verfügung gestellt werden, kann die Realität virtuell umfassend erklärt, können immer mehr real ablaufende Prozesse vorhergesagt, gemanagt und beschrieben werden. Und das betrifft (noch mit unterschiedlicher Intensität) alle Bereiche der Gesellschaft: beginnend mit Speicherungen menschlicher Verhaltensweisen über Gesundheitsdaten, Verkehrs- u. a. Prozessabläufe usw., aber auch die Erfassung der Umweltvorgänge und -zustände.

### Unsere Daten heute

Es dürfte aus allem bisher Ausgeführten erkennbar sein, dass für unsere digitale Gestaltung der Zukunft dringend Daten benötigt werden – so viele wie möglich und in einer Form, in der sie einfach, schnell und effizient weiterverarbeitet werden können.

Auf der letzten Sitzung des Fachausschusses „Digitale Wasserwirtschaft“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) im Juni 2022 berichteten die Kolleginnen und Kollegen aus Nordrhein-Westfalen über ihre Arbeiten zur Aufarbeitung des Hochwassers der Ahr 2021: ca. 20 % der Arbeitszeit benötigten sie zum Auffinden der Daten, ca. 60 % zum Aufbereiten der Daten und dann verblieben nur etwa 20 % für die eigentlichen fachlichen Auswertungen. In *Abbildung 1* haben wir skizziert, wie es einem Akustiker bei der Bereitstellung der Daten für die Lärmkartierung ergehen könnte (und das alle fünf Jahre wieder).

Viele werden sich vielleicht mit dieser Figur identifizieren können.

Häufig wird betont, dass heute bereits Da-



Abb. 1: Ingenieurarbeit mit Daten (ein fiktives Beispiel)

ten zur Weiterverarbeitung angeboten werden, dass es die notwendige interoperable Datenbereitstellung bereits gibt – z. B. wurden Geodateninfrastrukturen geschaffen, die auch den Download von (Geo-)Daten ermöglichen. Aber: Für komplexe Ingenieurprojekte, Simulationen, für den Einsatz künstlicher Intelligenz u. ä. reicht es nicht aus, einfach Layers (Features) mit einer Geometrie – angereichert um spezielle Sachdaten – herunterzuladen. Viel wichtiger sind meist die Verknüpfungen zwischen den Datensätzen, die dann mit z. T. komplizierten Algorithmen erzeugt oder nachträglich übernommen werden.

Und zum weiteren Verkomplizieren haben alle bereitgestellten Datensätze auch noch eigene, ganz speziell auf die Featureklasse zugeschnittene Datenstrukturen.

Häufig wird dann behauptet, dass es gar nicht anders zu machen sei. Heute wird einerseits Interoperabilität benötigt, andererseits werden aus Ermangelung adäquater Methoden aktuelle Standards (z. B. XÖV [C]), die etwa 20 Jahre alte Technologien verwenden, zu Gesetzen für die Datenbereitstellung erhoben.

„Die Methoden sind nach meinem Dafürhalten für eine interoperable Datenbereitstellung von Informationen zu unserer Umwelt unbefriedigend. Sie sind schwer verständlich, kompliziert, auf bestimmte Phänomene zugeschnitten und äußerst schwerfällig (wenn überhaupt) an erweiterte Anforderungen anpassbar. Wir dürfen auch nicht vergessen, dass für die gewünschte Weiterverarbeitung der Daten zu neuen Wertschöpfungen komplizierte Programme für das Entschlüsseln, insbesondere bei einem Zusammenführen von Daten verschiedener Themen, notwendig werden.“ [1, Kapitel 8]

Wo sollen so viele Menschen herkommen, um das zu programmieren? Und was würde das kosten? Auch hier dürfte klar sein, dass mit dieser Methode der Datenbereitstellung die Digitalisierung nicht gemeistert werden kann.

### Datenbereitstellungen heute

In *Abbildung 2* symbolisiert ein Zylinder der oberen Reihe die Datenhaltung für ein Fachsystem. Die unteren Fünfecke stehen für Datenbereitstellungen. (Es handelt sich um Auszüge aus INSPIRE-Datenmodellen – die Inhalte der Kästchen und Zylinder sind nicht wichtig, die Methode steht im Fokus.)

Es wird Code geschrieben, um die Daten von einem Fachsystem in die Strukturen für eine Datenbereitstellung zu überführen (in *Abbildung 2* durch dicke blaue Pfeile skizziert, die oftmals recht aufwendig zu programmie-

ren sind). Diese Verfahrensweise ist heute allgemein verbreitet, kreierte wurde sie i. W. durch die Vermessungsverwaltungen. Sie erheben ihre Daten im Fachsystem fast ausschließlich zum Zweck der Bereitstellung von geografischen Informationen, denn das ist ihre ureigene Aufgabe. So müssen sie diese bereits zum Veröffentlichen gedachten Daten einfach in das konkrete Datenformat umwandeln. Das nennt sich dann „Datenharmonisierung“.

Unglücklicherweise sind die Datenstrukturen für die Bereitstellung (in *Abbildung 2* die unteren Fünfecke) immer auf spezielle inhaltliche Phänomene fokussiert. Allein Inspire enthält 34 Datenmodelle zu den einzelnen Anhängen, es gibt beispielsweise mehr als 60 Umweltberichterstattungen an die Europäische Kommission. Wie bereits erkennbar ist [1], wird es in Zukunft ein „Wuchern“ von Datenharmonisierungen geben. Und es zeigt sich auch schon ein „Wuchern“ an Standards, da neue fachlich-inhaltliche Aufgaben ein neues Modell zur Datenbereitstellung benötigen.

Alles, was an Inhalten und Verknüpfungen offeriert werden soll, muss bei dieser Methode natürlich in den Quellsystemen vorgehalten werden. Deshalb werden Interoperabilitätskriterien definiert, um bereits in den Fachsystemen notwendige Verlinkungen aufzunehmen.

Genau diese Methode der „Datenharmonisierung“ wird jetzt auch auf die Bereitstellung von Fachdaten angewandt. Doch das funktioniert bei den Fachexpertinnen und -experten so einfach nicht. Sie nutzen die IT-Systeme zur Erfüllung ihrer konkreten Aufgaben, z. B. das Betreiben und Auswerten von Messsystemen, Bearbeiten von Genehmigungsverfahren, Umweltanalysen und -prognosen. Darauf sind die Fachsysteme zugeschnitten, um beispiels-

weise riesige Messzeitreihen oder komplexe Auswertelgorithmen performant zu verarbeiten. Die Datenbereitstellung spielt nur eine untergeordnete Rolle in ihren Fachsystemen. Die „Datenharmonisierungen“ können jetzt noch aufwendiger werden. Und vieles, was an bereitzustellenden Verknüpfungen gewünscht wird, muss irgendwie nachträglich im Fachsystem eingearbeitet werden, also wären ggf. sogar noch diese Systeme anzupassen, was dann noch kostspieliger wird.

### Wofür steht Interoperabilität?

Interoperabilität heißt ganz einfach: Die Daten sind so bereitzustellen, dass sie miteinander operieren, also verarbeitet werden können. Die Definition von Interoperabilität (also des gemeinsamen Miteinanders) erschließt sich aus unseren Erfahrungen mit gesundem Menschenverstand: Wir müssen uns unterhalten wollen (psychologische Voraussetzungen). Wir müssen miteinander reden dürfen (rechtliche Voraussetzungen). Wir müssen uns treffen oder zumindest miteinander kommunizieren können (technische Voraussetzungen). Wir brauchen Regeln für dieses Miteinander, denn sonst agieren wir nicht gemeinsam (organisatorische Standards). Wir benötigen dazu für alle verständliche Kommunikationsformen, über die wir uns austauschen (Standards der Datenbereitstellung). Es ist eine gemeinsame Sprache erforderlich, die wir alle verstehen (datenstrukturelle Standards).

Im Grundsatz müsste das bereits seit Inspire [A] bekannt sein, wo konkrete organisatorische, technische und sogar datenstrukturelle Festlegungen zur Datenbereitstellung in einem Gesetz festgeschrieben wurden. Warum wurde dann aber diese Herausforderung bis heute nur teilweise gemeistert, und warum ist das eigentliche Ziel recht weit entfernt?

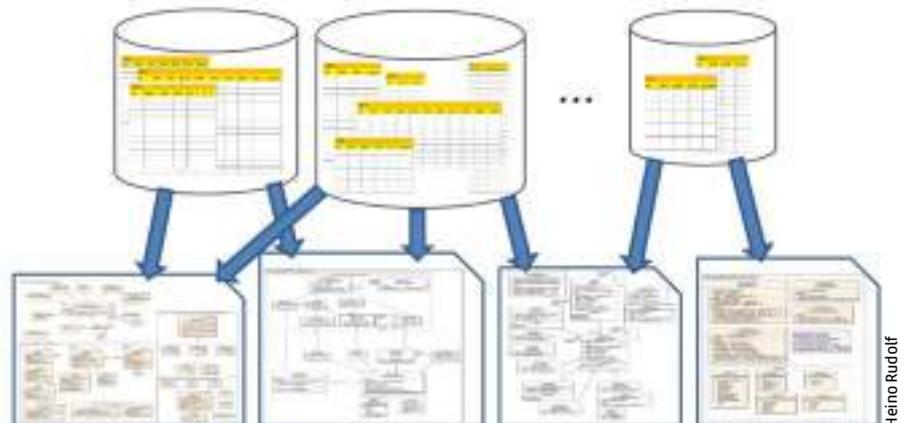


Abb. 2: Datenbereitstellungen heute

Im Folgenden werden einige Gedanken zu den zuvor genannten sechs Aspekten der Interoperabilität andiskutiert, um damit zu lösungsorientierten Debatten anzuregen.

## Voraussetzungen für ein gemeinsames Datenmanagement

**Psychologische Voraussetzungen:** Immer wieder wird behauptet, Corona habe der Digitalisierung einen gewaltigen Impuls gegeben. Wenn die Digitalisierung auf die Bereitstellung und breite Nutzung von Softwarelösungen reduziert wird, dann mag das stimmen. Aber eigentlich hat doch Corona viel deutlicher gezeigt, welcher riesiger Nachholbedarf besteht: Forschende beklagen immer wieder eine nicht ausreichende Datenbasis, die Bearbeitungsprozesse und der Datenaustausch erfolgten lange Zeit ausschließlich analog und führten zu Engpässen in der Berichterstattung, bei Nachverfolgungen und Statistiken; viele Einrichtungen waren gar nicht ans Internet angeschlossen.

Die Bereitschaft der Menschen, die digitalen Veränderungen anzunehmen oder gar aktiv mitzugestalten, ist eines der größten Probleme bei der weiteren digitalen Transformation der Gesellschaft. Das betrifft ganz besonders die Umsetzung von digitalen Prozessen, denn gerade diese werden die Umwälzungen vorantreiben. Wie oft gibt es als Erwiderung auf konzeptionelle Vorschläge für den Einsatz der Informationstechnologien: „Das haben wir aber immer schon so gemacht.“

Datenverarbeitung wird oft als „Spielplatz“ der Fachkundigen gesehen, viele Menschen schieben sie von sich weg. Dahinter verbergen sich auch Ängste vor den Veränderungen. Geschürt wird das Ganze auch durch die Autoritäten selbst, indem immer neue „Trends“ deklariert werden: z. B. Augmented Reality, Big Data, Internet of Things, Künstliche Intelligenz, Social Networks (entnommen aus [6] zu den aktuellen Digitalisierungstrends mit Auswirkungen auf den Umweltschutz). Gebraucht wird dringend eine Entmystifizierung der Wirkmechanismen der digitalen Welt, sodass alle Menschen die Digitalisierung als ihre eigene große Chance sehen: Digitalisierung ist etwas Großartiges – so wird Nachhaltigkeit bei der Gestaltung der Prozesse erreicht und so wird dann tatsächlich etwas für den Umweltschutz bewirkt.

**Rechtliche Voraussetzungen:** Der Trend ist ganz klar: Inspire [A], GeoZG [D], UIG [E] u. a. Gesetze und Verordnungen legen fest, dass Behörden die von ihnen erhobenen Informatio-

nen offen zur Verfügung zu stellen haben. Informationen sind nun nicht unbedingt gleich Daten, deshalb wurden Open-Data-Initiativen vom Bund und den Ländern gestartet. In Nordrhein-Westfalen ist in diesem Jahr die Open-Data-Verordnung in Kraft getreten, die die Anforderungen an das Bereitstellen von Daten regelt. Andere Länder werden folgen.

Auch die Fachbereiche werden folgen: Z. B. hat die Geologie mit dem GeolDG [F] gesetzlich definiert, dass die Behörden die Daten zu den geologischen Aufschlüssen digital zu veröffentlichen haben, und mehr noch: alle Bohrungen sind den Behörden anzuzeigen und diese haben die Daten in kurzer Zeit bereitzustellen.

**Technische Voraussetzungen:** Mit Inspire ist in der Verwaltung viel geschehen. Es wurden Geodateninfrastrukturen aufgebaut, die Daten können über Dienste bereitgestellt werden. In der Wissenschaft und Wirtschaft ist die Rechentechnik nicht mehr wegzudenken. Bis zu jedem Beschäftigten in den Behörden, an unseren Schulen usw. ist das noch nicht 100-%ig durchgedrungen. Richtig schlimm und mangelhaft bereitgestellt ist der Anschlussgrad mit (schnellem) Internet. (Könnten wir uns eine Ortschaft vorstellen, zu der keine Straße führt?)

## Standards für ein gemeinsames Datenmanagement

**Organisatorische Standards:** Inspire hat gerade diesbezüglich klare Rahmenbedingungen für die Datenbereitstellungen gesetzlich festgelegt. Darauf Bezug nehmend, hat Stephan Klemm in seiner Masterarbeit [7] Qualitätskriterien für die Datenbereitstellung zusammengestellt: Datenstruktur, Verfügbarkeit, Lizenzmodell/rechtlicher Rahmen, Vollständigkeit, Aktualität, Genauigkeit, Inhalt, Interoperabilität. Er untersuchte, wie die Daten der mCloud des Ministeriums für Digitales und Verkehr diesen Kriterien entsprechen und inwieweit sie für Weiterverarbeitungen überhaupt geeignet sind (konkret analysiert am Beispiel des automatisierten Fahrens). Sein Fazit: Einfach hochgeladene Daten, die nicht die oben genannten Qualitätskriterien erfüllen, sind für neue Wertschöpfungen und Verarbeitungen ungeeignet.

Das ist das große Dilemma vieler Datenbereitstellungen der Open-Data-Initiativen: Die Daten können vielleicht für anschließende Projekte hilfreich sein, aber für die digitale Umgestaltung unserer Gesellschaft sind sie wertlos.

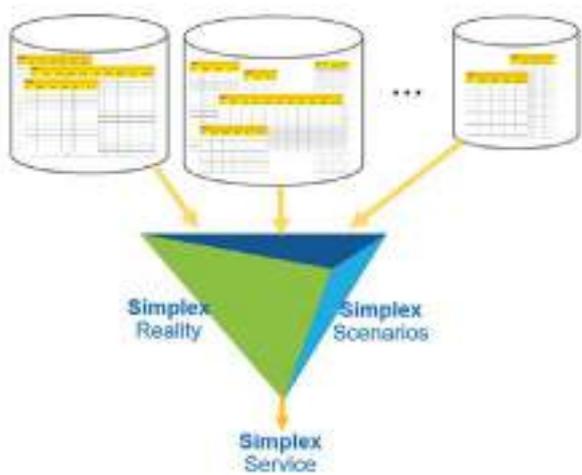
**Standards der Datenbereitstellung:** Hier geht es um die „Verpackung“. Wie werden die Daten angefragt, wie wird geantwortet. Das ist natürlich zu formalisieren (standardisieren), damit die Maschinen kommunizieren können. Weit verbreitet sind die Standards des Open Geospatial Consortiums (OGC): z. B. Web Map Service (WMS zur Übertragung von Bildern), Web Feature Service (WFS zur Übertragung von Objekten/Features). Neue Standards sind die API Services (Application Programming Interface), z. B. API Features, der den WFS ablöst. Die API Services sind einfacher zu interpretieren und haben noch den Vorteil, dass die Daten selbst in beliebigen, allgemein bekannten Formaten übertragen werden können, z. B. JSON, CSV, XML.

Das ist alles sehr ausgereift. Es können also Daten anfragt und gelieferte Datenpakete entgegengenommen werden. Damit sind aber die eigentlichen Dateninhalte (welche Attribute gehören zum Datenpaket und wie sind die Attribute codiert?) noch nicht erklärt.

**Datenstrukturelle Standards:** Inspire [A] hat Datenstrukturen gesetzlich festgeschrieben. Für die 34 Annexthemen wurden Datenmodelle definiert, die für die zu übertragenden Objektklassen die Attribute mit ihren Inhalten und Codierungen und die Verknüpfungen festlegen. Eine ganz wesentliche Erkenntnis, denn nur so können die offerierten Daten auch inhaltlich weiterverarbeitet und wirkliche Interoperabilität erreicht werden.

Wie weiter vorne im Text bereits ausgeführt, sind alle Datenmodelle auf fachliche Phänomene zugeschnitten. Die eigentliche Ursache dafür liegt in der genutzten Modellierungsbasis. Inspire setzt auf die Datenstrukturen der ISO 191xx-Serie [G] auf. In [2] wurde begründet, dass bereits durch die Verwendung dieser Normen fachlich zugeschnittene Datenmodelle vorherbestimmt sind. Wenn so modelliert wird, geht es tatsächlich nicht anders, als heute üblich.

Also muss eine andere Modellierungsmethode ausgearbeitet werden. Diese wurde bereits in einem Buch [1] veröffentlicht, die konkrete Umsetzung ist in einer weiteren Publikation [2] erläutert. Dieser neuartige Modellierungsansatz leitet sich von der Graphentheorie ab und wendet diese ganz konsequent an. Ein Graph besteht aus genau zwei Elementen: Knoten und Verbindungen. Wenn die Datenhaltung als Graph begriffen wird, dann wird eine Datenbanktabelle für die Verwaltung der Knoten (Entitäten) und eine Datenbanktabelle für die Verwaltung der Ver-



Heino Rudolf

Abb. 3: Datenbereitstellungen neu denken

26

bindungen (Relationships) benötigt. Und tatsächlich können alle Objektklassen mit ihren Verbindungen in genau zwei Datenbanktabellen verwaltet werden! Hinzu kommen noch ergänzende Tabellen zu den sachlichen und grafischen Ausprägungen.

Die Datenstruktur ist also völlig unabhängig vom fachlichen Gegenstand. Das Datenmodell kann man sich wie ein Spinnennetz vorstellen, es kann jederzeit verdichtet oder vergrößert werden. Welche Inhalte sich hinter den einzelnen Netzknoten bzw. Netzverbindungen verbergen, wird über beschreibende Metadaten hinterlegt.

**Datenbereitstellungen neu denken**

Zurück zur Interoperabilität: Die Fachsysteme werden nicht angefasst. Sie werden so gelassen, wie sie sind. Einerseits erfüllen die Systeme

die Aufgaben des Fachkollegiums; und diese werden es danken, wenn sie weiter so arbeiten können, wie sie es möchten. Andererseits können diese Systeme nicht mit Verknüpfungen u. ä. überlastet werden, denn so entstehen die oft zitierten „Spaghettistrukturen“.

Es wird ein eigenständiges Tool für interoperable Datenzusammenstellungen erstellt, nennen wir es Simplex4D. Da das nach den oben beschriebenen graphentheoretischen Ansätzen strukturiert ist, können beliebige Objektklassen in dieses Tool einspielt werden. Je mehr Objekte übernommen werden, umso dichter und vermaschter wird das „Simplex4D-Spinnennetz“.

Die Datenhaltung ist zweistufig gestaltet: Hinter der „Reality“ verbirgt sich das oben beschriebene graphentheoretische Daten-

modell. „Scenarios“ sind Sichten auf die Daten. So können schnell und einfache Daten für Auswertungen, Präsentationen, aber auch für Ingenieurprojekte zusammengestellt werden.

Da die Reality-Struktur sehr einfach ist, sind jetzt auch die Datenübernahmen aus den Fachsystemen weniger kompliziert. (In *Abbildung 3* ist das mit dünnen gelben Pfeilen symbolisiert, in *Abbildung 2* waren sie dick blau.)

Natürlich können über Scenarios auch alle Daten entsprechend der heute gängigen Standards zusammengestellt werden. Umgesetzt wurde das für mehrere Inspire-Anhänge. Doch warum eigentlich sollten weiter komplizierte phänomenale Datenstrukturen geliefert werden? Ließen sich nicht einfach die Daten allgemeingültig in der Reality-Struktur veröffentlichen? Jedenfalls wären sie dann sehr einfach und auf immer gleiche Art und Weise verarbeitbar! Also auch effektiv vorbereitet für Ingenieursarbeiten.

Janik Großmann hat in [8] das System am Beispiel des implementierten API Features Service beschrieben. Die *Abbildung 4* zeigt die Nutzung an einem Beispiel der Stadt Dresden.

Mit einer einzigen Abfrage können z. B. alle Objekte entlang einer Straße (hier die Königstraße in Dresden) selektiert werden. Links ist in einem Graphen die Königstraße mit allen ihr zugeordneten Objekten zu sehen: Adressen (rot), Straßenknoten (braun), Nachbarstraßen (als Linien), kulturelle, soziale und technische Einrichtungen (blau), dem zugehörigen Stadtteil (als Fläche) ... Rechts werden die Objekte grafisch dargestellt.

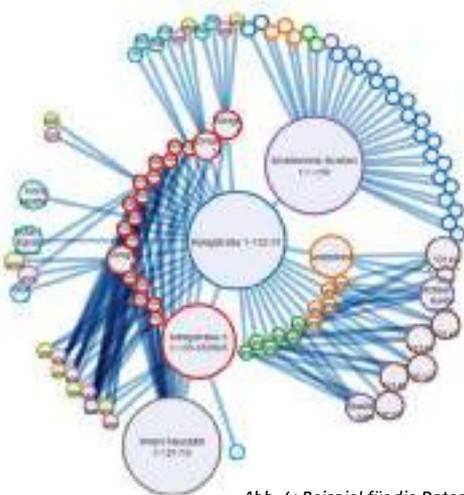
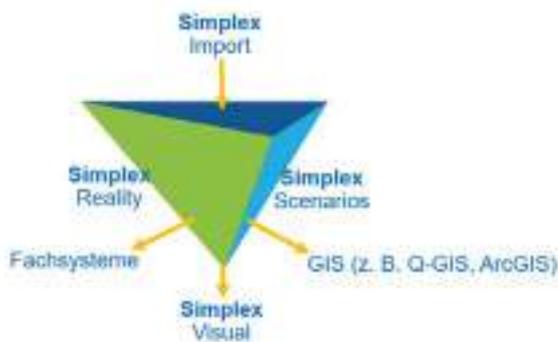


Abb. 4: Beispiel für die Datenbereitstellung



Heino Rudolf



Heino Rudolf

Abb. 5: Unsere Daten neu denken

Es kann sich immer weiter im Graphen vom Objekt zu einem benachbarten Objekt usw. bewegt werden. Die Daten wurden in Zusammenarbeit mit dem Vermessungsamt Dresden aus über 100 Quellen aus dem Open-Data-Portal übernommen und zusammengespielt. Die Abfrage erfolgte über den integrierten API Features Service.

### Ausblick, Möglichkeiten und Chancen

Die Umsetzung dieser Methode wurde vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr im mFund-Projekt envVisio-GI [B] gefördert. Aktuell unterstützt die Stadt Dresden die marktreife Implementierung des Systems. Die Lösung ist ein Paradigmenwechsel bei der Datenbereitstellung; die Daten werden auf ganz einfache Art und Weise interoperabel und verarbeitbar angeboten. Die Datenbereitstellungen werden nachhaltig, die Digitalisierung wird durch die Verfügbarkeit der Daten in einfach umsetzbaren Strukturen einen Schub erfahren.

Das Ziel – auch in finanzieller Hinsicht – ist, dass jeder das System erwerben kann. Alle sollten die Möglichkeit erhalten, ihre Daten interoperabel zu verwenden und auch andererseits zur Verfügung zu stellen.

Für alle, die das System nutzen, ergibt sich die Möglichkeit, Daten aus den Fachsystemen herauszuheben und mit Daten anderer Fachsysteme zu verknüpfen. Sie erhalten einen Überblick über alle Daten und Verknüpfungen.

Personen, die auf Daten angewiesen sind (z. B. in Ingenieurprojekten, Umweltanalysen bzw. -simulationen, mit künstlicher Intelligenz), können die aktuell noch heterogen angebotenen Daten in das System importieren. Die Prozesse der Datenaufbereitung werden sich deutlich vereinfachen. Es wird wieder Zeit für die eigentlichen Fachaufgaben gewonnen.

*Simplex4D wird von Simplex4Data GmbH auf der Intergeo in Essen vom 18.10.-20.10., Halle 2, Stand F 2.012 „Junge innovative Unternehmen“ präsentiert. <*

### QUELLEN

- [1] Rudolf, H.: Umweltdatenmanagement: Eine Geo-Inspiration. Bernhard Harzer Verlag GmbH, Karlsruhe 2018
- [2] Rudolf, H.: Umweltdaten-Intelligenz. In: Freitag, U., Fuchs-Kittowski, F., Abecker, A., Hosenfeld, F. (Hrsg.): Umweltdaten-Intelligenz – Wie verändert die Digitalisierung unsere Gesellschaft? Springer Vieweg, Wiesbaden 2020
- [3] Spitz, M.: Daten – das Öl des 21. Jahrhunderts?: Nachhaltigkeit im digitalen Zeitalter. Hoffman und Campe, Hamburg 2017
- [4] Humby, C.: Talk at ANA Senior marketer's summit, Kellogg School, 04.11.2006
- [5] Merkel, A.: Video-Podcast zur Eröffnung der CeBIT, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (BPA), 12.03.2016
- [6] Umweltbundesamt: Umweltdatenmanagement und Digitalisierung – Praktische Ansätze zur Verbesserung der Umweltleistung, Dessau-Roßlau 2019
- [7] Klemm, S.: Inspire und Open Data für Dienste zum automatisierten Fahren. – Eine Untersuchung der Verwertbarkeit dieser Daten im Rahmen des Forschungsprojekts Cartox<sup>2</sup>, Masterarbeit Hochschule Anhalt, Dessau-Roßlau 2019
- [8] Großmann, J.: envVisio Service – ein universeller Dienst für Umweltdaten. In: Fuchs-Kittowski, F., Abecker, A., Hosenfeld, F. (Hrsg.): Umweltdaten-Intelligenz – Wie trägt die Digitalisierung zur Nachhaltigkeit bei? Springer Vieweg, Wiesbaden 2022
- [A] Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rats vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (Inspire). In: ABL der EU, L 108, S.1-14, 2007
- [B] envVisio-GI - GeodatenIntelligenz für interoperables Datenmanagement mit der envVisio-Methode – envVisio-GI, mFund-Projekt des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, [www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/envvisio-gi.html](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/envvisio-gi.html) (zuletzt aufgerufen am 05.08.2022)
- [C] XML in der öffentlichen Verwaltung (XÖV). Offizielle Website zum Standard: [www.xoev.de/](http://www.xoev.de/) (zuletzt aufgerufen am 10.08.2022)
- [D] Gesetz über den Zugang zu digitalen Geodaten (Geodatenzugangsgesetz GeoZG) vom 10.02.2009. BGBl. I S. 278
- [E] Umweltinformationsgesetz (UIG) vom 08.07.1994. BGBl. I S. 1490; Neubekanntmachung vom 27.10.2014. BGBl. I S. 1643
- [F] Geologiedatengesetz (GeolDG) vom 19.07.2020. BGBl. I S. 1387
- [G] ISO 191xx-Serie – Standardnormen der International Organization for Standardization zur Bereitstellung von Geodaten



### HEINO RUDOLF

Dr.-Ing.; hat von 1982 bis 1987 Bauingenieurwesen an der TU Dresden studiert, anschließend Forschungsstudium mit der Vertiefung rechnergestützte Stadt- und Regionalplanung; entwickelte in verschiedenen Firmen Umweltdateninformationssysteme; war an der Konzeption europäischer Standards zum Datenmanagement beteiligt, u. a. in der Inspire-Arbeitsgruppe Umweltüberwachung; arbeitet seit 2016 als Beratender Ingenieur.



- Schalpläne
- Positionspläne
- Bewehrungspläne (EC2)
- Bewehrungslisten
- Architektur
- Stahlbau (EC3)





info@llh-software.de
www.llh.de
Tel. 05405 969-31
Fax -32

Infrastrukturprojekte und andere Großprojekte

# Partnerschaftliche, agile Projektsteuerungsverträge als Ziel

Lange Projektlaufzeiten bei Infrastrukturvorhaben und von Auftraggebern gewünschte pauschale Festpreise je Projektstufe auf der Grundlage von Standardleistungsbildern führen immer wieder zu Vertragsanpassungen und langwierigen Nachtragsverhandlungen mit hohem Konfliktpotenzial zwischen dem Auftraggeber und der Projektsteuerung. Der Beitrag stellt einen agilen und partnerschaftlichen Ansatz und ein darauf ausgerichtetes Vertrags- und Vergütungsmodell vor, das eine bedarfsgerechte Anpassung der Leistungsanforderungen in jeder Projektphase ermöglicht und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Vergütung regelt. | [Ursula von Minckwitz, Alexander Kammerl](#)

28



AA-W/AdobeStock

➤ Große Infrastrukturprojekte haben in der Regel sehr lange Laufzeiten von zwischen zehn und 25 Jahren. Sie absolvieren dabei mehrere Legislaturperioden und unterliegen im Zuge der Projektabwicklung weitreichenden Veränderungen, auf die beide Parteien zu großen Teilen keinen Einfluss haben, sich hierauf aber einstellen müssen, um das Projekt zum gewünschten Erfolg zu bringen. Bisher lassen Ausschreibungen für solche Maßnahmen veränderungsaffine Regelungen zu großen Teilen vermissen, sodass Streitigkeiten über Anpassungserfordernisse solcher Verträge die Folge sind. Diese bringen für beide Seiten Unsicherheiten, die auch existentielle Bedeutung bekommen können. Agil steht für die Fähigkeit, schnell auf wechselnde Anfor-

derungen und Randbedingungen reagieren zu können. Agile Arbeitsweisen haben sich zunächst in der Softwareentwicklung etabliert. Sie eignen sich insbesondere dann, wenn aufgrund hoher Komplexität, langer Projektlaufzeiten und unklarer Anforderungen eine genaue und umfassende Vorausplanung der Projektabwicklung unmöglich ist. Diese Randbedingungen treffen auch auf große Bauprojekte insbesondere im Bereich der Infrastruktur zu. Daher benötigen wir Verträge, die eine agile Anpassung der Leistungsanforderungen an den Bedarf des AG in allen Projektphasen ermöglichen und dafür eine partnerschaftliche Anpassung der Vergütung vorsehen.

Das anzuwendende Vergaberecht engt die Handlungsspielräume für solche Verträge

ge bedauerlicherweise ein, weil im Fall von wesentlichen Auftragsweiterungen eine Neuausschreibung erforderlich ist. Um dies zu vermeiden, müssen alle Parameter zur Anpassung von Leistungen und Vergütung bereits im Wettbewerb ermittelt und im Hauptvertrag fixiert worden sein. So können beispielsweise Rahmenverträge – insbesondere Mehrfachrahmenverträge – eine Möglichkeit der Umsetzung agiler Verträge sein, solange sich im Vergaberecht nichts betreffend der Laufzeit von Rahmenverträgen geändert hat. Nach § 132 (2) Nr. 1 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkung (GWB) „ist die Änderung eines öffentlichen Auftrags ohne Durchführung eines neuen Vergabeverfahrens zulässig, wenn in den ursprünglichen Vergabeunterlagen kla-

re, genaue und eindeutig formulierte Überprüfungs-klauseln oder Optionen vorgesehen sind, die Angaben zu Art, Umfang und Voraussetzungen möglicher Auftragsänderungen enthalten, und sich aufgrund der Änderung der Gesamtcharakter des Auftrags nicht verändert“, was u. a. in Rahmenverträgen umsetzbar ist und – wenn auch nicht flächendeckend – praktiziert wurde und wird. Rahmenverträge können nur mit einer Laufzeit von drei bzw. vier Jahren, je nach Auftraggeberart, ausgeschrieben werden, was nur durch Mehrfachrahmenverträge, d. h. die Sicherung mehrerer Auftragnehmer für dieselbe Projektaufgabe, teilweise gelöst werden kann. Unsere nachfolgende Darstellung will Gedankenanstöße zur Umsetzung offener, d. h. anpassungsfähiger Vertragsklauseln für typische Herausforderungen bei langlaufenden Projekten mit dem Schwerpunkt auf Vergütungsthemen und partnerschaftliches Vorgehen vermitteln.

### Ursachen für Anpassungserfordernisse

Schon die von der Bundesregierung 2015 ins Leben gerufene „Reformkommission Bau von Großprojekten“ entwickelte nach der Auswertung fehlgelaufener Großprojekte einen Aktionsplan, der zehn Punkte umfasste und dabei u. a.:

- kooperatives Planen im Team,
  - ein Risikomanagement und die Erfassung von Risiken im Haushalt sowie
  - die Vergabe an den Wirtschaftlichsten, nicht den Billigsten,
- forderte. Umgesetzt wurde davon wenig bis gar nichts, was insbesondere Vergaben der DB AG im Bereich der Projektsteuerung betrifft. Nach wie vor werden AG-seits Pauschalpreise (ohne Preisgleitung), Vertragserfüllungssicherheiten, eine einheitliche Abnahme, eine durchgehende Personaleinsatzplanung bei unklarer Abwicklungslage etc. gefordert.

Die Bauindustrie setzt sich seit vielen Jahren für Vertrags- und Abwicklungsformen ein, die auf „Partnering“ beruhen und sich dadurch auszeichnen, dass Risiken, die aus dem Projekt resultieren, von beiden Parteien gelöst und mithin daher nicht einseitig von der Auftragnehmerseite – soweit überhaupt möglich – kalkuliert werden müssen. Gleiches trifft auf Projektsteuerungsverträge und das in noch höherem Maß zu, weil der Projektsteuerer als enger Partner und Vertrauter des Auftraggebers fungiert und mit Forderungen zur Anpassung seines Vertrags und Honorars in der Regel „die Seite wechseln muss“, mit bleibenden

Auswirkungen auf das Vertrauensverhältnis zu seinem Auftraggeber. Diese Zwickmühle sollte im Projektinteresse daher soweit wie möglich vermieden oder durch einen von vornherein strukturierten gemeinsamen Lösungsprozess im Sinn einer partnerschaftlichen Vertragsabwicklung vermieden werden.

Bei einem Auftrag für ein Großprojekt ergibt sich für den Projektsteuerer in der Regel nur der Vorteil des geringeren Akquiseaufwands. Dieser Vorteil wird von den vielen Nachteilen nach diesseitiger Sicht um ein Mehrfaches aufgebraucht, weshalb die Ausgangsbasis für den Vertragsschluss eine bei weitem andere ist als bei durchschnittlichen Auftragsverhältnissen. Dem wird von Auftraggeberseite jedoch bisher nicht bzw. nur unzureichend Rechnung getragen.

### Aktuelle Praxis im Vergabewesen

Große öffentliche Auftraggeber und Sektoren-Auftraggeber verfügen i. d. R. über eigene Vergabe- bzw. Einkaufsabteilungen, die standardisierte Prozesse und Vergabeunterlagen für die Ausschreibung von Projektsteuerungsleistungen unabhängig von der Projektgröße und -dauer anwenden. Die verwendeten Vertragsmuster basieren zudem auf Standardleistungsbildern und dazu abgefragten Pauschalpreisen. Diese eignen sich für kleine und mittlere Projekte, jedoch erfahrungsgemäß nicht für Großprojekte.

Hierzu zwei Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit:

#### Beispiel 1: Verkehrsinfrastrukturprojekt, Ausschreibung 2021

- Leistungsbild: PS-Standardleistungsbild des AG und zusätzlich BIM-Leistungen
- Projektumfang: 18 Planfeststellungsabschnitte
- Projektstand: Teilprojekte überwiegend in der Entwurfsplanung, jedoch zeitlich versetzt zu planen und auszuführen
- Honorar: Festpreise pauschal, unabhängig von der Entwicklung der Herstellkosten
- Leistungszeitraum: 17 Jahre
- Preisgleitklausel: nein
- Zuschlagskriterium: 100 % Honorar

#### Beispiel 2: Kommunales Hochbauprojekt, Ausschreibung 2021

- Leistungsbild: PS-Standardleistungsbild des AG und besondere Leistungen
- Projektumfang: rd. zehn Gebäude/Teilprojekte, z. T. zeitlich versetzte Abwicklung
- Projektstand: Beginn der Vorplanung, jedoch noch kein rechtsgültiger Bebauungsplan
- Honorar: Festpreise pauschal, unabhängig

von der Entwicklung der Herstellkosten

- Leistungszeitraum: 7 Jahre
- Preisgleitklausel: nein
- Zuschlagskriterium: 15 % Honorar

In beiden Fällen wurden die beim jeweiligen AG üblichen Vertragsmuster und Leistungsbilder verwendet, ohne diese zuvor an die besonderen Anforderungen und Risiken der einzelnen Großprojekte anzupassen.

### Neues Vertragsmodell, partnerschaftlich und agil: anpassungsbedürftige Vertragsinhalte

**Vertragsart:** Ist der Werkvertrag die „richtige“ Vertragsform für langlaufende Verträge oder sollte man – vor allen Dingen mit dem Blick auf die Vergütung – eine Mischform aus Dienstvertrag mit werkvertraglichen Teilerfolgen, die messbar sind, anstreben? Gibt es nicht gerade bei langlaufenden Projekten im Schwerpunkt de facto einen hohen Beratungsanteil hinsichtlich der Leistungen des Projektsteuerers? Passt die Risikoverteilung des Werkvertrags auf einen langlaufenden Vertrag? Ist sie „gerecht“ genug, um Streitigkeiten über Anpassungserfordernisse auszuschließen? Welche faktischen vertraglichen Sicherheiten erhält der Auftraggeber über die Vertragsart und kann man mit abweichenden Regelungen gegensteuern?

Sollten langlaufende Leistungen als Rahmenvertrag – insbesondere Mehrfachrahmenvertrag – vergeben werden? Und sollten dadurch mehrere Bewerber den Auftrag für den Mehrfachrahmenvertrag erhalten, um dem Auftraggeber mehr Spielraum bei veränderter Sachlage und auch für den Fall von Streitigkeiten zu geben?

Wir meinen: Hier muss neu gedacht werden. Das Vergaberecht müsste an langlaufende Projekte, insbesondere Infrastrukturprojekte, angepasst werden, weil es durch die jetzigen Risikovermeidungsabsichten zugunsten des Auftragnehmers bei Rahmenverträgen den Wettbewerb in langlaufende und sehr risikobehaftete Einzelverträge drängt.

**Vergütungsform:** Kann man bei einem langlaufenden Projekt den erforderlichen Aufwand bei Vertragsschluss so einschätzen, dass die Vereinbarung eines Pauschalpreises wirklich möglich ist? Macht das aus Auftraggeber-sicht bei relativ sicher eintretenden Vertragsänderungen – insbesondere in Bezug auf die Verlängerung der Ausführungsfrist – Sinn? Was spricht gegen eine zeit- und aufwandsbezogene Vergütung? Steht die Kostensicherheit einer aufwandsbezogenen Vergütung wirklich entgegen?

Wir meinen: Hier muss eine den typischen Projekterfordernissen angepasste Honorarstruktur mit Anpassungsmechanismen festgelegt werden, auch wenn damit auf den ersten Blick die Kosten, die sich aus der Beauftragung des Projektsteuerers ergeben, nicht bzw. nur in Teilen feststehen.

**Vertragsfristen:** Vertragsfristen und Termine sind als Projektziele und Vergütungsgrundlage wichtig, aber leider bei langlaufenden Projekten meist nicht realistisch. Eine Ausnahme wäre, wenn alle möglichen Projektrisiken zeitlich abgepuffert, d. h. bei der Festlegung der Vertragsfristen entsprechend berücksichtigt würden. Das ist z. T. aber quasi nicht möglich, was z. B. die realistische Einschätzung des Eintritts von Vergabeaufhebungen und Vergabenachprüfungsverfahren betrifft. Gleiches gilt für zeitliche Risiken aus Veränderungen der Rahmenbedingungen, die nachfolgend kurz angerissen werden. In der bauvertraglichen Praxis reagiert man bereits mit der Umsetzung von Lean-Management-Methoden und in einem Mehrparteienverfahren mit partnerschaftlich fortgeschriebenen Terminen.

Wir meinen: Der Anlass, die Art und der Umfang der Fortschreibung von Terminen müssen neu gedacht werden.

**Anforderungen an Leistungen nach geänderten Rahmenbedingungen z. B. geänderte gesetzliche Rahmenbedingungen, örtliche Gegebenheiten weichen ab, politische Vorgaben wechseln, etc.:** Eine lange Laufzeit birgt das hohe Risiko der Änderung von Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften sowie von anerkannten Regeln der Technik und Verfahrensweisen. Rechtlich kann, muss sich aber nicht in jedem Fall ein Anspruch auf Anpassung der Leistungen, der Vertragsfristen und der Vergütung auf AN-Seite ergeben. Zudem sind solche Änderungen auch von den weiteren Projektbeteiligten umzusetzen und begründen dort eben solche und insofern von dem Projektsteuerer zu managende Vertragsanpassungsansprüche. Gleiches gilt für politisch und sonst begründete Änderungen der Planung bzw. Anforderungen des Auftraggebers, der Projektziele im Übrigen oder solcher Erschwernisse, die jetzt die Coronapandemie nach sich gezogen hat.

Wir meinen: Risikopotenziale müssen bei Vertragsschluss nur evaluiert, aber nicht vertraglich einer Partei zugewiesen werden.

**Ort der Leistungserbringung:** Das Bauwesen leidet besonders stark unter dem zunehmenden Fachkräftemangel, dessen gravierende Auswirkungen bereits deutlich in Form

von längeren Projektlaufzeiten und nachlassenden Qualitäten erkennbar sind. Der Fachkräftemangel betrifft sowohl die Projektleitungsaufgaben des Auftraggebers als auch die Projektsteuerungsleistungen der Auftragnehmer. Die Bereitschaft der Mitarbeitenden, projektbezogen zu pendeln, schwindet in diesem Zusammenhang mehr und mehr, ebenso wie der bisher in den meisten Fällen praktizierte Einsatz mit einem hohen Anteil von Überstunden. Hochqualifizierte Leistungsträgerinnen und Leistungsträger erwarten heute attraktive Arbeitsplätze, die eine optimale Vereinbarkeit von Beruf und Familie zulassen. Hierzu gehören überschaubare Auswärtseinsätze, flexible Arbeitszeiten und die Möglichkeit, einen Teil der Arbeitszeit im Homeoffice zu leisten. Aus der Corona-Pandemie haben wir gelernt, dass bei der Nutzung der verfügbaren digitalen Methoden und Werkzeuge eine örtliche Präsenz des Projektmanagementpersonals nur noch in reduziertem Maß für Umsetzung der Leistungen erforderlich ist.

Sofern Auftraggeber weiterhin darauf bestehen, dass Projektsteuerungsleistungen überwiegend am Projektort oder im Büro des AG zu erbringen sind, wird es nicht gelingen, die „besten Köpfe“ für das Projekt zu gewinnen und langfristig zu binden.

Wir meinen: Eine Verpflichtung zu einer kontinuierlichen oder überwiegenden örtlichen Präsenz ist nicht mehr zeitgemäß.

**Abnahme- und Gewährleistungsrisiken:** Bereits die grundsätzliche Länge der Vertragsabwicklung ist bei Großprojekten hinsichtlich der Haftungsdauer für Mängel und für sonstige Ansprüche des Auftraggebers eine Umsetzungsherausforderung für den Auftragnehmer. Wie soll man durchgängig bei einer sehr personenabhängigen Leistung eine konstant hohe und den berechtigten Erwartungshorizont des Auftraggebers befriedigende Qualität erbringen? Kann und soll es hier Entlastung geben, um alle Energie auf die Umsetzung der Projektziele und nicht auf Verteidigungsstrategien zu richten?

Wir meinen: Der Projektsteuerer sollte von einem ständig anwachsenden Vorwurfspotenzial zumindest in Teilen entlastet werden.

**Sicherheiten:** Mit der langen Vertragsabwicklung sind Vertragserfüllungssicherheiten z. T. über mehr als zehn Jahre zu stellen und belasten die Auftragnehmerseite finanziell und hinsichtlich der gesamten bilanziellen Bewertung des Auftrags erheblich. Die Honorierung ist, pro rata temporis gesehen, die gleiche wie bei verschiedenen, sich aneinanderreihenden kleineren Aufträgen, bei denen

viel früher die Sicherheit besteht, dass die Vertragserfüllungssicherheit nicht verwertet wird.

Wir meinen: Das Erfordernis von durchlaufenden Sicherheiten muss überdacht werden. Die damit abgedeckten Risiken sind bei weitem geringer, als die gewährte Sicherheit abdeckt.

**Versicherung:** Bei Großprojekten wird es immer populärer, dass Projektversicherungen AG-seits abgeschlossen werden, an denen die Auftragnehmer des Projekts beteiligt und damit gemeinsam abgesichert werden. Das führt zu einem vermeintlich geringeren Aufwand in der Abwicklung von Schadensfällen, weil Haftungsschnittstellen wegfallen. Damit einher geht aber, dass bei großen Schadensfällen, wie z. B. den städtischen Bühnen Köln, die Versicherungssumme ausgeschöpft ist, bevor das Projekt zu Ende gebracht wurde. Damit müssen Beteiligte trotz Umlage ihre eigene Berufshaftpflichtversicherung wieder in Anspruch nehmen. Ein weiteres Problem sind gesellschaftliche Veränderungen auf Auftragnehmerseite, der Wegfall des Versicherungsschutzes etc.

Wir meinen: Der Versicherungsschutz für Großprojekte muss in Bezug auf die langlaufenden Verträge, d. h. insbesondere die Projektsteuerungs- und sonstigen Architekten- und Ingenieurverträge, neu überdacht und mit der Versicherungswirtschaft verhandelt werden.

## Vorschläge für Vertragsanpassungen

**Ausschreibung und Vertragsart:** Ein Mischvertrag mit im Schwerpunkt dienstvertraglicher Ausrichtung entspricht nach diesseitiger Auffassung der Risikoverteilung bei langlaufenden Verträgen. Werkvertragliche Teilleistungen im Sinn von zeitunabhängigen Einmalleistungen sind dabei eindeutig zu beschreiben und vergütungstechnisch zu bewerten. Sie können ähnlich einer Einheitspreisliste vergütet werden, die bei Generalunternehmerverträgen für noch unbekanntes Mietausbauleistungen als vertragliches Instrument gerne eingesetzt wird. Dazu müssen die entsprechenden Teilleistungen evaluiert und insofern hierzu ein Teilleistungskatalog vom DVP für solche Projekte entwickelt und empfohlen werden. Erfahrungsgemäß machen zeitunabhängige Einmalleistungen in der Summe jedoch nur einen geringen Anteil an der Gesamtleistung der verlangten Projektsteuerungsleistungen aus (ca. 20%). Aufgrund des hohen Anteils der zeitabhängigen Teilleistungen kann auch in Erwägung gezogen

werden, den Vertrag vollständig dienstvertraglich auszurichten. Die dienstvertragliche Komponente führt bei der Haftung, d. h. der Inanspruchnahme des Projektsteuerers durch den Auftraggeber, zu Darlegungs- und Beweiserschwernissen auf AG-Seite. Die haftungsrechtlichen Nachteile des Auftraggebers können durch die vertraglichen Regelungen zu partnerschaftlich ausgerichteten Aufklärungsinstrumenten abgemildert werden. Solche partnerschaftlichen Aufklärungsinstrumente kennt man bereits aus der Feststellung von örtlichen Zuständen vor der Durchführung von Bauarbeiten, in der eine gemeinsame Beweissicherung durchgeführt wird. So sind Dokumentationsstadien und -formen denkbar, die eine solche gemeinsame Zustandsfeststellung bezogen auf die Leistungen und Leistungsergebnisse des Projektsteuerers umfassen, die damit von beiden Parteien im Streitfall nicht mehr infragegestellt werden können. Zusätzlich sollten für den verbleibenden Streitfall auch zugelassene Beweismittel wie Personen und Dokumentationsmittel verbindlich festgelegt werden.

Bei der Ausschreibung und Zuschlagserteilung hat in der Folge das Zuschlagskriterium Preis nicht mehr die tragende Rolle, sondern die Qualifikation, die Leistungsfähigkeit und die Referenzen des Projektsteuerungsunternehmens sowie des für die Abwicklung vorgesehenen Personals. Nützliche Empfehlungen zu Eignungs- und Zuschlagskriterien enthält bereits jetzt das AHO Heft Nr. 9, Pkt. 8, Leitfaden zur Beauftragung und Vertragsgestaltung von Leistungen des PM, das in der Vergabepaxis weiter in den Fokus der Vergabestellen gerückt werden sollte.

**Vergütungsform und Personalkapazitäten:** Wie schon vorstehend angeführt, empfehlen wir eine pauschale Vergütung nur noch für im Vorhinein bestimmte Teilleistungen im Sinne von Teilleistungserfolgen. Aufgrund der langen Vertragslaufzeit, deren Ende jedoch nicht bestimmbar ist, ist aus diesseitiger Sicht die zeitbezogene Vergütung mit vorab geschätzten Aufwendungen im Sinn von Personaleinsatz nahezu alternativlos. Mit der zeit- und gleichzeitig aufwandsbezogenen Vergütung kann AG-seits zudem schnell auf Fehleinschätzungen des Auftragnehmers hinsichtlich der Qualifikation und Leistungsfähigkeit sowie der Menge des erforderlichen Personals ohne langwierige Streitigkeiten über schwer messbare Schlechtleistungen reagiert werden. Dies

muss mit Puffern zugunsten des Auftraggebers versehen werden, um die umfassende Nachbesserung falscher Angebote auf Auftragnehmerseite auszuschließen. Auch hier empfehlen wir eine Dokumentation, die im Sinn einer Beweissicherung für die Vertragsparteien verbindlich wird, z. B. indem man gemeinsam nach einem Zeitraum von z. B. sechs Monaten feststellt, welche Kapazitäten für welche Anforderungen ausreichend erscheinen und mithin die Pflichten des Projektsteuerers zum Personaleinsatz auch für die Zukunft definieren. Weiterhin sollte in gewissen Zeiträumen für beide Parteien mit einem zu definierenden Vorlauf die Möglichkeit bestehen, den Vertrag zu beenden. Hierzu empfehlen wir für die Auftraggeberseite den möglichen Abschluss von Mehrparteien-Rahmenverträgen wie vorstehend ausgeführt, um auf andere Projektsteuerer im Fall des vorzeitigen Projektausstiegs zurückgreifen zu können.

Für die zeit- und aufwandsabhängige Vergütung sollte in Jahresscheiben eine index- oder kostensteigerungsabhängige Anpassung der Zeitvergütung vorgesehen werden. Eine aufwandsbezogene Vergütung bei der Beauftragung eines Rahmenvertrags lässt alle Vergütungsvariationen bei Abruf/Einzelbeauftragung und damit zeitnah zur Umsetzung und nicht schon lange im Voraus zu.

Hinsichtlich der Auswahl des Personaleinsatzes und der Qualifikation sollten drei bis vier Kategorien jeweils mit Mindestanforderungen und zugehörigen Vergütungssätzen vereinbart werden (z. B. Projektleitung, Senior-PM, Junior-PM, Projektassistenz). Die oben erwähnte Voraussetzung und im Projektverlauf ggf. erforderliche Anpassung des Personaleinsatzes schließen immer auch die Prüfung und mögliche Anpassung der Zusammensetzung des Projektteams unter dem Gesichtspunkt der erforderlichen Qualifikationen und zugehörigen Kategorien ein.

**Vertragsfristen und Mindestlaufzeit von Verträgen:** Würde der Vorschlag des Rahmenvertrags aufgegriffen, dann macht eine längere Mindestlaufzeit unter Berücksichtigung der vergaberechtlichen Beschränkungen bzw. deren Überwindung Sinn, sofern auch die Anpassungen der zeitbezogenen Vergütungssätze an die Preisentwicklung auf Basis eines geeigneten Index geregelt sind.

Je nach Projektgröße empfiehlt es sich, einfache oder Mehrfach-Rahmenverträge mit einem oder mit mehreren Unternehmen



## VIELSEITIGE ZUTRITTLÖSUNGEN

### FÜR JEDEN ZUTRITTSPOINT

Vielfältige Beschläge, Schlösser, Zylinder und Wandleser für Türen aller Art sowie Aufzüge, Zufahrten, Tore, Möbel u.v.m.

### FÜR MASSGESCHNEIDERTE SYSTEME

Flexible Kombination von virtueller Vernetzung, Funkvernetzung, Mobile Access, Online- und Cloud-Systemen.

### FÜR EFFIZIENTEN BETRIEB

Optimierte digitale Prozesse durch Integration mit Drittsystemen sowie Einbindung in die vorhandene IT- und Systemlandschaft.



**LIGHT + BUILDING, 2.–6.10.2022**  
**FRANKFURT, HALLE 8.0, STAND E90**

SALTO Systems GmbH  
[www.saltosystems.de](http://www.saltosystems.de)

abzuschließen. Aus vergaberechtlichen Kriterien muss mit Abschluss der Rahmenverträge den Auftragnehmern ein Mindestumsatz auf Basis einer Mindestdauer und des mindestens erwarteten Personaleinsatzes für ein kontinuierlich tätiges Kernteam zugesichert werden. Alle zusätzlichen Leistungen, Leistungsänderungen und ggf. erforderliche Kapazitätsanpassungen könnten dann zu den Bedingungen des Rahmenvertrags abgerufen werden.

Sofern Rahmenverträge mit mehreren Unternehmen abgeschlossen werden, erhöhen sich die Chancen, kurzfristig und agil auf einen geänderten Kapazitätsbedarf im Projekt und bei etwaigen Streitigkeiten mit einem Vertragspartner reagieren zu können, was zudem die Streitsituation merklich entschärfen würde.

**Anforderungen an Leistungen nach geänderten Rahmenbedingungen, z. B. geänderte gesetzliche Rahmenbedingungen, örtliche Gegebenheiten weichen ab, politische Vorgaben wechseln etc.:** Die Evaluation von Risikopotenzialen mit einer entsprechenden Budgetierung vermeidet Streitigkeiten hierüber. Im Fall des Eintritts der Risiken bestimmen beide Parteien, welche Anteile aus dem Risikobudget darauf verwendet und wie die übrigen Projektziele angepasst werden. Im Vertrag sollen die „Leitlinien“ für die Anpassung geregelt sein, ähnlich den Abwägungsgrundlagen bei § 315 BGB, ohne dass dem Auftraggeber ein einseitiges Leistungsbestimmungsrecht zukommen soll.

**Ort der Leistungserbringung:** Aus den bereits weiter vorne im Artikel genannten Gründen sollte dem Auftragnehmer der Ort der Leistungserbringung in angemessenem Umfang freigestellt werden. Das bedeutet nicht, dass auf persönliche Treffen und Baustellenbesuche vollständig verzichtet werden kann und darf. Die Vorstellungen vom Umfang des regelmäßigen Einsatzes vor Ort müssen vertraglich abhängig vom jeweiligen Projekt fixiert werden (ähnlich, aber genauer als der jetzige Vorschlag gem. Heft 9, dort Projektstufe 4). Bisher war in der Projektstufe 4 eine anlassbezogene Erhöhung dieses Standard-einsatzes geregelt, die in der Kalkulation des Projektsteuerers von wesentlicher Bedeutung und mangels Einschätzbarkeit quasi nicht greifbar war. Wir schlagen daher vor, diesen anlassbezogenen Einsatz zukünftig nach Aufwand, d. h. Tagessätzen, zu vergüten und hierfür vorher eine Einschätzung, also ein Budget festzulegen, das ebenfalls einer turnusmäßi-



#### URSULA VON MINCKWITZ

› RAin; Mitglied der DVP-Fachgruppe Recht und Verträge, geschäftsführende Gesellschafterin MEK Rechtsanwalts-gesellschaft mbH, München ([www.mek-law.de](http://www.mek-law.de)); arbeitet seit 1994 ausschließlich auf dem Gebiet des Bau-, Immobilien- und Architektenrechts; ihre Schwerpunkte liegen in der Vertragsgestaltung, im Management und der baubegleitenden Rechtsberatung; unterstützte in drei Jahren Praxiserfahrung in einem großen Projektsteuerungsunternehmen diverse Großprojekte, insbesondere die Errichtung des Hauptbahnhofes in Berlin, fachübergreifend; innerhalb der baubegleitenden Rechtsberatung berät sie neben Auftraggebern auch deutschlandweit führende Projektsteuerungs- und Architektur- wie Ingenieurbüros u. a. bei Fragen zu Behinderungen, Mängeln, Abnahme, der Verwertung von Sicherheiten etc.



#### ALEXANDER KAMMERL

› Dipl.-Ing. (FH); Geschäftsführer der EDR GmbH ([www.edr.de](http://www.edr.de)), Mitglied des „Comité de direction“ der Ingérop-Gruppe ([www.ingerop.fr](http://www.ingerop.fr)), Mitglied der DVP-Fachgruppe Infrastruktur; seine langjährigen Erfahrungen in der Abwicklung von Großprojekten umfassen u. a. die Bereiche Projektmanagement, Vertrags- und Claim-Management, Qualitätsmanagement und Digitalisierung inkl. Building Information Modeling (BIM); Dozent an der Hochschule Augsburg im berufsbegleitenden Masterstudiengang Projektmanagement; darüber hinaus engagiert er sich im Arbeitskreis „Baukostenentwicklung und Planungsbeschleunigung“ der Bayerischen Ingenieurekammer Bau und im Arbeitskreis „Digitalisierung und BIM“ des VBI.

gen Überprüfung und Anpassung unterliegt. Der persönliche Austausch zwischen Auftraggeber und Projektsteuerer wird auch künftig einen wichtigen, wenn nicht sogar noch wichtigeren Beitrag zur Vertrauensbildung und Verbesserung der Zusammenarbeit leisten. Dafür steht eine nicht auswechselbare Projektleitung auf Projektsteuerungsseite zur Verfügung, was auf Basis eines Dienstvertrags von Auftragnehmerseite mangels hoher Haftungsrisiken einfacher und unbeschränkter leistbar ist.

**Abnahme- und Gewährleistungsrisiken:** Hier besteht die Möglichkeit der Teilabnahme, sofern es sich um die werkvertraglichen Bestandteile der Leistungen handelt. Bei einem Rahmenvertrag mit Einzelbeauftragung hängt das Recht auf Teilabnahme von der Vertragslänge eines Einzelauftrags ab.

Die Gewährleistung beginnt dann zum Nachteil des AG früher, was mit einer langlau-

fenden Projektversicherung und der Verhandlung einer entsprechenden Verlängerung der Gewährleistungsphase kompensiert werden könnte.

**Sicherheiten:** Sollte man sich als Auftraggeber tatsächlich nicht von Vertragserfüllungssicherheiten verabschieden können, dann sollten diese nicht länger als drei Jahre bzw. nur leistungsabschnittsbezogen gewährt werden müssen, bzw. in dieser Range abhängig von der Laufzeit eines ggf. nur per Einzelauftrag nach einem Rahmenvertrag beauftragten Teils der Gesamtleistung. Die maßgebliche Absicherung des Auftraggebers sollte über eine Projektversicherung erfolgen.

**Versicherung:** Ein Partneringprojekt ohne Projektversicherung ist kaum denkbar, weil es den Parteien und besonders dem Auftraggeber viele Streitthemen erspart und damit den Partnerschaftsgedanken umsetzt. ◀

## Modelle – Fallunterscheidung – Grenzen

# Das Abrutschen von Dachschnee auf eine horizontale Ebene

Die Europäische Normung im Bauwesen befindet sich seit etwa drei Jahren in der Evaluierung, um der Praxis bis zum Jahr 2027 eine neue Generation von Baunormen zur Verfügung zu stellen. Für die Schneelastnorm DIN EN 1991-1-3: 2010 werden die Dachschneelastmodelle teilweise weitgehend ergänzt und überarbeitet. Einige der neuen Modelle sollen einen Lastanteil aus Abrutschen berücksichtigen. Das ist ein grundlegender Fortschritt. Dafür fehlen allerdings sinnvolle Begrenzungen. Auch wird oft nicht berücksichtigt, wohin der Schnee abrutscht und ob dort genügend Platz vorhanden ist.

In der folgenden Betrachtung werden die rein mechanischen Vorgänge beim Abrutschen von Schnee von einem geneigten Dach auf ein horizontales Dach oder den Erdboden beschrieben und analysiert. Diese Vorgänge sind aus Sicht der Verfasser für die Erarbeitung von Formeln und Grenzen für den Abschnitt 7.5.7 Höhengsprünge an Dächern (engl.: Roofs abutting and close to taller constructions works) wesentlich und wurden bisher nicht bzw. nicht hinreichend erkannt und berücksichtigt. Bewusst wird hier ein Modell gewählt, bei dem der Höhengsprung  $h = 0$  gesetzt ist, um im Weiteren aus den Ergebnissen passende Formeln und Grenzen ableiten zu können.

| Ina Pertermann, Wolfgang Schwind

Das Abrutschen von Schnee von geneigten Dächern unter dem Einfluss der Schwerkraft ist ein stochastischer Prozess; kleine Mengen sind häufig, große Mengen (Dachlawinen) selten, wie durch meteorologische Auswertung in China gezeigt wurde<sup>1</sup>. Anders als bei Verwehung unter Windeinfluss wird der nach und nach abgerutschte Schnee nicht weit weg vom Dach angehäuft<sup>2</sup>.

Beim Höhengsprungmodell nach Eurocode gemäß Entwurf prEN 1991-1-3: 2022 wird die Verteilungslänge des Lastanteils aus Abrutschen jedoch mit der Verwehungslänge  $l_s$  berechnet.

Nach Gleichung (7.14) unter Einbeziehung der empfohlenen Grenzen nach Anmerkung 1 gilt:

$$5 \text{ m} \leq l_s = 4 h / C_e \leq 15 \text{ m}$$

Damit wächst die Verteilungsbreite linear mit der Höhe der Abstufung  $h$  und kann schnell zu groß werden. Die Verteilungsbreite für Abrutschen hängt auch nicht vom Umgebungsbeiwert  $C_e$  ab.

Das Abrutschen ist kein winddynamischer Prozess. Der Wind kann zwar die Dachschneelasten selbst beeinflussen, ist jedoch kein Einflussfaktor für die Verteilungsbreite abrutschender und herabfallender Schneelasten. Das Ab-



Abb. 1: Abrutschen der Schnee auf einer Dachfläche

<sup>1</sup> Zhou, 2012; Zhou et al., 2016

<sup>2</sup> Takita & Watanabe, 2000

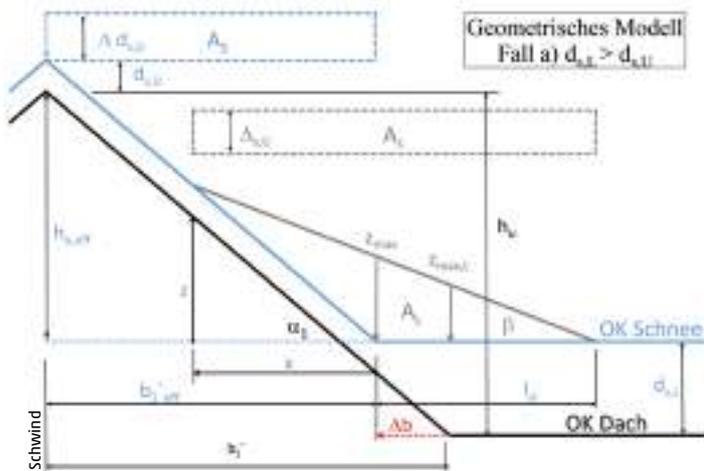


Abb. 2: Geometrisches Modell in Fall a)  $\Delta b \geq 0$  ( $d_{s,l} \geq d_{s,u}$ )

rutschen von Schnee ist im Gegensatz zur Verwehung ein reines Umverteilungsproblem.

Außerdem ist der Formbeiwert  $\mu_s$  von der Verteilungsbreite abhängig. Nach Gleichung (7.11) gilt:

Für  $\alpha_1 \leq 15^\circ$ :  $\mu_s = 0$

Für  $\alpha_1 > 15^\circ$ :  $\mu_s =$

$$2 b_1' / l_s \cdot \{ \mu_2(30^\circ; C_e) - 0,6 \mu_2(\alpha_1; C_e) \}$$

Bei großen Dachflächen  $b_1'$  mit kleinerem Höhenunterschied  $h$  wird der Formbeiwert  $\mu_s$  dabei unverhältnismäßig groß. Im Gegensatz zu  $l_s$  und zum Formbeiwert für die Verwehung  $\mu_w$  ist  $\mu_s$  auch nicht nach oben begrenzt. Das Verteilungsdreieck auf dem unteren Dach wird unrealistisch, wenn die vorliegenden geometrischen Verhältnisse für die Schneenumverteilung nicht beachtet werden.

Je größer die Dachneigung, je glatter die Eindeckung und je wärmer die Dachoberfläche, desto mehr Schnee kann abrutschen. Das vollständige Abrutschen ist jedoch nicht immer möglich. Für den Fall eines nicht vollständigen Abrutschens, wenn das untere Dach bereits eine hohe Schneedecke hat und die entstehende Schneeanhäufung wie eine Schneefangeinrichtung das weitere Abrutschen verhindert, wird ein Teil der Last auf dem oberen Dach verbleiben, siehe *Abbildung 1*. Dafür fehlt eine Verteilungsbreite, die das obere Dach und die abrutschende Schneemenge mit einbezieht.

**Modellbildung, Fallunterscheidung und Grenzen**

Solche Schneelastverteilungen können gut durch die dreieckförmige Belastung auf der verbleibenden Schneedecke des oberen und unteren Dachs nach *Abbildung 2* modelliert und berechnet werden. Beim unteren Dach kann es sich auch um den Erdboden oder irgendeine andere Unterlage handeln.

Dafür lässt sich das Modell vereinfachen. Das Modell nach *Abbildung 2* zeigt eine von zwei Möglichkeiten.

In besonderen Fällen ist die verbleibende Schneedecke auf dem oberen Dach höher als auf dem unteren Dach ( $d_{s,u} > d_{s,l}$ ). Der Versatz  $\Delta b$  wird negativ und weist in die entgegengesetzte Richtung (vgl. *Abb. 3*). Das kann z. B. bei wärmedurchlässigen beheizten unteren Dachflächen der Fall sein.

Dann tritt der Maximalwert der abgerutschten Schneelast (für  $z_{max}$ ) nicht vor dem Anschluss, sondern um  $\Delta b$  versetzt dahinter, über dem unteren Dach auf. Das ist dafür ungünstiger.

Der Anschlusswert (für  $z_l$ ) ist etwas kleiner als  $z_{max}$ . In diesem Fall gelten die Koordinaten und Grenzwerte, die aus der vorliegenden Geometrie nach *Abbildung 2* abgeleitet sind, insbesondere für  $z_{max,l}$  nicht mehr. Stattdessen wird  $z_l$  ermittelt.

Bei Modell Fall a) nach *Abbildung 2* sollte der horizontale Versatz  $\Delta b$  zwischen Traufpunkt Dach und Schnittpunkt der verbleibenden Schneedecken nicht größer werden als die Verteilungsbreite  $l_{sl}$  auf dem unteren Dach ( $\Delta b \leq l_{sl}$ ). Ist der Versatz größer, erfolgt keine Umverteilung mehr auf

34

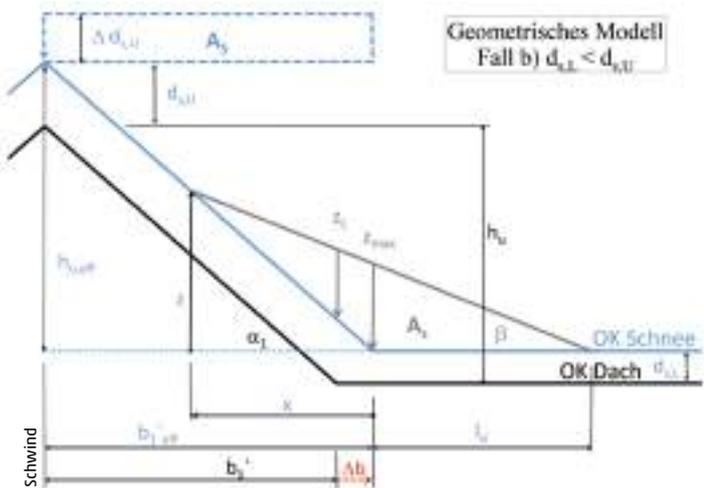


Abb. 3: Geometrisches Modell in Fall b)  $\Delta b < 0$  ( $d_{s,l} < d_{s,u}$ )

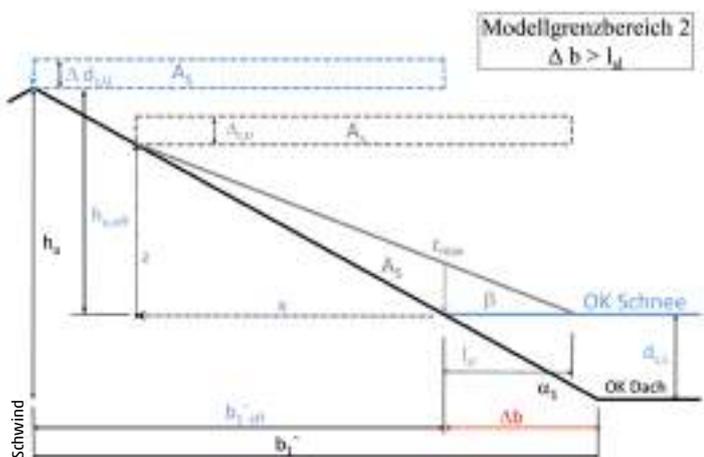


Abb. 4: Modellgrenzbereich 2 mit Umverteilung auf dem oberen Dach mit  $\Delta b > l_{sl}$  am Bsp. für  $d_{s,u} = 0$

das untere Dach und  $l_{sl}$  wird als negativer Wert berechnet. Der Schnee bleibt dreiecksförmig umverteilt auf dem oberen Dach, siehe *Abbildung 4*.

Wie sich in *Abbildung 4* bereits abzeichnet, tritt dieser Fall nur bei kleinen Dachneigungswinkeln in Verbindung mit hohen Schneedecken auf dem unteren Dach auf. Die Schneeanhäufungen bleiben klein, sodass sie ggf. vernachlässigt werden können, z. B. bei Dachneigungen < 15°.

Die obere Modellgrenze für alle drei gezeigten Fälle wird erreicht, wenn der Nullpunkt der umverteilten Schneemenge den First des Dachs einschließlich der darauf verbleibenden Schneedecke erreicht ( $z = h_{u,eff} = h_u + d_{s,u} - d_{s,l}$ ), siehe *Abbildung 5*. Das weitere Abrutschen wird dann durch die bereits vorhandene Schneeakkumulation infolge Abrutschens zusätzlich behindert. Auf dem oberen Dach entsteht eine dreiecksförmige Umverteilung mit der konstanten Breite  $x = b_{1,eff}$ .

Die Schneeakkumulation kann nur noch nach außen wachsen. Die Verteilungsbreite auf dem unteren Dach zusätzlich Versatz von  $l_{sl}$  und die Eckdaten der Schneelastverteilung ( $\beta$ ;  $z_{max}$ ;  $\mu_s$ ) lassen sich mithilfe der abrutschenden Schneefläche  $A_s$  einfach ermitteln.

Mit  $z = h_{u,eff}$  und  $x = b_{1,eff}$  gilt:

$$l_{sl} = 2 A_s / z = 2 \Delta d_{s,u} \cdot b_{1,eff} / h_{u,eff} = 2 \Delta d_{s,u} / \tan \alpha_1$$

$$\tan \beta = h_{u,eff} / (b_{1,eff} + l_{sl}) \geq 0,1$$

$$z_{max} = h_{u,eff} \cdot l_{sl} / (b_{1,eff} + l_{sl}) = l_{sl} \cdot \tan \beta$$

$$\text{Formbeiwert: } \mu_s(z_{max}) = z_{max} \cdot \gamma / s_k$$

Auch diese Verteilung ist begrenzt. Mit dem Grenzanstieg von 1 zu 10 für einen Neigungswinkel  $\beta$  der Schneeanhäufung von 5,71° ergibt sich die maximal mögliche Verteilungslänge  $l_{sl}$ .

$$\text{Für } \tan \beta = 0,1 \text{ gilt: } \max l_{sl} = b_{1,eff} \cdot (10 \tan \alpha_1 - 1)$$

Auch diese Umverteilung ist u. U. für das obere Dach zu vernachlässigen, insbesondere wenn die gleichmäßig verteilte Schneelast vor dem Abrutschen größer gewesen ist.

### Wirksame Geometrie und Ausgangswerte

Für das Abrutschen sind die wirksamen Höhen und Breiten maßgebend, siehe dazu *Abbildung 2*. In den meisten Fällen ist die verbleibende Schneehöhe des oberen Dachs geringer als die des unteren Dachs ( $d_{s,l} \geq d_{s,u}$ ). Ist das nicht der Fall ( $d_{s,l} < d_{s,u}$ ), gilt das Modell nach *Abbildung 3*. Das Abrutschen erfolgt über die noch auf dem oberen Dach verbleibende, nicht abrutschende Schneehöhe  $d_{s,u}$  hinweg auf die Schneehöhe des unteren Dachs  $d_{s,l}$ . Diese Schneehöhen sind aus den entsprechenden verbleibenden Dachschneelasten nach geltenden Normen zu berechnen. Hier wird bereits die im zukünftigen Eurocode gebrauchte Bezeichnung für auf dem Dach verbleibende (engl. „pertinent“) Schneemengen verwendet, ebenso die Form- und Temperaturbeiwerte  $\mu_u$  und  $C_{t,u}$  für das obere (engl. „upper“) Dach sowie  $\mu_l$  und  $C_{t,l}$  für das untere (engl. „lower“) Dach. Für geneigte Dächer ist dabei die Verringerung der Schneehöhe mit Bezug auf die geneigte Fläche ( $\cos \alpha_i$ ) im

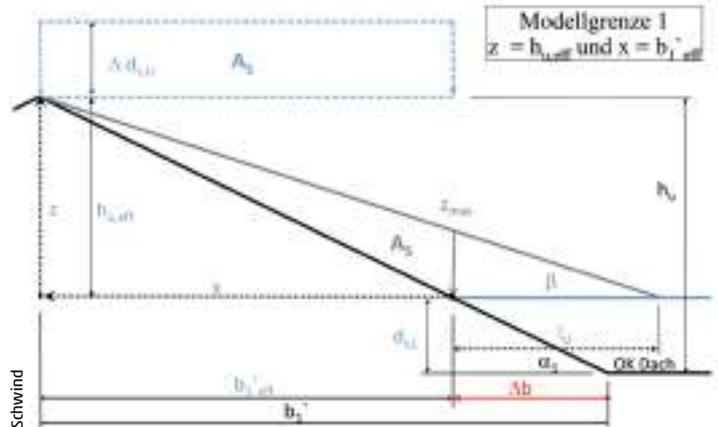


Abb. 5: Modellgrenze 1: Schneelastverteilung nach Erreichen des Firstniveaus mit  $z = h_{u,eff}$  und  $x = b_{1,eff}$

Verhältnis zur horizontalen Bezugsebene der Schneelast zu beachten.

$$\text{Schneehöhenversatz: } \Delta b = (d_{s,l} - d_{s,u}) / \tan \alpha_1$$

$$\text{wirksame Breite: } b_{1,eff} = b_1 - \Delta b = b_1 \cdot (1 - (d_{s,l} - d_{s,u}) / h_u)$$

$$\text{wirksame Höhe: } h_{u,eff} = h_u - d_{s,l} + d_{s,u} = h_u \cdot (1 - (d_{s,l} - d_{s,u}) / h_u)$$

dabei ist:  $d_{s,u}$  die verbleibende Schneehöhe oberes Dach

$$\text{mit: } d_{s,u} = \mu_u \cdot C_{t,u} \cdot s_k \cdot \cos \alpha_1 / \gamma$$

$d_{s,l}$  die verbleibende Schneehöhe unteres Dach

$$\text{mit: } d_{s,l} = \mu_l \cdot C_{t,l} \cdot s_k \cdot \cos \alpha_2 / \gamma$$

Dabei sollte überprüft werden, ob die Schneehöhe  $d_{s,l}$  des unteren Dachs kleiner als die ursprüngliche Dachhöhe  $h_u$  zuzüglich der verbleibenden Schneedecke ist. Ist die Schneehöhe größer, können weitere Nachweise entfallen. Das Dach wird zugeschnitten, eine gleichmäßige Belastung ist maßgebend.

$$\text{Absolute Obergrenze: } d_{s,l} < h_u + d_{s,u}$$

Falls  $d_{s,l} \geq h_u + d_{s,u}$  o.w.N. - ohne weitere Nachweise

Bei großen Schneehöhen im Verhältnis zur Dachhöhe ist zu bedenken, dass das Maximum  $z_{max}$  nicht an der Dachtraufe und über dem unteren Dach auftritt, sondern am Rand der gleichmäßig verteilten unteren Schneedecke, also um  $\Delta b = (d_{s,l} - d_{s,u}) / \tan \alpha_1$  von der Traufe versetzt über dem oberen Dach. Dadurch kann auch entsprechend weniger Schnee vom oberen Dach abrutschen. Nicht nur  $z_{max}$ , auch der Maximalwert  $z_{max,l}$  für das untere Dach wird entsprechend kleiner.

Für die Geometrie nach *Abbildung 2* und *Abbildung 3* gelten folgende Zusammenhänge:

$$\text{Dachdreieck: } \tan \alpha_1 = h_u / b_1$$

Dreieck der Dachschneeoberflächen:

$$\tan \alpha_1 = z / x = h_{u,eff} / b_{1,eff}$$

Verteilungsdreieck nach Abrutschen:

$$\tan \beta = z / (x + l_{sl}) = z_{max} / l_{sl}$$

Vor dem Abrutschen vom oberen Dachbereich ist der Flächeninhalt der rechteckigen Schneefläche mit horizontaler Bezugsfläche der Breite  $b_{1,eff}$ , die abrutschen wird:

$$A_s \text{ (in m}^2\text{)} = \Delta d_{s,U} \cdot b_{1,eff} = \Delta d_{s,U} \cdot h_{u,eff} / \tan \alpha_1$$

Da sie jedoch auf eine Verteilungsbreite von  $(x + l_{sl})$  abrutscht, ergibt sich ein Rechteck der Breite  $(x + l_{sl})$  mit einer entsprechend angepassten Höhe  $\Delta d_{s,U}$ :  $A_s \text{ (in m}^2\text{)} = \Delta d_{s,U} \cdot (x + l_{sl})$  mit:  $\Delta d_{s,U} = \Delta d_{s,U} \cdot b_{1,eff} / (x + l_{sl})$

Die abgerutschte Schneefläche  $A_s$  im Verteilungsdreieck hat den Flächeninhalt:

$$A_s \text{ (in m}^2\text{)} = z \cdot (x + l_{sl}) / 2 - z \cdot x / 2 = z \cdot l_{sl} / 2$$

oder auch:

$$A_s \text{ (in m}^2\text{)} = z_{max} \cdot l_{sl} / 2 + z \cdot x - z \cdot x / 2 - (z - z_{max}) \cdot x / 2 = z_{max} \cdot (x + l_{sl}) / 2$$

$$\text{womit gilt: } z \cdot l_{sl} / 2 = z_{max} \cdot (x + l_{sl}) / 2$$

Die abgerutschte Schneefläche  $A_s$  kann somit auch durch zwei Dreiecke mit der Höhe  $z_{max}$  und den Breiten  $x$  und  $l_{sl}$  oder durch ein Dreieck der Höhe  $z$  und der Breite  $l_{sl}$  dargestellt werden. Alle drei Flächeninhalte sind gleich!

Wenn die abgerutschte Fläche  $A_s$  vom oberen Dach und die Verteilungsbreite  $l_{sl}$  auf der unteren Schneedecke oder ersatzweise die Verteilungsbreite  $(x + l_{sl})$  und das Verhältnis  $l_{sl}/x$  bekannt sind, können die übrigen Parameter  $z$ ,  $x$ ,  $\beta$  und  $z_{max}$  daraus hergeleitet werden. Dabei sind die Modellgrenzen einzuhalten. Es gilt:

$$\tan \alpha_1 > \tan \beta: x + l_{sl} = 2 A_s / z_{max}$$

$$z = 2 A_s / l_{sl} = x \cdot \tan \alpha_1 \leq h_{u,eff}$$

$$x = (2 A_s / z_{max}) - l_{sl} = z / \tan \alpha_1 \leq b_{1,eff}$$

$$\tan \beta = z / (x + l_{sl}) = z_{max} / l_{sl}$$

$$\rightarrow z_{max} = l_{sl} \cdot \tan \beta = l_{sl} \cdot z / (x + l_{sl}) = 2 A_s / (l_{sl} + z / \tan \alpha_1) =$$

$$2 A_s / (l_{sl} + 2 A_s / (l_{sl} \cdot \tan \alpha_1))$$

$$\text{Schneehöhe: } z_{max} = 2 A_s / (x + l_{sl})$$

$$z_{max} = 1 / (1 / (l_{sl} \cdot \tan \alpha_1) + l_{sl} / (2 A_s))$$

$$\text{Formbeiwert: } \mu_s (z_{max}) = z_{max} / (s_k / \gamma)$$

Für die vollständige Berechnung muss eine Fallunterscheidung vorgenommen werden, je nachdem, was höher ist, die verbleibende Schneedecke des unteren oder oberen Dachs.

**Fall a) Schneehöhe unteres Dach  $d_{s,l} \geq d_{s,u}$  ( $\Delta b \geq 0$ ) nach *Abbildung 2***

Die kleinere Maximallast (mit  $z_{max,L}$ ) auf dem unteren Dach hat einen Abstand von  $\Delta b = (d_{s,l} - d_{s,u}) / \tan \alpha_1$  zu  $z_{max}$ , siehe *Abbildung 2*. Sie befindet sich genau über der Traufe, dem angenommenen Rand bzw. Anschluss des unteren Dachs.

Schneehöhe:

$$z_{max,L} = z_{max} \cdot (l_{sl} - \Delta b) / l_{sl} \text{ mit: } \Delta b = (d_{s,l} - d_{s,u}) / \tan \alpha_1$$

Der Versatz  $\Delta b$  ist auch bei der Berechnung der verbleibenden Verteilungsbreiten auf dem oberen und auf dem unteren Dach zu berücksichtigen. Für den Fall a) mit  $\Delta b > 0$  nach *Abbildung 2* wird die Verteilungsbreite auf dem oberen Dach größer, auf dem unteren Dach dafür kleiner.

$$\begin{aligned} \text{oberes Dach 1: } l_{s,u} &= x + \Delta b < b_1 \\ \text{unteres Dach 2: } l_{s,l} &= l_{sl} - \Delta b \text{ mit } \Delta b < l_{sl} \\ \text{für } \Delta b \geq l_{sl}: z_{max,L} &= 0 \text{ und } \mu_{s,l} = 0 \end{aligned}$$

Darin sind zwei weitere Modellgrenzen enthalten. Für den Fall gleicher verbleibender Dachschneehöhen auf dem oberen und unteren Dach  $d_{s,u} = d_{s,l}$  gibt es keinen Versatz:  $\Delta b = 0$ . In diesem Fall gilt  $l_{s,u} = x$  und  $l_{s,l} = l_{sl}$  und es ergibt sich der Grenzfall:  $z_{max} = z_{max,L}$ . Für  $\Delta b < 0$  gilt Fall b.

Ist der Versatz  $\Delta b$  so groß oder größer als die Verteilungslänge  $l_{sl}$ , dann erfolgt keine Umverteilung mehr auf das untere Dach und  $l_{s,l}$  wird negativ. Der Schnee bleibt dreieckförmig umverteilt auf dem oberen Dach, siehe *Abbildung 4*. Das ist nur im Fall a) nach *Abbildung 2* möglich, nicht im Fall b) nach *Abbildung 3*.

**Fall b) Schneehöhe unteres Dach  $d_{s,l} < d_{s,u}$  ( $\Delta b < 0$ ) nach *Abbildung 3***

Für diesen Fall ist die wirksame Breite  $b_{1,eff}$  um den Betrag des Versatzes  $\Delta b$  vergrößert. Das gleiche Resultat ergibt sich jedoch auch durch Berechnung mit dem negativen Versatz.

Ebenso behält die Gleichung für die wirksame Höhe  $h_{eff}$  ihre Gültigkeit, wenn ein negativer Versatz eingeführt wird. Die Geometrie-Verhältnisse in den drei maßgebenden Dreiecken gelten auch für einen negativen Wert  $\Delta b$ , ebenso die abgerutschte Schneefläche  $A_s$ .

Der Maximalwert  $z_{max}$  befindet sich in diesem Fall jedoch nicht mehr über dem oberen Dach, sondern über dem unteren Dach und ist durch  $b_{1,eff}$ , vergrößert um den Versatz  $\Delta b$ , begrenzt. Mit negativem Versatz gilt  $x < b_{1,eff} - \Delta b$ .

Die kleinere Last (mit  $z_L$ ) an der Traufe bzw. am Anschluss des unteren Dachs hat einen negativen Versatz von  $\Delta b = (d_{s,l} - d_{s,u}) / \tan \alpha_1$  dazu, siehe *Abbildung 3*, sodass dafür nun gilt:

$$\text{Schneehöhe: } z_L = z_{max} \cdot (x + \Delta b) / x$$

Die Koordinaten des Nullpunkts der Schneeakkumulation auf dem oberen und unteren Dach verschieben sich durch den Versatz  $\Delta b$  nach *Abbildung 2* entsprechend:

$$\begin{aligned} \text{oberes Dach: } x_L &= x + \Delta b < b_1 \text{ und } z_L = x_L \cdot \tan \alpha_1 < h_u \\ \text{unteres Dach: } l_{s,l} &= l_{sl} - \Delta b \text{ (ohne Begrenzung, da } \Delta b \text{ negativ)} \end{aligned}$$

**Verteilungsbreiten und -formen beim Abrutschen von Schnee**

Verteilungsbreiten für das Abrutschen von Schnee  $l_{sl}$  sind deutlich kleiner als Verwehungsängen, die als zwei- bis 8-fache Hindernishöhe  $h$  auf Dächern international genormt sind und am Boden leeseitig das Zehn- bis Dreizehnfache einer undurchlässigen Hindernishöhe erreichen<sup>3</sup>, bei durchlässigen Hindernissen, z. B. Schneefangzäunen, auch deutlich mehr.

<sup>3</sup> Tabler, 2003

Solche Breiten werden beim Abrutschen nicht erreicht, selbst bei größeren Fallhöhen und Aufprallgeschwindigkeiten, wie nach Takita & Watanabe, 2000, zu berechnen. Offensichtlich hängt die Verteilungsbreite nicht nur von der Dachneigung  $\alpha_1$ , sondern vor allem von der abrutschenden Schneemenge  $\Delta_{s,u}$  des oberen Dachs ab.

Doch nicht nur das, die Verteilungsbreite bezieht sich auf die Oberkante der bestehenden

Schneedecke und nicht direkt auf das Dach, siehe *Abbildung 2*. Der Unterschied liegt im rot gekennzeichneten Versatz  $\Delta b$  der verbleibenden Schneedecken mit Bezug auf die Dachkontur.

Im Sinn von ISO 4355: 2013, Gleichung (B.36) wird empfohlen, für übliche raue, kalte Dacheindeckungen für das gesamte Umverteilungsdreieck der Länge  $x + l_{st}$  eine Verteilungsbreite der sechsfachen Höhe  $\Delta_{s,u}$  des Schneevolumens anzusetzen, das vom oberen Dach abrutschen kann. Diese Verteilungsbreite wird in der internationalen Normung oft auch für den Verwehungsanteil mitverwendet. Nach ISO 4355: 2013, Gleichung (B.36) ist das auch der Fall, denn Verteilungslängen und Formbeiwerte haben den Index „d“ (engl. "drift").

Mit den Symbolen und Bezeichnungen der zweiten Generation des Eurocodes ergibt sich damit für  $h = 0$  und den abrutschenden Schnee des oberen Dachs nach *Abbildung 2* und *Abbildung 3*:

**Verteilungsbreite:**

$$x + l_{st} = 6 \cdot \Delta_{s,u} = d_{s,u} \cdot b_{1,eff} \cdot (x + l_{st})$$

mit:  $\Delta_{s,u}$  abrutschende Schneehöhe bezogen auf die Verteilungsbreite  $(x + l_{st})$

$\Delta d_{s,u}$  abrutschende Schneehöhe vom oberen Dach

$$\Delta d_{s,u} = f(\mu_U; C_e; C_{t,U}; s_k; \gamma)$$

$b_{1,eff}$  für das Abrutschen noch verfügbare Breite des oberen Dachs  $b_{1,eff} = b_1 - \Delta b$

$\mu_U$  Formbeiwert der verbleibenden Schneelast auf dem oberen Dach

$C_e$  Umgebungsbeiwert des Gebäudes

$C_{t,U}$  Temperaturbeiwert des oberen Dachs

$s_k$  charakteristische Schneelast am Boden

$\gamma$  äquivalente Dichte des abgerutschten Schnees auf dem Dach ( $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$ )

Da die Höhe  $\Delta d_{s,u}$  nach *Abbildung 2* ebenfalls eine Funktion von  $(x + l_{st})$  ist, ergibt sich für die Verteilungsbreite ein Wurzelausdruck. Das heißt, die Verteilungsbreite wächst mit zunehmendem Volumen des abrutschenden Schnees. Sie ist nicht allein von der abrutschenden Schneehöhe  $\Delta d_{s,u}$  abhängig, sondern auch von der noch wirksamen Breite  $b_{1,eff} = b_1 - \Delta b$  des oberen Dachs, von der der Schnee abrutscht.

Verteilungsbreite:  $x + l_{st} = [6 \cdot \Delta d_{s,u} \cdot b_{1,eff}]^{1/2}$

Das reicht aber noch nicht aus, um die Verteilung eindeutig festzulegen. Welcher Anteil davon auf dem oberen Dach verbleibt und welcher auf das untere Dach rutscht, hängt

von der Dachneigung, der Oberflächenrauigkeit und Beheizung ab.

Oberflächenrauigkeit und Beheizung werden nach Eurocode DIN EN 1991-1-3 traditionell nicht berücksichtigt. Das Abrutschen wird bei den verschiedenen Dachschneelastmodellen oft trotzdem eindeutig geregelt, wenn auch sprunghaft und inkonsistent (vgl. Einleitung und Problembeschreibung).

Die Abrutschwahrscheinlichkeit steigt nicht sprunghaft mit der Dachneigung, sondern stetig, mit zunehmender Dachneigung auch überproportional<sup>4</sup>. Deshalb wird hier in Anlehnung an ISO 4355 der stetige Dachneigungseinfluss von  $\tan \alpha_1$  für das Verhältnis von  $l_{st}/x$  vorgeschlagen. Der Tangens liefert sehr kleine Werte für kleine Dachneigungen, von denen wenig abrutscht, und erreicht bei 45° das Verhältnis von 1 zu 1. Danach rutscht immer mehr ab, sodass  $l_{st}$  einen immer größeren Anteil erreicht. Bei 90° ist  $x = 0$  und alles ist abgerutscht. Dort ist der Tangens allerdings nicht definiert, weshalb 90° eine obere Schranke ist. Auch ist das Modell dann nicht erforderlich, wenn die Dachschneelastverteilung nach Norm auf dem oberen Dach keine Abminderung vorsieht. Das ist bei geneigten Dächern bis 30° Dachneigung der Fall, beim Höhensprung dagegen bis 15°.

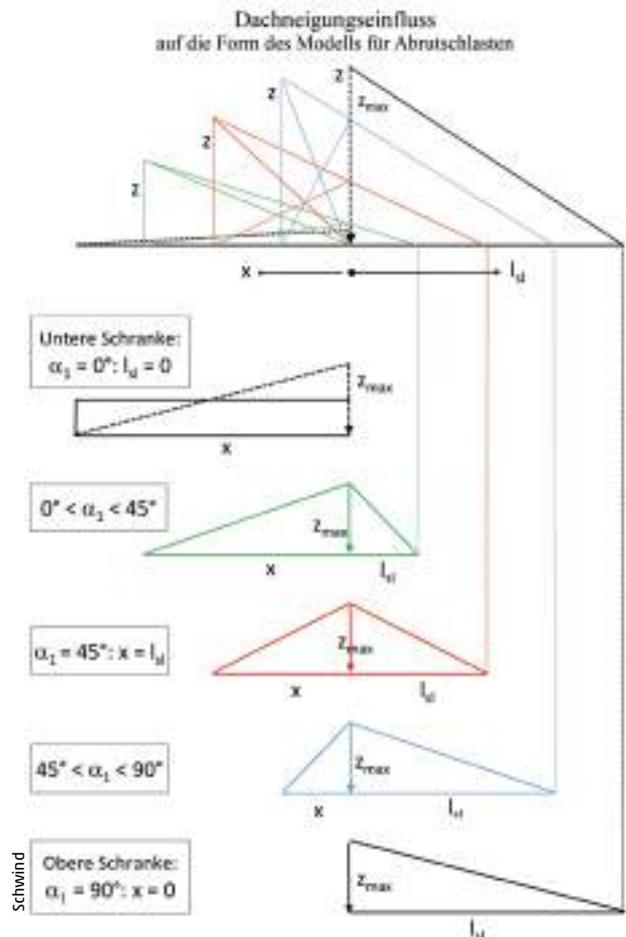


Abb. 6: Formen der Schneeanhäufung bei Abrutschen für unterschiedliche Dachneigungen  $\alpha_1$

<sup>4</sup> Chiba et al., 2012

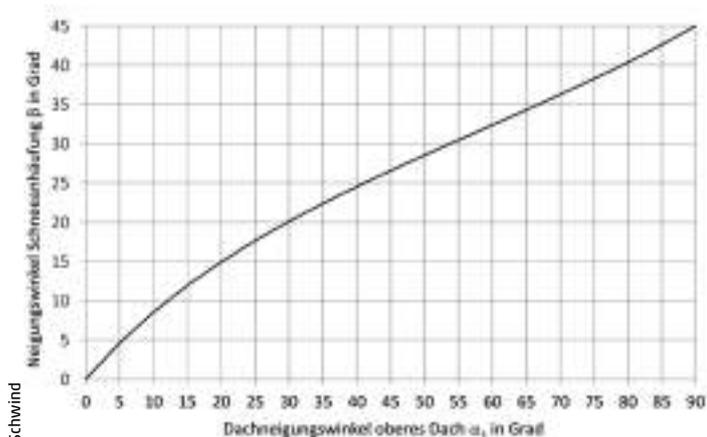


Abb. 7: Neigungswinkel der Schneeanhäufung  $\beta$  infolge des Abrutschens abhängig von der Dachneigungen  $\alpha_1$

insgesamt:  $x + l_{st} = 6 \Delta d_{s,u} = [6 \cdot \Delta d_{s,u} \cdot b_{1,eff}']^{1/2}$   
 unteres Dach:  $l_{st} = (x + l_{st}) / (1 + 1/\tan \alpha_1)$   
 $l_{st} = (x + l_{st}) \cdot \sin \alpha_1 / (\sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)$   
 oberes Dach:  $x = (x + l_{st}) / (1 + \tan \alpha_1)$   
 $x = (x + l_{st}) \cdot \cos \alpha_1 / (\sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)$

Der Neigungswinkel der Schneeanhäufung  $\beta$  lässt sich damit ebenfalls bestimmen. Er steigt mit zunehmender Dachneigung von  $0^\circ$  (für  $\alpha_1 = 0^\circ$ ) auf  $45^\circ$  (für  $\alpha_1 = 90^\circ$ ), bleibt jedoch immer kleiner als der Dachneigungswinkel  $\alpha_1$ , siehe auch *Abbildung 7*.

Neigung der Akkumulation:  $\tan \beta = \tan \alpha_1 / (1 + \tan \alpha_1) = \sin \alpha_1 / (\sin \alpha_1 + \cos \alpha_1) < \tan \alpha_1$

### Vollständiges Abrutschen von einer geneigten Ebene (einfachster Fall)

Handelt es sich um eine Gesamtschneelast ohne Verwehungsverluste (Bodenschneelastniveau), die von einer kleinen, kalten, geneigten Fläche, z. B. einer PV-Anlage, vollständig abrutschen soll, so liegt der einfachste Fall für eine auf den Boden abrutschende Gesamtschneemenge nach *Abbildung 8* vor.

Dabei handelt es sich um Modellvariante Fall a), denn es gilt  $d_{s,u} = 0$ ,  $d_{s,l} > d_{s,u}$  und  $\Delta b > 0$ . Mit der verbleibenden Schneehöhe auf dem Boden von  $d_{s,l} = \Delta d_{s,u} = s_k/\gamma$  vereinfacht sich die schneehöhenabhängige Dachgeometrie wie folgt:

Schneedeckenversatz:

$$\Delta b = d_{s,l} / \tan \alpha_1 = s_k/\gamma / \tan \alpha_1 = b_1' \cdot s_k/\gamma / h_u < b_1'$$

wirksame Höhe:

$$h_{u,eff} = h_u - d_{s,l} = h_u - s_k/\gamma = h_u \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u) < h_u$$

wirksame Breite:

$$b_{1,eff}' = b_1' - \Delta b = b_1' - b_1' / h_u \cdot s_k/\gamma = b_1' \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u) < b_1'$$

Die abrutschende Schneemenge des oberen Daches ist vereinfacht:

$$A_s \text{ (m}^2\text{)} = \Delta d_{s,u} \cdot b_{1,eff}' = s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}' = s_k/\gamma \cdot b_1' \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u)$$

Wird die abrutschende Schneemenge der Höhe  $\Delta d_{s,u} = s_k/\gamma$  auf die Verteilungsbreite  $(x + l_{st})$  umverteilt, so ergibt sich ein Rechteck mit einer Höhe von:

$$\Delta_{s,u} = s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}' / (x + l_{st}) = s_k/\gamma \cdot b_1' \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u) / (x + l_{st})$$

Der Maximalwert  $z_{max}$  ist doppelt so hoch. Die Obergrenze ist erreicht, wenn die Koordinate des Nullpunkts  $z$  das Firstniveau erreicht.

Unter der Bedingung, dass die Schneehöhe auf dem Boden kleiner als die Dachhöhe ist ( $s_k/\gamma < h_u$ ), wird für die Verteilungsbreiten gemäß Vorschlag im vorigen Abschnitt folgendes angenommen:

insgesamt:

$$x + l_{st} = [6 \cdot \Delta d_{s,u} \cdot b_{1,eff}']^{1/2} = [6 s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}']^{1/2} = [6 s_k/\gamma \cdot b_1' \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u)]^{1/2}$$

$$x + l_{st} = [6 s_k/\gamma \cdot h_u / \tan \alpha_1 \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u)]^{1/2} =$$

$$[6 (1 - s_k/\gamma / h_u) \cdot b_1' \cdot h_u \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u)]^{1/2}$$

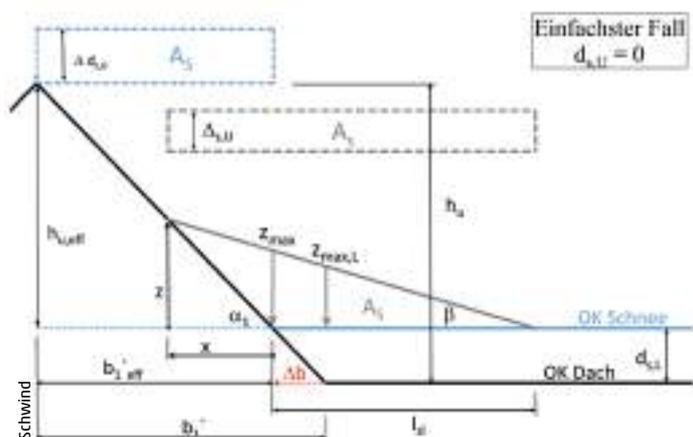


Abb. 8: Geometrisches Modell im einfachsten Fall (vollständiges Abrutschen vom oberen Dach)

In *Abbildung 6* sind die verschiedenen Möglichkeiten des Abrutschens dargestellt, die das Modell mit dem Dachneigungseinfluss  $l_{st}/x = \tan \alpha_1 = \sin \alpha_1 / \cos \alpha_1$  erfassen kann.

Die Darstellungen sind nicht maßstabsgetreu. Für den praktisch relevanten Bereich ab  $15^\circ$  reicht die Verteilungslänge auf dem unteren Dach  $l_{st}$  damit von  $l_{st}(15^\circ) = 0,21 \cdot (x + l_{st})$  bis  $l_{st}(60^\circ) = 0,634 \cdot (x + l_{st})$ . In Anbetracht der nicht erfassten Einflüsse auf das Abrutschen und der unrealistischen, sprunghaften Regelungen nach prEN 1991-1-3: 2022, können dabei keine exakten Verhältnisse erwartet werden. Es handelt sich bei der Darstellung in *Abbildung 6* vielmehr um einen Trend, der näherungsweise mit  $l_{st}/x = \tan \alpha_1$  erfasst werden kann. Bei Vorliegen von Messreihen wäre eine Kalibrierung möglich. Zuerst sollte der Eurocode jedoch nach Dacheindeckungen und Beheizung differenzieren, die das Abrutschen dominant beeinflussen. Sonst hat eine Kalibrierung überhaupt keinen Sinn.

Mit  $l_{st} = x \cdot \tan \alpha_1$  und  $x = l_{st} / \tan \alpha_1$  können die Verteilungslängen auf dem oberen und unteren Dach direkt angegeben werden, wenn  $(x + l_{st})$  wie vereinbart festgelegt wird.

unteres Dach (Dach 2):

$$l_{sl} = [6 s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1}]^{1/2} / (1 + \tan \alpha_1) > \Delta b$$

oberes Dach (Dach 1):

$$x = [6 s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1}]^{1/2} / (1 + \tan \alpha_1) < b_{1,eff}^{-1}$$

$$z = x \cdot \tan \alpha_1 = (x + l_{sl}) \cdot \tan \alpha_1 < h_{u,eff}$$

Neigung der Akkumulation:

$$\tan \beta = \tan \alpha_1 / (1 + \tan \alpha_1) = \sin \alpha_1 / (\sin \alpha_1 + \cos \alpha_1) < \tan \alpha_1$$

### Formbeiwerte für Abrutschen $\mu_s$

Mit der abrutschenden Schneefläche  $A_s = s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1}$  lässt sich die maximale Höhe und Form der Schneeeakkumulation infolge des Abrutschens berechnen. Sie entspricht der doppelten Schneehöhe  $\Delta_{s,U}$ .

Schneehöhen:

$$\Delta_{s,U} = s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1} / (x + l_{sl}) =$$

$$[1/6 s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1}]^{1/2} = [1/6 s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1} (1 - s_k/\gamma / h_u)]^{1/2}$$

$$\Delta_{s,U} = [1/6 s_k/\gamma \cdot h_u / \tan \alpha_1 \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u)]^{1/2}$$

$$z_{max} = 2 s_k/\gamma / (x + l_{sl}) \cdot b_{1,eff}^{-1} = [2/3 s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1}]^{1/2} =$$

$$[2/3 s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1} (1 - s_k/\gamma / h_u)]^{1/2}$$

$$z_{max} = [2/3 s_k/\gamma \cdot h_u \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u) / \tan \alpha_1]^{1/2}$$

Überführt man die Schneehöhe  $z_{max}$  in das Format der Formbeiwerte ( $\mu_s = z_{max} / s_k/\gamma$ ), so lassen sich die Zusammenhänge noch weiter vereinfachen. Setzt man für das Verhältnis von Schneehöhe zu ursprünglicher Dachhöhe  $v = s_k/\gamma / h_u$ , so verbleibt eine einfache grafisch darstellbare Beziehung:

Formbeiwert:

$$\mu_s(z_{max}) = [2/3 / s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1}]^{1/2} =$$

$$[2/3 / s_k/\gamma \cdot b_{1,eff}^{-1} (1 - s_k/\gamma / h_u)]^{1/2}$$

$$\mu_s(z_{max}) = [2/3 h_u / s_k/\gamma \cdot (1 - s_k/\gamma / h_u) / \tan \alpha_1]^{1/2}$$

$$\mu_s(z_{max}) = [2/3 / \tan \alpha_1 \cdot (1 - v) / v]^{1/2}$$

Der Formbeiwert hängt also nur noch von zwei Variablen ab, Dachneigung  $\alpha_1$  und Schneehöhenverhältnis  $v = s_k/\gamma / h_u$ . Beim hier vorliegenden Fall a)  $d_{s,0} > d_{s,l}$  tritt der Maximalwert  $z_{max}$  noch über dem oberen Dach auf. Der Maximalwert am Rand bzw. Anschluss des unteren Dachs mit dem Abstand von  $\Delta b = b_{1,eff}^{-1} \cdot s_k/\gamma / h_u = b_{1,eff}^{-1} \cdot v$  ergibt sich mit den Gleichungen:

Schneehöhen:

$$z_{max,L} = z_{max} \cdot (l_{sl} - \Delta b) / l_{sl} = z_{max} \cdot (1 - \Delta b / l_{sl}) \text{ für } \Delta b < l_{sl}$$

$$z_{max,L} = z_{max} \cdot (1 - (1 + 1/\tan \alpha_1) \cdot [1/(6 \cdot \tan \alpha_1) \cdot s_k/\gamma / (h_u (1 - s_k/\gamma / h_u))]^{1/2})$$

Formbeiwert:

$$\mu_s(z_{max,L}) =$$

$$\mu_s(z_{max}) \cdot (1 - (1 + 1/\tan \alpha_1) \cdot [1/(6 \cdot \tan \alpha_1) \cdot v/(1 - v)]^{1/2})$$

$$\mu_s(z_{max,L}) =$$

$$\mu_s(z_{max}) \cdot (1 - 1/\tan \alpha_1 \cdot [1/3 \cdot (1 + 1/\tan 2 \alpha_1) \cdot v/(1 - v)]^{1/2})$$

$$\mu_s(z_{max,L}) = \mu_s(z_{max}) \cdot f(\Delta b)$$

$$\text{mit: } f(\Delta b) =$$

$$1 - 1/\tan \alpha_1 \cdot [1/3 \cdot (1 + 1/\tan 2 \alpha_1) \cdot v/(1 - v)]^{1/2}$$

In *Abbildung 9* ist der stark nichtlineare Zusammenhang von Formbeiwert und Dachneigungswinkel  $\alpha_1$  zu erken-

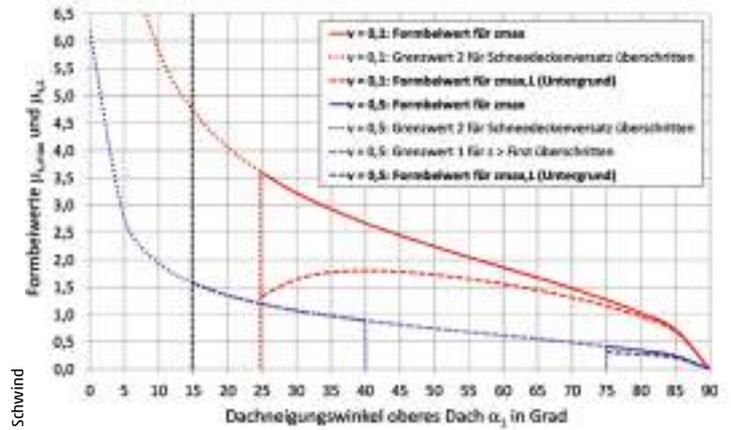


Abb. 9: Vollständiges Abrutschen: Formbeiwerte  $\mu_{s,max}$  und  $\mu_{s,l}$  in Abhängigkeit vom Dachneigungswinkel  $\alpha_1$  für zwei verschiedene Verhältnisse  $v$  von Bodenschneehöhe  $d_{s,0} = s_k/\gamma$  zu totaler Dachhöhe  $h_u$  unter Berücksichtigung der Modellgrenzen

nen. Die Formbeiwerte sinken mit zunehmender Dachneigung. Einen stärkeren Einfluss hat jedoch das Verhältnis  $v$  von Dachschneehöhe ( $d_{s,0} = s_k/\gamma$ ) und totaler Dachhöhe  $h_u$ . Das Modell spiegelt korrekt wider, dass mit steigender Schneelast im Verhältnis zur Dachhöhe der mögliche Spielraum für Schneeumverteilungen immer kleiner wird. Ist das Verhältnis von  $d_{s,0}$  zu  $h_u$  klein (rote Linien in *Abbildung 9*: 10 %), erreicht der Formbeiwert bei Dachneigungen zwischen 25° und 70° Werte zwischen  $\mu_{s,max} = 1,5$  und 3,5. Das sind jedoch örtliche Maximalwerte auf dem oberen Dach. Nach Eurocode mit der Untergrenze von 15° für das Abrutschen würden dazu kleine abrutschende Lasten gehören.

Für das Verhältnis von  $d_{s,0} / h_u = 0,1$  wird die Obergrenze 1 für das Erreichen des Firsts nicht erreicht. Die Obergrenze 2 für den Versatz wird jedoch für kleine Dachneigungen bis 25° maßgebend. Dafür findet die Umverteilung nur auf dem oberen Dach statt und erreicht das untere Dach nicht. Für das untere Dach gilt  $\mu_{s,l} = 0$ .

Für das untere Dach sind die Formbeiwerte erheblich kleiner. Am Anschluss zur Unterlage werden auch für Dachneigungen über 25° nur noch Werte zwischen  $\mu_{s,l} = 1,3$  und 1,8 erreicht.

Ist das Verhältnis von  $d_{s,0}$  zu  $h_u$  dagegen groß (blaue Linien in *Abbildung 9*: 50 %), sinken die Formbeiwerte nicht nur. In weiten Bereichen werden auch die Modellgrenzen überschritten. Für Dachneigungswinkel bis 40° findet die Umverteilung nur auf dem oberen Dach statt (Grenzwert 2:  $\Delta b < l_{sl}$ ), für mittlere Dachneigungswinkel zwischen 15° und 75° erreicht die Umverteilung sogar das Firstniveau (Grenzwert 1:  $z = h_{u,eff}$ ).

Bei großen Verhältnissen von Schneehöhe zu Dachhöhe  $d_{s,0}/h_u > 0,4$  geht der Formbeiwert für übliche Dachneigungen zwischen 15° und 70° gegen  $\mu_{s,max} = 0$ . Das Dach ist bereits zu voll. *Abbildung 10* zeigt das gesamte praktisch relevante Spektrum bis zur Obergrenze 1 bei  $d_{s,0}/h_u = 0,4$ .

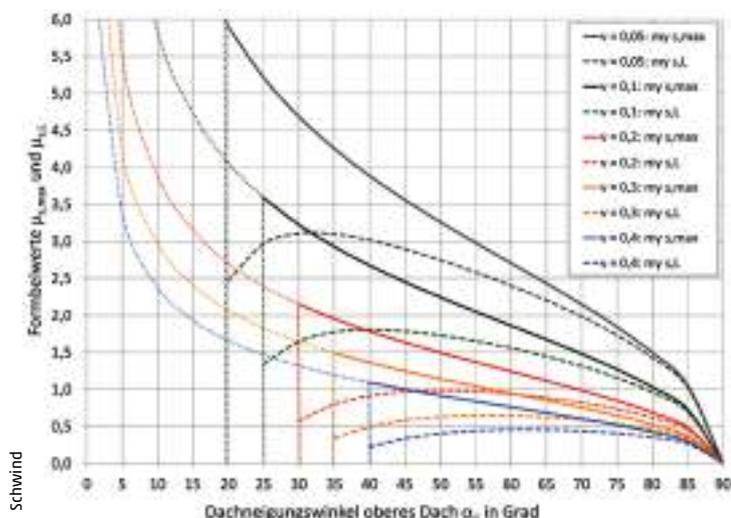


Abb. 10: Vollständiges Abrutschen: Formbeiwerte  $\mu_{s,max}$  und  $\mu_{s,sl}$  in Abhängigkeit vom Verhältnis  $v$  von Schneehöhe  $d_{s,0} = s_k/\gamma$  zu Dachhöhe  $h_u$  für verschiedene Dachneigungswinkel  $\alpha_1$  unter Berücksichtigung der Modellgrenzen.

40

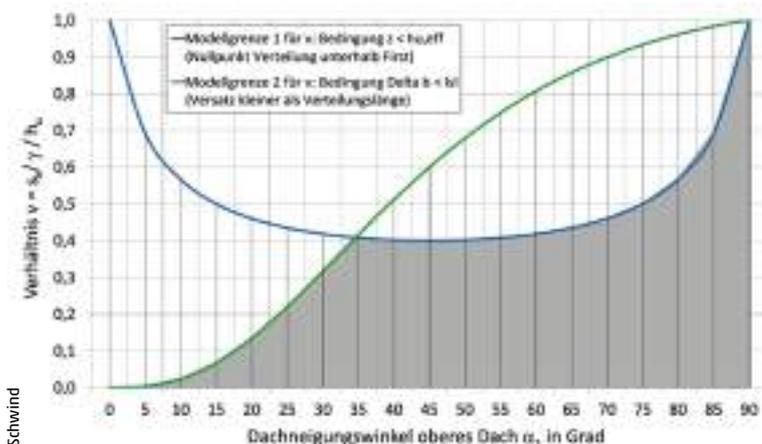


Abb. 11: Vollständiges Abrutschen: Grenzbereich für das Verhältnis von Schneehöhe zu Dachhöhe

### Analyse der Modellgrenzen für das Abrutschen

Bei der praktischen Berechnung ist zu beachten, dass zuerst die Modellgrenzen überprüft werden müssen, um überhaupt sinnvolle Ergebnisse für  $\mu_s$  zu bekommen. Der Grenzbereich ist ( $0^\circ < \alpha_1 < 90^\circ$ ) für den Dachneigungswinkel und ( $0 < s_k/\gamma/h_u < 1$ ) für das Verhältnis von Schneehöhe zu Dachhöhe.

Für  $\Delta b < b_1'$  ergibt sich mit  $\Delta b = b_1' \cdot s_k/\gamma/h_u < b_1'$  die bereits bekannte Begrenzung von  $v < 1$ . Für  $b_{1,eff}' < b_1'$  oder für  $h_{u,eff} < h_u$  ergibt sich mit  $b_1' \cdot (1 - v) < b_1'$  oder mit  $h_u - s_k/\gamma < h_u$  mit der Abkürzung  $v = s_k/\gamma/h_u$  die Begrenzung von  $1 - v < 1$ . In diesen Fällen soll  $v = s_k/\gamma/h_u$  sein, also zwischen 1 und 0 liegen, wie bereits festgelegt.

Darüber hinaus gibt es zwei Modellgrenzen, die anzeigen, wann kein Abrutschen mehr möglich ist bzw. ein Modellwechsel erfolgt.

### Modellgrenze 1 (siehe auch Abb. 5):

Damit der Nullpunkt der Umverteilung auf dem oberen Dach nicht den First überragt ( $x < b_{1,eff}'$  bzw.  $z < h_{u,eff}$ ), muss bei Anwendung der Abkürzung  $v = s_k/\gamma/h_u$  gelten:

$$v / (1 - v) < 1/6 (1 + \tan \alpha_1)^2 / \tan \alpha_1$$

$$v < 1 / (1 + 6 \tan \alpha_1 / (1 + \tan \alpha_1)^2)$$

$$v < 1 / (1 + 6 \sin \alpha_1 / (\cos \alpha_1 (1 + 2 \sin \alpha_1 / \cos \alpha_1 + (\sin \alpha_1 / \cos \alpha_1)^2)))$$

$$v < 1 / (1 + 6 \sin \alpha_1 / (\cos \alpha_1 + 2 \sin \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 / \cos \alpha_1))$$

$$v < 1 / (1 + 6 / (\cos \alpha_1 / \sin \alpha_1 + 2 + \sin \alpha_1 / \cos \alpha_1)) =$$

$$1 / (1 + 6 / (2 + 1/(\sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1)))$$

$$v < 1 / (1 + 6 / (2 + 2 / \sin 2 \alpha_1)) =$$

$$1 / (1 + 6 / (2 (1 + 1 / \sin 2 \alpha_1)))$$

### Lokale Modellgrenze $z < h_{u,eff}$ :

$$v < 1 / (1 + 3 / (1 + 1 / \sin 2 \alpha_1))$$

$$\sin 2 \alpha_1 < 1 / (3 \cdot v / (1 - v) - 1)$$

### Modellgrenze 2 (siehe auch Abb. 4):

Der Versatz  $\Delta b$  darf nicht größer werden als die Verteilungsbreite  $l_{st}$  ( $\Delta b < l_{st}$ ), damit auch Schnee auf den Boden rutschen kann. Mit der Abkürzung  $v = s_k/\gamma/h_u$  muss dafür gelten:

$$b_1' \cdot v < [6 \cdot b_1' \cdot h_u \cdot v \cdot (1 - v)]^{1/2} / (1 + 1/\tan \alpha_1)$$

$$(1 + 1/\tan \alpha_1) < [6 \cdot b_1' \cdot h_u \cdot v \cdot (1 - v)]^{1/2} / ((b_1' \cdot v)^{1/2})$$

$$(1 + 1/\tan \alpha_1) < [6 \cdot h_u / b_1' \cdot (1 - v) / v]^{1/2}$$

$$(1 + 1/\tan \alpha_1)^2 < 6 \cdot \tan \alpha_1 \cdot (1 - v) / v = 6 \cdot \tan \alpha_1 \cdot (1/v - 1)$$

$$1/\tan^2 \alpha_1 \cdot (\tan \alpha_1 + 1)^2 / \tan \alpha_1 =$$

$$(\tan \alpha_1 + 1)^2 / \tan^3 \alpha_1 < 6 \cdot (1/v - 1)$$

$$1/6 \cdot (\tan \alpha_1 + 1)^2 / \tan^3 \alpha_1 + 1 < 1/v$$

### Lokale Modellgrenze $\Delta b < l_{st}$ :

$$v < 1 / (1 + 1/6 \cdot (1 + \tan \alpha_1)^2 / \tan^3 \alpha_1)$$

In Abbildung 11 ist zu erkennen, dass für kleine Dachneigungswinkel bis zu  $\alpha_{1,lim} = 34,6^\circ$  die Obergrenze für den Versatz (grüne Linie) maßgebend wird, d. h. die Schneenumverteilung beschränkt sich auf das obere Dach und rutscht nicht bis auf den Boden. Das ist schon bei kleinen Schneelasten (Verhältnissen  $v = s_k/\gamma/h_u$ ) der Fall. Danach kann der Nullpunkt den First auch noch erreichen. Diese zweite Grenze liegt bei deutlich höheren Verhältnissen  $v$ .

Für steilere Dachneigungswinkel über  $\alpha_{1,lim} = 34,6^\circ$  ist das Erreichen des Firsts (blaue Linie) die Modellobergrenze. Sie bewegt sich für Dachneigungswinkel bis  $75^\circ$  bei  $v_{lim} = s_k/\gamma/h_u = 0,4$  bis  $0,5$ , d. h. für Schneedecken bis knapp zur Hälfte der Dachhöhe.

### Zusammenfassung

Wird gemäß Eurocode die Dacheindeckung mit Oberflächenrauigkeit und -temperatur vernachlässigt, so hängt die Schneelastverteilung infolge Abrutschens noch von folgenden Einflüssen ab:

- Dachneigungswinkel  $\alpha_1$  und Dachhöhe  $h_u$  des oberen Dachs;
- abrutschende Schneemenge  $A_s$  vom oberen Dach (abh. von Dachform;  $s_k$ ;  $\gamma$ ;  $C_e$ ;  $C_{t,u}$ );

- verbleibende Schneehöhe  $d_{s,u}$  oberes Dach ( $s_k, \gamma; C_e; C_{t,u}$ );
- verbleibende Schneehöhe  $d_{s,l}$  unteres Dach ( $s_k, \gamma; C_e; C_{t,u}$ );
- gewählte Verteilungsbreite ( $x + l_{sl}$ ) und Position der Schneeakkumulation (Fall a oder b).

Die Verteilungsbreite ( $x + l_{sl}$ ) muss zur abrutschenden Schneemenge  $A_s$  passen und an der richtigen Stelle angesetzt werden, je nach vorliegenden Geometrie- und Schneebeziehungen. Dabei sind die Modellgrenzen zu beachten.

In der Normung wird jedoch versucht die Verteilungsbreite UND den Formbeiwert unabhängig voneinander festzulegen. Wichtige Einflüsse wie die abrutschenden Schneemengen im Verhältnis zur vorliegenden Geometrie fehlen. Verbleibende Schneehöhen werden nicht berücksichtigt, Modellgrenzen nicht beachtet. Das muss scheitern. Das Gleichgewicht von abrutschender und akkumulierter Schneelast bleibt nicht gewahrt, eine Umverteilung ist nicht möglich. Das Ergebnis: Die Schneelast wird für bestimmte Parameter grob falsch. Dann wird reflexartig versucht, durch Probieren die größten Fehler durch die Einführung von Ober- und Untergrenzen einzuebnen. Das verschleiert die Tatsache, dass die Schneelastverteilung nicht richtig simuliert wird, obwohl dies mit Umverteilungsmodellen möglich wäre, aus denen die Modellgrenzen folgen. Das wurde in diesem Beitrag am einfachsten Fall des vollständigen Abrutschens auf eine horizontale Fläche demonstriert, der auch Gegenstand von ISO 4355: 2013 ist.

Für das Abrutschen im Rahmen des Höhengsprungmodells nach prEN 1991-1-3: 2022, Abschnitt 7.5.7 stehen die Lasten fest, die abrutschen sollen. Auch in der europäischen Gewächshausnorm DIN EN 13031-1: 2021 sind abrutschende Lasten festgelegt, differenziert nach Oberflächenrauigkeit und Beheizung. Mit einer realistischen Verteilungsbreite ließe sich die Schneeanhäufung infolge Abrutschens damit eindeutig berechnen. Für andere Anwendungen wären weiterführende Untersuchungen zur Abrutschneigung und -wahrscheinlichkeit auf verschiedenen Dacheindeckungen bzw. auf kalten oder warmen Dächern erforderlich. Für Solar- und PV-Module ist das Thema Abrutschen auch relevant. Trotzdem stehen geeignete Regelungen dazu noch aus.

Da nur die Umverteilung der Schneelast von Interesse ist, werden die durch das Abrutschen veränderten Dichten der Bodenschneedecke und des abrutschenden Schnees auf Dächern nicht berücksichtigt. Das wäre ein weiteres Forschungsthema. Zum Zeitpunkt des Abrutschens kann aber allgemein die äquivalente Wichte von  $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$  angesetzt werden, da diese auch bei anderen Dachschneelastmodellen im Eurocode verwendet wird. Andere Normen verwenden größere äquivalente Wichten, z. B.  $3 \text{ kN/m}^3$  in ISO 4355: 2013 oder  $2 \text{ kN/m}^3$  für kalte und  $3,5 \text{ kN/m}^3$  für warme Dächer in DIN EN 13031-1: 2021. NBCC 2015 und ASCE 7-16 verwenden schneelastabhängige Formeln für das spezifische Gewicht  $\gamma$  von Dachschnee.  $\times$

#### LITERATUR UND QUELLEN

- (1) DIN EN 1991-1-3: 2010: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten
- (2) prEN1991-1-3: 2022: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads (working draft)
- (3) ISO 4355: 2013: Bases for design of structures – Determination of snow loads on roofs
- (4) DIN EN 13031-1: 2021: Gewächshäuser – Bemessung und Konstruktion – Teil 1: Produktionsgewächshäuser.
- (5) ASCE 7-16: 2016: Chapter 7: Snow Loads
- (6) NBCC 2015: In: Ontario Regulation 88/19: Building Code filed May 2, 2019
- (7) Tabler, R.D. (2003): Controlling Blowing and Drifting Snow with Snow Fences and Road Design. Final Report, National Cooperative Highway Research Program Transportation Research Board of the National Academies.
- (8) O'Rourke, M., Cocca, J. (2016): Improved design relations for roof snow drifts. In: 8th International Conference on Snow Engineering, Nantes, France, 146-150.
- (9) Chiba, T., Tomabechi, T., Takahashi, T. (2012): Study on evaluation of snow load considering roof snow-slide on gable roofs. In: 7th International Conference on Snow Engineering, Fukui, Japan, S. 231-241.
- (10) Takita, M., Watanabe, M. (2000): Proposal of chart and table to estimate roof snow accumulation on the ground after sliding down. In: 4th International Conference on Snow Engineering, Trondheim, Norway, S. 305-312.
- (11) Zhou, X. (2013): Simulation method of sliding snow load on roofs and its application in some representative regions of China. In: Natural Hazards 2013, 67, S. 295-320.
- (12) Zhou, X., Li, J., Huang, P., Gu, M., Sun, L. (2016): A new method of predicting slide snow load for sloped roofs. In: 8th International Conference on Snow Engineering, Nantes, France, S. 197-183.



#### INA PERTERMANN

Dr.-Ing.; Diplom-Bauingenieur;  
Partner im Ingenieurbüro Prof.  
Puthli, Schüttorf; Mitarbeiter  
DIN-Normenausschuss Gewächshausbau;  
Mitarbeiter CEN/TC 284  
Spiegelausschuss Gewächshausbau,  
WG 1, 2 und 3



#### WOLFGANG SCHWIND

Dipl.-Ing. (FH); Ingenieursenator  
(Senator e. h.); Beratender Ingenieur  
Bayerische Ingenieurekammer-Bau;  
Schwind Ingenieure GmbH &  
Co. KG; Besonders Sachkundiger,  
Metall-, Holz-, Stahlbetonbau;  
Mitarbeiter DIN, Unterausschuss  
Schneelasten; Mitarbeiter DIN,  
Hauptausschuss Einwirkungen auf  
Tragwerke; Stellvertretender  
Vorsitzender der AK-Normung der  
Bayerischen Ingenieurekammer-Bau



*Der Energiebedarf in der Herstellung führt zu hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei verglasten Fassaden. Dennoch kann durch die Integration erneuerbarer und lokal verfügbarer Materialien und die Minimierung von Materialien mit hohen grauen Emissionen in der Herstellung der ökologische Fußabdruck der Gebäudehülle effizient reduziert werden. Natalya Vyshedko/AdobeStock*

42

Die Klimakrise – Transformation der gebauten Umwelt

# Nachhaltige Fassaden: Verringerung von Treibhausgas-Emissionen in der Gebäudehülle

Die Klimakrise ist momentan die größte Bedrohung für unseren Planeten. Um die Erderwärmung in beherrschbaren Grenzen zu halten, ist eine dramatische Reduktion der Treibhausgasemissionen erforderlich. Der Betrieb und die Nutzung des derzeitigen Gebäudebestands verursachen 28 % der derzeitigen weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen, während der Anteil zur Herstellung neuer Gebäude bei 10 % liegt [1]. Hier liegt ein enormes Einsparungspotenzial, dessen Ausschöpfung jedoch eine drastische Transformation der bereits gebauten Umwelt und ein Umdenken beim Neubau erfordert. Das Ziel dieser Artikelserie ist es, das Bewusstsein für die dringende Notwendigkeit dieser Transformation zu stärken, relevante Hintergrundinformationen zugänglich zu machen und Ansätze für einen positiven Beitrag aufzuzeigen. | [Daniel Pfanner](#), [Laura Schuff](#), [Dima Othman](#), [Julian Länge](#)

➤ Ziel im Bauwesen muss es fortan sein, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu minimieren. Zum einen durch Energieeinsparung im Gebäudebetrieb bestehender und neuer Gebäude. Zum anderen durch optimierten Materialeinsatz in der Gebäudekonstruktion.

Es liegt auf der Hand, dass die Gebäudehülle als Schnittstelle zwischen Innen- und Außenklima einen großen Einfluss auf den Energiebedarf des Gebäudebetriebs hat. Dieser liegt, je nach Klimaregion und Quelle, zwischen 70 [1] und 85 % [2] der globalen Gesamtemissionen des derzeitigen Gebäudebestands. Hinsichtlich der Neuerrichtung hat die Gebäudehülle derzeit nach dem Rohbau und dem Ausbau mit ungefähr 14 % [2] bis 31 % [3] den drittgrößten Anteil an den grauen Emissionen eines Gebäudes. Materialien mit hohem Primärenergiebedarf bei der Herstellung, wie z. B. Aluminium, Stahl, Glas und Kunststoffe, haben hier den größten Einfluss.

Im Entwurf und der Ausführung von Fassaden gilt es daher, graue und operative Emissionen bei einer ganzheitlichen Öko- und Lebenszyklusbilanzierung zu minimieren. Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Handlungsmöglichkeiten.

**Graue Emissionen der Gebäudehülle**

Um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Herstellung der Gebäudehülle (graue Emissionen) zu reduzieren, sollten Planende zu Beginn des Entwurfsprozesses verschiedene Varianten von Fassadensystemen, Konstruktionsmethoden und Materialien evaluieren und gestalterisch bewerten. Die frühe Berücksichtigung von Umweltaspekten ermöglicht die Bewertung der Gesamtemissionen in der Produktions-, Betriebs- und Nachnutzungsphase bei einer ganzheitlichen Ökobilanzierung [4]. Um die grauen Emissionen von Gebäudehüllen quantitativ zu bewerten, hat sich die Methodik der Ökobilanzierung (engl. Life Cycle Assessment = LCA) als wissenschaftlich fundiertes Werkzeug erwiesen. Die grundsätzlichen Prinzipien

Tabelle 1: kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent verschiedener Baustoffe der Glasfassade

Komponenten	Material	Einheit	A1 bis A3	C3	D	Gesamt
Profil	Aluminium	KgCO <sub>2</sub> e/kg	9.68	0.6	-6.26	4.02
	Stahl	KgCO <sub>2</sub> e/kg	3.86	0.36	-1.56	2.66
	Holz	KgCO <sub>2</sub> e/kg	-1.28	1.6	-0.68	-0.36
Verglasung	Zweifachverglasung 6-12-6	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	36.99	1.5	-0.7	37.79
	Dreifachverglasung 6-12-6	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	57.77	3	-1.41	59.36
Dichtungen	EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk)	KgCO <sub>2</sub> e/kg	3.21	3.1	-3.39	2.92

Datensätze abgerufen am 2018 auf: Thinkstep

der Ökobilanzierung sind in Artikel 4 (DIB-Ausgabe 05/2022) dieser Serie beschrieben. Verglaste Fassaden haben einen hohen Energiebedarf in der Herstellung und führen somit zu hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Isolierverglasungen und Dichtungsprofile haben zudem eine vergleichsweise kurze Lebensdauer von ungefähr 30 Jahren und müssen somit über den Lebenszyklus des Gebäudes hinweg mehrfach ausgetauscht werden.

In Tabelle 1 werden CO<sub>2</sub>-Äquivalente (Herstellung A1-A3, Verarbeitung zur Wiederverwendung C3, Auswirkung der Wiederverwendung D) [5] verschiedener Komponenten einer Glasfassade gegenübergestellt. Dreifachisolierverglasung hat aufgrund der größeren Glasanteile eine schlechtere CO<sub>2</sub>-Bilanz als Zweifachisolierverglasung, wobei durch die besseren Wärmedämmeigenschaften Be-

triebsenergie reduziert werden kann. Aluminium und Stahl haben in den dargestellten Lebensphasen eine deutlich schlechtere CO<sub>2</sub>-Bilanz als Holz. Holz speichert in der Herstellung mehr CO<sub>2</sub> ein, als freigesetzt wird. Dafür kann es nicht endlos wiederverwendet werden und wird am Ende verbrannt, wobei das eingespeicherte CO<sub>2</sub> wieder freigesetzt wird. Auf die Wiederverwendbarkeit von Holz wird im folgenden Abschnitt eingegangen, dabei spielen insbesondere der Aspekt der lokalen Herkunft sowie eine nachhaltige Forstwirtschaft eine maßgebende Rolle.

Die Verwendung von erneuerbaren und lokal verfügbaren Materialien wie Stampflehmwänden oder kohlenstoffspeichernden Holzprodukten als Tragprofile, Verkleidungen oder Dämmmaterialien stellt ein wichtiges Potenzial in der Reduktion grauer Energien dar.

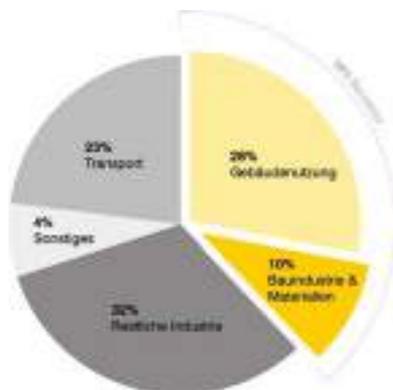


Abb. 1: Globaler Energieverbrauch nach Sektoren 2019 Global Status Report for Buildings and Construction, myenergy.lu

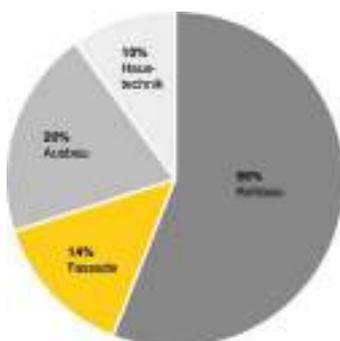


Abb. 2: Verteilung der grauen Energie auf die verschiedenen Gewerke eines Gebäudes Hegger, Manfred, u. a., Energie Atlas, Nachhaltige Architektur, Edition Detail, München, 2007



Abb. 3: Reduktion der grauen Emissionen Prinzipien der Fassadenplanung Hildebrand, Linda, Tran, Kim, Zirwes A, Ina and Kretschmer, Alina, Life cycle assessment in facade design, 2021

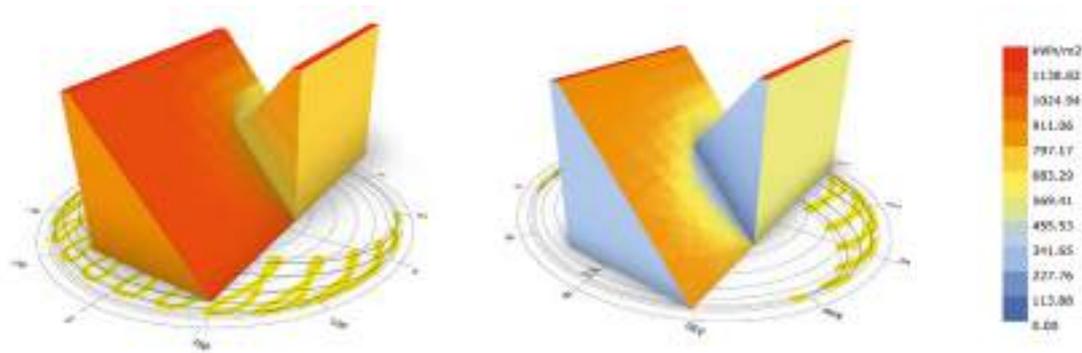


Abb. 4: Geometrische Optimierung unregelmäßiger Gebäudevolumina knippershelbig, 2019

Die Reduktion der in der Gebäudehülle enthaltenen grauen Emissionen kann darüber hinaus durch weitere Entwurfsansätze (siehe Abbildung 3) bereits in der Planung realisiert werden [4]. Zunächst sollte eine mögliche Wiederverwendung der verbauten Komponenten angestrebt werden. Wo eine Wiederverwendung nicht möglich ist, sollten Materialien mit hohem Recycling-Potenzial verwendet werden. Die Emissionen von Aluminium lassen sich erheblich (bis zu 80 %) reduzieren, wenn Profile mit bis zu 75 % recyklierten Inhalt verwendet werden, was zu einer Reduktion von 2,3 kg CO<sub>2</sub>e pro kg Aluminium führt [6]. Bei der Planung ist die Reversibilität der Fassaden zu berücksichtigen, sodass Komponenten für die Wiederverwendung oder Recycling isoliert werden können. Hinsichtlich der Fügung der Fassadenkomponenten sollten mechanische Befestigungen gegenüber Verklebungen vorgezogen werden, um eine problemfreie Demontage zu gewährleisten.

### Circular Economy

Bei einer Aluminium-Glasfassade entfallen vom Gesamtgewicht 60 bis 70 % auf das Glas und 20 bis 25 % auf das Aluminium, der Rest besteht aus Dichtungen, Dämmstegen etc.

Glas und Aluminium benötigen einen hohen Energieaufwand in der Herstellung, aber einen geringeren Energieaufwand beim Einschmelzen sortenrein rezyklierter Stoffe (70 % für Glas [7], 5 % für Aluminium [8] im Vergleich zur Ersterstellung).

In der Flachglasindustrie ist es aktuell nicht möglich, die Potenziale der Wiederverwendbarkeit voll auszuschöpfen. Eine direkte Wiederverwendung von Isolierverglasungen sollte ermöglicht werden. Dazu müssen Prozesse entwickelt werden, Bestandsverglasungen thermisch und statisch zu ertüchtigen und zu lagern, um als Materialquelle für neue Projekte zu dienen.

Desweiteren sind in den Produktionsketten höhere Recyclinganteile möglich, Stoffquellen stehen jedoch aufgrund fehlender geschlossener Kreisläufe nicht ausreichend zur Verfügung. Bei dem wiederverwendeten Material der Flachglasherstellung handelt es sich bei einem Drittel der Produktionsstoffe um Abfallprodukte aus Herstellungsprozessen. Nur < 1 % der Stoffe werden aus dem Rückbau von Verglasungen aus Bestandsprojekten gewonnen, was daran liegt, dass Verglasungen nicht sortenrein recykliert werden und damit für die Flachglasherstellung nicht brauchbar sind.

Eine Formulierung von Qualitätsstandards, an denen sich Flachglashersteller und Recyclingunternehmen orientieren können, wäre sinnvoll. Um diesen Prozess zu ermöglichen, sind Verglasungen beim Abbruch unzerbrochen zu demontieren. Ein im Randverbund versteckter Chip einer Isolierverglasung könnte beispielsweise als Pass dienen, um die Qualität der verbauten Scheiben genau bestimmen zu können. Alternativ können Qualitätsinformationen für jedes eingebaute Glas bei der BIM-Projektdokumentation gespeichert und beim Rückbau an Recycling-Unternehmen übergeben werden. So können die Verglasungen eingesammelt, aufbereitet und als Stoffquelle genau spezifiziert werden.

Aktuell liegt der recyklierte Anteil von stranggepresstem Aluminium bei ca. 55 % von technisch möglichen 95 %. Die Hälfte von demontierten Aluminium-Stoffquellen wird nicht nachhaltig recykliert und unter hohen Transportemissionen auf andere Kontinente gebracht, wo er zum Anbrennen von Müllverbrennungsanlagen genutzt wird. Um das Abwandern des Aluminiums aus dem europäischen Markt zu verhindern, wurde 1994 der A-U-F e.V. als freiwillige Initiative gegründet [8]. Dessen Ziel ist es, einen geschlossenen Werkstoffkreislauf für das Aluminium im Fenster- und Fassadenbau herzustellen.

Im Gegensatz zu Glas und Aluminium ist der Energieverbrauch von Holz im Herstellungsprozess gering, es wird aktuell jedoch nicht ohne Qualitätsverlust recykliert. Nach dem Rückbau wird aktuell unbehandeltes Holz zum Großteil verbrannt. Nur etwa ein Viertel des Altholzes wird z. B. zur Herstellung von Spanplatten „downgecycelt“. Mit Holzschutzmitteln imprägniertes oder gestrichenes Altholz wird sogar als gefährlicher Abfall eingestuft und gesondert entsorgt. Als Planende müssen wir darauf achten, Rückbau- und Wiederverwendungsprozesse, z. B. durch die reversible Ausbildung von Konstruktionsdetails, in den Planungsphasen mitzudenken, um eine emissionsarme Wertschöpfung in der Zukunft zu ermöglichen.

### Hebelarm Betriebsenergie

Die Betriebsemissionen eines Gebäudes resultieren aus dem Energieverbrauch für Gebäudeheizung, -kühlung und -beleuchtung. In einem durchschnittlichen Gebäude in Deutschland macht die Raumbeheizung mit ca. 78 % des Gebäudeenergieverbrauchs den größten Anteil aus, gefolgt von der künstlichen Beleuchtung mit ca. 8 % und der Kühlung mit ca. 1 % des Energiebedarfs. Diese Zahlen sind Durchschnittswerte des heutigen Gebäudebestands und nicht repräsentativ für mit modernen Standards und Planungswerkzeugen neu errichtete Gebäude.

Die Normungsarbeit und Gesetzgebung in Deutschland hinsichtlich Energieeffizienz von Gebäuden hat sich in den vergangenen Jahren auf Reduktion des Heizenergiebedarfs konzentriert. In der Materialentwicklung der letzten Jahrzehnte stand daher hauptsächlich die Reduktion von Wärmeleitfähigkeiten für Dämmstoffe sowie die Minimierung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Isolierverglasungen im Vordergrund. Auch werden bei der Planung und Ausführung von Vorhangfassaden in der Regel thermisch getrennte

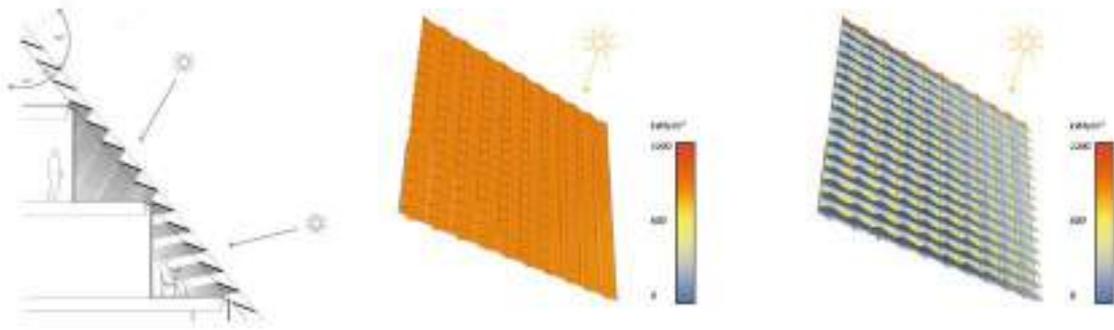


Abb. 5: Geometrische Optimierung starrer Verschattungselemente anhand lokaler klimatischer Daten zur Reduktion solarer Energieeinträge im Sommer knippershelbig, 2019

Profile eingesetzt und, wie bereits erwähnt, befindet sich auch im Fassadenbau der wenig wärmeleitende Holzbau auf dem Vormarsch. Die Entscheidung über den Einsatz dieser Materialien wird jedoch nicht nur hinsichtlich der besten Dämmleistung eines Materials gefällt, sondern muss weitere funktionale, bauphysikalische und nutzungsabhängige Anforderungen erfüllen. Gedämmte opake Wände kosten Platz und blocken Tageslicht, Ausblicke und die wichtigen solaren Wärmegewinne im Winter. Räume hinter vollverglasten Vorhangsfassaden haben mitunter ein Überhitzungs-, bzw. Kühlproblem im Sommer und zu hohe Transmissionswärmeverluste im Winter.

Moderne digitale Planungswerkzeuge können Ingenieurinnen und Ingenieuren helfen, solche gegenläufigen Zieldefinitionen miteinander zu verhandeln und bewertbar zu machen. Multiparametrische Simulationswerkzeuge unter Einbeziehung der Gebäude- und Geschossgeometrie, des lokalen Klimas und Sonnenverlaufs über das gesamte Jahr für die Tageslichtversorgung und die solaren Wärmegewinne stehen bereits heute zur Verfügung und sind vielseitig einsetzbar. So können Verhältnisse von opaken zu verglasten Fassadenflächen so optimiert werden, dass die Vorzüge beider Systeme hinsichtlich Dämmeigenschaften, solarer Energiegewin-

ne, Belichtung und Ausblicke genutzt werden können. Unregelmäßige Gebäudevolumina können geometrisch auf eine Reduktion der solaren Einstrahlung im Sommer hin optimiert werden (Abbildung 4 oben links). Aber auch an einzelnen Fassadenmodulen erlauben solche Tools multikriterielle Betrachtungen. So kann zum Beispiel die Orientierung feststehender Verschattungselemente anhand des Sonnenstands optimiert werden (Abbildung 5 oben), um im Vergleich zur nicht verschatteten Fassadenfläche deutliche Reduktionen solarer Einstrahlungen der der hochstehenden Sommersonne zu erzielen (Abbildung 5 oben Mitte und rechts), während die Gewinne

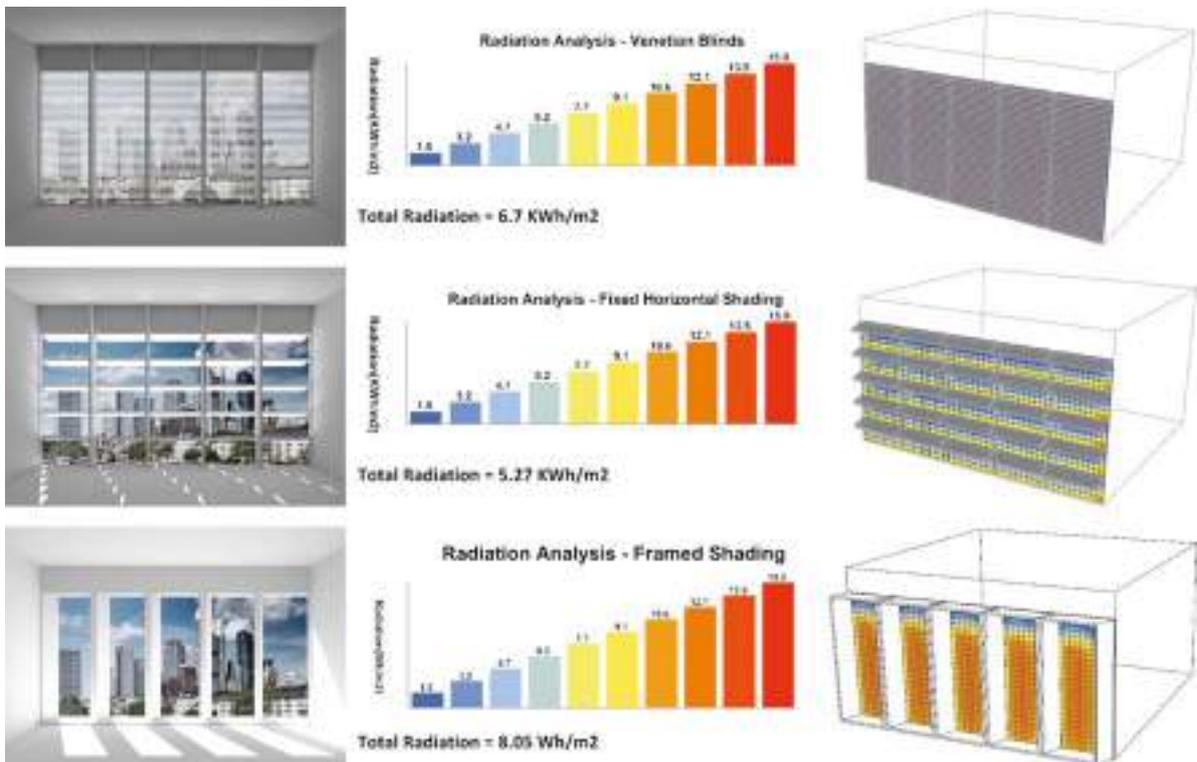


Abb. 6: multiparametrische Optimierung eines Fassadenmoduls hinsichtlich Solareintrag, Tageslichtversorgung und Ausblick Bollinger+Grohmann, 2021

solarer Lasten im Winter maximiert werden. Oder es können verschiedene Entwurfsvarianten hinsichtlich der Optimierung von solaren Energieeinträgen, Tageslichtversorgung und Ausblicken bewertet werden, die für die nutzenden Personen von enormer gesundheitlicher und psychischer Bedeutung sind (Abbildung 6).

Aktuelle Projekte zeigen auf, wie durch eine solche Optimierung in der Planungsphase der Einsatz von motorisierten und mechanisch anfälligen Sonnenschutzsystemen reduziert werden kann, ohne die Performance der Fassade hinsichtlich der maßgebenden Anforderungen zu beeinträchtigen.

Ergänzend zu der in den vorigen Abschnitten beschriebenen Bilanzierung der grauen Emissionen müssen die Betriebsemissionen in frühen Planungsphasen quantifiziert werden, um in der Entscheidungsfindung während des Planungsprozesses Berücksichtigung zu finden. Eine integrative Zusammenarbeit fachübergreifender Planungsbeteiligter ist erforderlich, um solch eine ganzheitliche Emissionsbilanz zu erstellen.

### Fazit

Die Entscheidungen im Entwurfsprozess von Gebäudehüllen werden in der Regel aufgrund von strukturellen und bauphysikalischen Anforderungen, ästhetischen Grundsätzen, wirt-

schaftlichen Aspekten und Nutzungsbedürfnissen gefällt. Ökologische Prinzipien sollten von Anfang an in diese Entscheidungsprozesse integriert werden. Dafür müssen sowohl graue als auch Betriebsemissionen berücksichtigt und über den gesamten Lebenszyklus gesamtheitlich bilanziert werden.

Die grauen Emissionen von Fassadenkonstruktionen sind durch eine sorgfältige Auswahl von Materialien zu reduzieren. Dabei ist die Verwendung wiederverwendeter und recycelter Materialien zu bevorzugen. Durch die Integration erneuerbarer und lokal verfügbarer Materialien und die Minimierung von Materialien mit hohen grauen Emissionen in der Herstellung kann der ökologische Fußabdruck der Gebäudehülle effizient reduziert werden.

In der Planung können Fassaden durch das Balancieren der multiplen, teilweise konträren, funktionalen und technischen Anforderungen parametrisch so optimiert werden, dass eine hinsichtlich der Ökobilanz, aber auch hinsichtlich der Nutzerakzeptanz optimierte Lösung herauskommt. Insbesondere letztere wird in Zukunft maßgebend für die gesellschaftliche Motivation sein, Gebäude zu erhalten und weiter zu nutzen, was das höchste Ziel einer nachhaltigen Gebäudeentwicklung sein sollte.

Darüber hinaus muss aufgrund der vergleichsweise geringen Lebensdauer von

Fassaden eine drastische Umstellung auf Verhaltensmodelle der Kreislaufwirtschaft vorgenommen werden. Wo Bauteile nicht direkt wiederverwendet werden können, müssen die Anteile recycelter Materialien in Produktionsketten drastisch erhöht werden. Hierzu müssen geschlossene Kreislaufprozesse geschaffen und die Verfügbarkeit sortenrein recycelter Materialquellen erhöht werden. ◀

### QUELLEN

- [1] Global Status Report for Buildings and Construction, 2019
- [2] Hegger, Manfred, u.a., Energie Atlas, Nachhaltige Architektur, Edition Detail, München, 2007
- [3] World Business Council for Sustainable Development
- [4] Hildebrand, Linda; Tran, Kim; Zirwes, A., Ina and Kretschmer, Alina, Life cycle assessment in facade design, 2021
- [5] www.oekobaudat.de/, 2018
- [6] Hydro CIRCAL recycled aluminium | WICONA auf: www.wicona.com/en/int/sustainability/beyond-materials/hydro-circal-recycled-aluminium/
- [7] Saint-Gobain, "Collecting and processing scraps of glass: A guide for improved cullet recycling" [pdf] zum Download über: www.vetrotech.com/document/2775 (Mai 2022), 2014
- [8] AUF e.V. „Imagebroschüre\_AUF\_2015“ [pdf] zum Download über: https://a-u-f.com/wp-content/uploads/2020/05/Imagebroschuere\_AUF\_2015\_neuesLogo.pdf (Mai 2022), 2015



#### DANIEL PFANNER

› Prof. Dr.-Ing. Bauingenieurwesen; Partner und Mitglied der Geschäftsleitung bei Bollinger+Grohmann in Frankfurt; er besitzt langjährige Erfahrungen in der Konzeption und fachübergreifenden Planung energieeffizienter Gebäudehüllen; sein besonderes Augenmerk gilt der Entwicklung und der Umsetzung innovativer Energie- und Konstruktionskonzepte für Ganzglas-Fassaden



#### LAURA SCHUFF

› M.Eng. Bauingenieurwesen; Fachingenieur Fassade; Projektleiterin in der Fassadenplanung bei Bollinger+Grohmann in München; sie möchte nachhaltige Gebäudehüllen entwerfen, die den Wünschen des Bauherrn und dem gestalterischen Anspruch des Architekten entsprechen



#### DIMA OTHMAN

› M.Eng. Fassadenkonstruktion, LEED AP; Fassaden-Designer bei knippershelbig in Berlin, spezialisiert auf Fassadenplanung mit Fokus auf die Optimierung von grauen Emissionen von Fassaden und deren Einfluss auf die Betriebsemissionen eines Gebäudes innerhalb des Entwurfsprozesses



#### JULIAN LÄNGE

› Architekt, M.Eng., Projektmanagement und Fachingenieur Fassade; als Assoziierter bei knippershelbig in Stuttgart führt er seine Interessen an der Entwicklung komplexer Gebäudehüllen, energetischen Simulationen und nachhaltigen Konstruktionsprinzipien zusammen; Mitbegründer des Stuttgarter Nachhaltigkeitsstammtischs

## Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV)

# Von der Nische zum Massenmarkt

Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) besetzt in der Planung bislang nur eine Nische. Für das Erreichen der Klimaziele und eine künftige Unabhängigkeit von Importen fossiler Energien und Brennstoffe wird die nachhaltige Stromerzeugung über BIPV zu einem möglichen Massenmarkt. Aktuelle Untersuchungen belegen, dass die in Deutschland verfügbaren Gebäudeflächen den Photovoltaikbedarf in einem regenerativen Energiesystem bei weitem übersteigen und eine installierbare Photovoltaikleistung von bis zu 1.000 Gigawatt peak (560 GWP Dächer; 440 GWP Fassaden) erbringen könnten.<sup>1</sup> Für die erfolgreiche Energiewende in Deutschland würden, je nach Randbedingungen, 150 bis 300 Gigawatt peak bzw. Flächen von 750 bis 1.500 Quadratkilometern genügen. Größtes Potenzial bieten Gebäudehüllen, die ohnehin modernisiert werden; hier reduzieren sich die Mehrkosten für Photovoltaik und Amortisationszeiten von zehn Jahren wären realistisch. Im Neubau könnten bei früher Planung grundsätzlich geringe Zusatzkosten für BIPV möglich sein, da konventionelle Baustoffe eingespart werden.

| [Marc Everling](#)

➤ Deutschland strebt bis zum Jahr 2045 Klimaneutralität an. Schneller könnte es im Energiesektor vorangehen, denn die Transformationskosten fallen hier geringer aus als in anderen Sektoren, wie zum Beispiel der Landwirtschaft. Erneuerbare Energien werden zur wichtigsten Quelle für den wachsenden „Stromhunger“, auch im sich wandelnden Wärme- und Mobilitätssektor.

Die Stromerzeugung könnte künftig, unter anderem wegen vergleichsweise geringer Erzeugungskosten, überwiegend über Windenergie und Photovoltaik erfolgen. Nach einem Modellierungsversuch des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE sollte die Anlagenleistung für Photovoltaik auf etwa 200 bis 300 GW anwachsen. Installiert sind

<sup>1</sup> Vgl. „Potenziale der Integrierten Photovoltaik in Deutschland“, Harry Wirth, Jan-Bleicke Eggers, Max Trommsdorff, Holger Neuhaus, Martin Heinrich, Stefan Wieland, Christian Schill. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg, [www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)



Die Stele vor dem Hauptportal des Fraunhofer ISE dient mit ihren farbigen PV-Modulen zur Demonstration der ästhetischen Gestaltbarkeit von bauwerkintegrierter Photovoltaik (BIPV) an Fassaden und in Dächern. Die Farbbeschichtung wurde von Fraunhofer entwickelt und patentiert. Die Module wurden mit kristallinen Solarzellen in Schindeltechnologie hergestellt.



Farbpalette



PV-Module im Maßstab 100 x 100 cm

derzeit rund 55 GW, hauptsächlich über Anlagen auf Dächern und in Freiflächen. Die Fläche der installierten BIPV war mit 65.800 Quadratmetern (13 MWp) 2020 (mit jährlichen Änderungsraten von ca. 5 Prozent) noch gering, erwartet wird jedoch massives Wachstum, denn die erfolgreiche Energiewende benötigt insgesamt rund 400 bis 500 GWp, davon rund 150 bis 300 GWp in der Gebäudehülle. Das Delta könnte über PV-Anlagen auf Freiflächen erzeugt werden, mit Landwirtschaft kombiniert, auf Gewässern errichtet, auf Parkplätzen, Verkehrswegen, in Fahrzeugen installiert oder auf renaturierten Biotop- und Moorflächen.

Das weitaus größte Wachstumspotenzial bietet die Gebäudehülle mit ihren großen nutzbaren Flächen, die, mit Photovoltaik ausgestattet, vor allem die Energieversorgung in Städten nachhaltiger gestalten würden, denn solare Gebäudehüllen senken die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudesektors erheblich, vermeiden Netzausbaukosten und erbringen nachhaltige lokale Wertschöpfung. Jeder Neubau, jede Sanierung mit BIPV würde zur Energiewende beitragen und gleichzeitig Einnahmen für die Gebäudebetreiber erzielen. Jährlich werden in Deutschland rund 107 Millionen Quadratmeter Fassade und 63 Millionen Quadratmeter Steildächer zugebaut.<sup>2</sup> Würden diese Flächen genutzt, könnte die Leistung jährlich um bis zu 33 GWp wachsen. Ein Zwischenziel für das Jahr 2030 ist durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bereits definiert,

nämlich ein Anteil erneuerbarer Energien von 65 Prozent des Brutto-Stromverbrauchs. Zur Erreichung dieses Ziels ist ein kontinuierlicher jährlicher PV-Zubau von 5 bis 10 GWp notwendig, abhängig von der Entwicklung des Strombedarfs und des Ausbaus der Windkraft.

### Integration in die digitale Bauplanung

Ein wichtiger Baustein für die Erschließung des Markts ist die Integration von BIPV-Produkten in die Planung der Bauprozesse, vor allem über digitale Werkzeuge wie BIM (Building Information Modelling). Damit die Integration von PV-Funktionen in Bauprodukte

zur Selbstverständlichkeit wird, sind jedoch – und hier ist die Politik gefragt – Vereinfachungen in Bauproduktenrecht und technischen Bestimmungen sowie Anreize durch fiskalische und ordnungspolitische Instrumente notwendig. Viele Akteure der Gesellschaft sollten zudem deutliche Signale an die Politik senden: Verbraucher können bei Strom und Wärme, Mobilität und im Konsum energieeffizientere Produkte und erneuerbare Energien bevorzugen und massiv Nachfrage generieren. Anleger finden in der Energiewende langfristig attraktive Investments. Entscheider sollten prüfen, welche Maßnahmen sich nachhaltig rechnen und die ökologische



Horizontale Sputteranlage mit einer Beschichtungsfläche von 1,5 x 4 Meter.

<sup>2</sup> Quelle: Studie von B + L Marktdaten GmbH für Fraunhofer ISE, 03/2020

Transformation fördern. Länder, Städte und Gemeinden könnten nachhaltige Projekte fördern und eigene Investitionen entsprechend ausrichten. Schlussendlich sollten Unternehmen ermutigt werden, die PV-Produktion in Deutschland erneut zu forcieren, um Abhängigkeiten zu vermeiden und das „fossile“ Zeitalter hinter sich zu lassen, in dem jährlich dreistellige Milliardenbeträge für Öl- und Gasimporte an Kartelle und autoritäre Regimes gezahlt werden. Rohstoffe für die PV-Produktion sind verfügbar und solare Technologien wurden in Deutschland maßgeblich mitentwickelt, bevor politische Weichenstellungen zur Verlagerung entsprechender Arbeitsplätze in den asiatischen Raum führten. Eine hiesige PV-Produktion würde langfristige Versorgungssicherheit und die Einhaltung hoher Öko- und Qualitätsstandards ermöglichen – ein Wettbewerbsvorteil.

Wichtig für den Ausbau wäre auch, die realen Kosten unterschiedlicher Arten der Stromerzeugung transparenter darzustellen: Noch immer hängt Photovoltaik der Ruf an, eine relativ teure Technik zur Stromerzeugung zu sein – rund 300 Euro pro Quadratmeter als Systemvollkosten für kleinere bis mittlere Aufdachsysteme sind realistisch, integrierte Anlagen sind etwas kostspieliger.

Wird jedoch eine konventionelle Fassade ersetzt oder im Neubau eine Solarfassade geplant, sinken die Kosten. Größere Aufdach- oder Freiflächenanlagen sind auch ohne Internalisierung der externen Kosten wirtschaftlich – ihre Stromerzeugungsvollkosten liegen inzwischen bei 5-10 ct/kWh, vergleichbar mit den Kosten von Gaskraftwerken. Bei genauerem Blick wird zudem klar, dass ein Kostenvergleich mit der fossilen oder nuklearen Stromerzeugung derzeit hinkt – denn deren externe Kosten und Risiken bezüglich der verursachten Umwelt-, Klima und Gesundheitsschäden bleiben bei der Preisbildung bislang weitgehend unberücksichtigt, was eine versteckte Subventionierung der herkömmlichen Energieträger darstellt. Die Grenzkosten decken keineswegs die Neutralisierung zum Beispiel strahlender Abfälle oder die Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>, NOX, SOX etc.) ab – diese „versteckten“ Kosten trägt derzeit die Allgemeinheit. Noch essentieller ist jedoch der Blick auf die größte Herausforderung, die CO<sub>2</sub>-Neutralität: Die Stromerzeugung über Photovoltaik reduziert die Freisetzung von CO<sub>2</sub> erheblich und wäre eine hochwirksame Bremse für den Treibhauseffekt.



BIPV-Module integriert in Gebäude des Fraunhofer ISE, Freiburg.

### Volatiler Strom aus erneuerbaren Energien

Der Strombedarf für Wärme (Gebäude, Industrie), Mobilität und als Ausgangsstoff für chemische Prozesse wird dauerhaft und langfristig steigen, das zeichnet sich beispielsweise in der Glasindustrie ab: Der BV Glas rechnet mit einer Umstellung erdgasbetriebener Floatglasanlagen auf Strom- und Hybrid-Technologien mit „grünem“ Wasserstoff bis 2045. Anderenfalls wäre die international beschlossene CO<sub>2</sub>-Neutralität nicht realisierbar. Die elektrolytische Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbarem Strom nimmt hier eine zentrale Stellung ein. Auch die Elektromobilität führt zu einem wachsenden Stromhunger, der jedoch durch erneuerbare Stromerzeugung abgedeckt werden könnte, denn sie gleicht sich über unterschiedliche saisonale, geografische und technologische Faktoren selbst aus. So lassen sich beispielsweise Wetterabhängigkeiten bei Windenergie und Photovoltaik über europäische Ländergrenzen hinweg ausgleichen.

Der steigende Grad an Dezentralität sowie die Koordination volatiler Stromerzeugung und steuerbarer Verbräuche erfordert insbesondere in Deutschland einen starken Ausbau der Digitalisierung und, idealerweise, eine harmonisierte europäische Entwicklung.

### Fazit

Anreize für den Einsatz von BIPV wären, dass moderne Module nicht nur die solare Stromerzeugung erlauben, sondern sich in die Fassade einbringen (wichtig für die Verbraucherakzeptanz). Sie verbessern die Wärmedämmung sowie den Wind- und Wetterschutz und bieten, in Glasfassaden integriert, Abschattung. Auf den Markt gelangen derzeit erste transparente und gestaltete BIPV-Produkte, die sich in der Fassade ästhetisch mit Sonnenschutzverglasungen oder anderen

Materialien kombinieren lassen. Eine große Chance für europäische Unternehmen sehen die Forscher des Fraunhofer ISE in industriell hergestellten, aber dennoch individualisierbaren BIPV-Modulen – sie ermöglichen eine nachhaltige Wertschöpfung und machen es Architekten und Fassadenplanern möglich, passende Produkte für beliebige Projekte zu finden. Das Institut selbst entwickelte Module, die mit hocheffizienten Farbbeschichtungen versehen sind (maximal 10 Prozent Leistungseinbuße im Vergleich zu einer vollständig transparenten Frontabdeckung), mit variablen Zell- und Modulformaten und ästhetischen Optionen beim Design. Sie ermöglichen solare Gebäudehüllen, teiltransparent mit sichtbaren Silicium-Solarzellen oder opak in verschiedenen Farben. <



### MARC EVERLING

> studierte Medienpädagogik an der Technischen Universität Braunschweig. Nach 14 Jahren als Berater in PR- und Marketingagenturen wechselte er auf die Unternehmensseite und war sechs Jahre lang als Marketingleiter bei einem der globalen Player der Flachglasindustrie tätig. Im Februar 2021 gründete er eine Netzwerkagentur, die sich auf die kommunikative Beratung von baustoffproduzierenden Unternehmen, Initiativen, Verbänden, Messen und Architekten spezialisiert, die im Sinne der ökologischen Transformation nachhaltig arbeiten und produzieren.

Deutsches

# Ingenieurblatt

ARCHIVSUCHE



TERMINE



PRODUKTE



ARTIKEL  
ZUM  
DOWNLOAD



STELLENBÖRSE



NEWSLETTER



## online

umfangreicher und kostenloser Service auf  
[www.ingenieurbau-online.de](http://www.ingenieurbau-online.de)

## Energiefabrik Knappenrode

# Ein Museum heizt ein

Seit Jahrzehnten ist die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) eine effiziente Form der Strom- und Wärmeerzeugung. Sie gilt als eine der Schlüsseltechnologien für eine erfolgreiche Energiewende. Die Maximierung der Energieeffizienz in Wärmenetzen, die Einsparung von Energiekosten oder messbar reduzierte CO<sub>2</sub>-Emissionen sind einige der bekannten Vorteile. Darum kam sie auch bei der Modernisierung der Energiefabrik Knappenrode, einem Museum des Zweckverbands Sächsisches Industriemuseum in der Lausitz, zum Einsatz. | [Sven Mahlitz](#)



**SVEN MAHLITZ**

› Vertriebsleiter Energiesysteme, Yados Vertriebs GmbH, Hoyerswerda

Die Lausitz, die mit Ende des Braunkohleabbaus einen massiven Strukturwandel erlebt, sieht ihre wirtschaftliche Zukunft unter anderem im Tourismusausbau und der Aufwertung kulturell ansprechender Urlaubs- und Ausflugsziele. Dazu zählt auch die von Frühjahr 2017 bis Sommer 2020 durchgeführte umfassende Modernisierung der Energiefabrik Knappenrode zu einem zeitgemäßen und kulturbewahrenden Standort.

Bereits 1993 endete die letzte Schicht in der backsteinroten Brikettfabrik. Zehn Jahre später wurde das imposante Industriegebäude zu einem von vier Museen des Zweckverbands Sächsisches Industriemuseum und ist heute eine der bedeutendsten Einrichtungen sächsisch-brandenburgischer Industriekultur. Seit 2005 gehört die Energiefabrik Knappenrode zur Europäischen Route der Industriekultur.

Bei der großangelegten Umgestaltung des Museums galt es insbesondere, den beeindruckenden Denkmalkomplex und seine Infrastruktur zu erhalten und gleichzeitig aufzuwerten. Das ist gelungen: Heute verfügt das Museum über zahlreiche neue Ausstellungsbereiche, einen zentralen Informationspunkt, moderne Verwaltungs- und Magazinbereiche und die 26 Meter hohe Aussichtsplattform „Lausitz Blick“.

Um den industriellen Charakter der Energiefabrik zu bewahren, verzichtet die neue Technische Gebäudeausrüstung (TGA) gänzlich auf Verkleidungen und Unterputzinstallationen. „Es wurde nicht versucht, das Spröde und Ungeschönte zu verdecken, zu verkleiden oder gestalterisch anzupassen. „Was Fabrik

war, bleibt auch Fabrik!“, erklärt Kirstin Zinke, die das Museum bis April dieses Jahres leitete und den komplexen Umbau organisierte.

Einen zentralen Projektschwerpunkt bildete die Erneuerung der energetischen Versorgungsanlagen. Die Modernisierung von Heizungsanlage und Elektroinstallationen sollte zukünftig für die wirtschaftlich solide und energieeffiziente Versorgung des Museums sorgen. Entsprechend präferierten die Planungsbeauftragten der energetischen Sanierung eine Energiezentrale mit stromoptimierter BHKW-KWK-Lösung. Die hochentwickelten Systemkomponenten stammen von der Yados GmbH aus Hoyerswerda.

### Effizienz im Verbund für maximale Energieausschöpfung

Zu aktiven Zeiten der Brikettfabrik erzeugten die laufenden Produktionsprozesse ausreichend Wärme im Gebäude; eine weitere Beheizung war nicht notwendig. Im späteren Museumsbetrieb erfolgte die thermische Versorgung von Verwaltungs-, Funktions- und Ausstellungsbereichen zunächst über die historische Infrastruktur. Im Jahr 2019 wurde der Gebäudekomplex an das Gasnetz der Versorgungsbetriebe Hoyerswerda angeschlossen. Anfang 2000 wurden schließlich Nachtspeicheröfen installiert, die jedoch schnell an ihre Leistungsgrenze stießen. Steigende (Nacht-)



Faszinierende Industriegeschichte: 25 Hektar Museumsgelände umgeben von Seen und Wäldern.

Gernot Menzel, 5/2020



Energiefabrik Knappenrode

*Fabrik-Authentizität erhalten: Bauarbeiten in der ehemaligen Motorenhalle, die künftig als Eingangsbereich des Museums dient. Die Krananlagen und die technische Ausstattung sind Bestandteil der neuen Fabrik-Gestaltung.*



Energiefabrik Knappenrode

*Herausfordernde planerische Aufgabe: Umsetzung einer effizienten, umweltfreundlichen Wärmeversorgung für weite und hohe Industriehallen. An der Decke neue Zuleitungen neben dem erhaltenen Altbestand, der heute ausschließlich der denkmalpflegerischen Präsentation dient.*

52

Strom-Preise belasteten den Museumshaushalt zusätzlich.

Heute wird die Energiefabrik Knappenrode über einen Effizienzverbund – bestehend aus einem Gas-Brennwertkessel mit 324 Kilowatt (kW) Leistung, zwei stromoptimierten Blockheizkraftwerken (BHKW), zwei objektspezifisch gefertigten Heizungsverteilern mit 404 bzw. 101 kW sowie drei 3000 Liter Wärmespeichern – versorgt. Die exakt aufeinander abgestimmten Hocheffizienz-Komponenten erzeugen, speichern, verteilen und übergeben flexibel Strom und Wärme.

Die BHKW-Kaskade nutzt ca. 90 Prozent (Wirkungsgrad) der eingesetzten Erdgas-Energie. Da spart erhebliche Mengen an Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen ein. Die bei Betrieb des BHKW-Motors anfallende (Ab-)

Wärmeenergie wird über Wärmeaustauschungsmodul als Heizwasser mit Vorlauftemperaturen von 85°C ausgekoppelt. Der von den beiden BHKW produzierte Strom wird vollständig im Museum genutzt und trägt spürbar zum energie- und kosteneffizienten Museumsbetrieb bei.

Der Brennwertkessel übernimmt die Abdeckung zu Spitzenlastzeiten. Sein hoher Modulationsbereich ermöglicht die exakte Anpassung der Brennerleistung an den jeweiligen Wärmebedarf. Das verhindert Taktungen und sichert einen optimalen Wirkungsgrad.

Die beiden Heizungsverteiler bedienen zusammen acht Heizkreise. Darunter große Räume wie die Museumswerkstatt und diverse Dauerausstellungen. Beheizt werden

die Räume über Deckenstrahler, Fußboden- und Wandheizung sowie Heizkörper.

Das System kann individuell nach objektspezifischen Anforderungen und Gegebenheiten konfiguriert werden. Die Anschlussrichtung und die Anzahl der Heizkreise sowie die Anbringung auf Stand- oder Wandrahmen sind frei wählbar. Sämtliche Heizkreise werden mit Pumpengruppen fertig vorkonfektioniert geliefert. Damit bleibt das Fehlerisiko bei Montage und Installation äußerst gering. Die für Knappenrode exakt nach Planungsvorgaben gefertigten Heizungsverteiler wurden mit vormontierten Bauteilgruppen (Drei-Wege-Ventil mit Stellantrieb, Hocheffizienz-Pumpen, Wärmezähler etc.) für drei bzw. fünf Heizkreise nach Fertigstellung der Energiezentrale just-in-time geliefert und installiert.

### Intelligente Anlagensteuerung: Priorität Energieeffizienz

Ihr optimales Leistungsniveau erreichen KWK-Anlagen im intelligenten Zusammenspiel aller Komponenten. Dafür sorgen nicht zuletzt hochentwickelte informationstechnologische Systeme, die es ermöglichen, die komplexen gebäudetechnischen (Verbund-) Anlagen automatisiert zu steuern, zu regeln und zu überwachen. Eine konstante Betriebsdatenüberwachung und -erfassung ist grundlegend für eine systematische Energieverbrauchsanalyse und die kontinuierliche Planung und Durchführung von Optimierungsmaßnahmen, die insbesondere für ein normen- und richtliniengebundenes Ener-



Yados GmbH, 2020

*Blick in die neue Energiezentrale der Energiefabrik Knappenrode.*



Wolfgang Wittchen, 2009

Erlebnis-Rundgang durch die historische Brikettfabrik. Die Presse wird bei Führungen in Gang gesetzt. Zweimal täglich gibt es eine sogenannte ‚Akustik-Schicht‘, begleitet von der originalen Geräuschkulisse der laufenden Brikettfabrik.

giemanagement nach ISO 50001 gefordert sind. Die wirtschaftlichen Vorteile sprechen für sich: Kontinuierliche Kontrolle und Optimierung des Energieverbrauchs können zu Einsparungen von durchschnittlich acht bis zehn Prozent führen, in energieintensiven Betrieben sind bis zu 30 % möglich.

Im Energiemuseum vernetzt ein Automationssystem der Kieback&Peter GmbH & Co. KG die Controller, Sensoren und Aktoren der Wärmeerzeugungsanlage. Brennwertkessel, Blockheizkraftwerke, Wärmespeicher und Heizungsverteiler sowie die Raumtemperatur der Ausstellungsräume (Deckenstrahlplatten) werden über das Direct-Digital-Control-System gesteuert und geregelt.

Eine Computer-Aided-Facility(CAF)-Managementsoftware verbindet das Energiemanagement und die Gebäudeleittechnik. Die intuitiv zu bedienende Benutzeroberfläche erlaubt es, relevante Betriebszustände und Energieflüsse über eine anlagenspezifische Darstellung transparent und unkompliziert abzubilden. Die Software deckt vorhandene Effizienz-Potenziale zuverlässig auf und unterstützt den Anlagenbetreiber entsprechende Energiesparmaßnahmen umzusetzen und zu kontrollieren.

### In Zukunft auf der sicheren Seite mit KWK

Die energetische Sanierung der Energiefabrik Knappenrode unterstreicht den hohen Stellenwert hochentwickelter KWK-Technologie bei nachhaltigem Brennstoffeinsatz. Die gekoppelt erzeugte thermische Energie

– Verbrennungswärme und Abgaswärme – kann ohne nennenswerte Wärmeverluste zur Heizwasser- und Trinkwassererwärmung ein-

gesetzt werden. In industriellen Verfahren ist zudem die Nutzung als Prozesswärme möglich. Wird die produzierte elektrische Energie wie im Museum eigenverbraucht, profitieren Betreiber von niedrigeren Strombezugskosten und KWK-Zuschlagszahlungen.

Gegenüber der getrennten Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie sparene erdgasbetriebene BHKW ca. 38 % CO<sub>2</sub> ein. Damit leisten sie einen wertvollen Beitrag zur Emissionsminderung und die Kosten der CO<sub>2</sub>-Bepreisung sind weitaus geringer als bei der Nutzung von Kohle oder Erdöl.

Auch vor dem Hintergrund erneuerbarer oder synthetisch erzeugter Gase (Power-To-Gas, Power-To-Liquid) bietet die flexible Technologie eine ökonomisch und ökologisch äußerst attraktive Option: Die hochentwickelten Anlagen können bereits heute mit Biogas und zukünftig auch mit synthetischen Biokraftstoffen CO<sub>2</sub>-neutral betrieben werden. ◀



### LORO-X RAINSTAR®, Serie 89

mit Einbautiefe 55 mm, Distant flache Ausföhrung, ohne Aufkantung

- Hauptentwässerung
- Notentwässerung



#### Vorteile:

- Geringe Eingriffstiefe
- Flexibler Grundkörper für Freispiegel- und Druckentwässerung
- Variable Entfernung von der Attika
- Normgerechte rückstausichere Rohrverbindung
- Axiale Sicherung mittels der Sicherungsschelle

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

Nachruf von zwei jahrzehntelangen Wegbegleitern

# Werner Meihorst – ein Vorbild und Pionier ist gegangen

Er war ein wunderbarer Mensch, ein besonderer Kollege, Freund, Wegbegleiter, Berater. Der Gründer der Ingenieurkammer Niedersachsen und der Bundesingenieurkammer, Dr.-Ing. Werner Meihorst, geboren am 10. Januar 1933, ist am 4. Juli 2022 in Ottensen-Glesse, Bodenwerder, im Alter von 89 Jahren gestorben. Seine Visionen und Ziele werden dennoch fortgesetzt. | [Hans-Ullrich Kammeyer](#), [Victor Rizkallah](#)

54

➤ Vor über 42 Jahren lernten Dr. Werner Meihorst und ich uns kennen. Ich war damals ein junger Beratender Ingenieur, er arbeitete als Prüflingenieur und Baugrund-sachverständiger. Häufig sprachen wir über den Berufsstand – er war zu dem Zeitpunkt unseres Kennenlernens bereits intensiv mit der Vorbereitung der Ingenieurkammergründung in Niedersachsen beschäftigt. Insbesondere über die Bedeutung der Freiberuflichkeit und die hohe Verantwortung von Ingenieuren waren wir uns immer einig. Denn die Arbeit von Freiberuflern, als akademisch ausgebildete Spezialisten, ist von Laien nicht kontrollier- und auch nicht einschätzbar. Das ist einer der Gründe, warum sie der Gesellschaft gegenüber eine besondere Verantwortung tragen. Im besten Fall arbeiten Freiberufler, so die Essenz unserer Gespräche, in erster Linie qualitätsorientiert und weniger aus Gewinnstreben. Eine angemessene Honorierung ihrer Leistung habe dieser besonderen Verantwortung zu entsprechen, was ja zumeist auf Basis einer Honorarordnung umgesetzt wird. Es war Werner Meihorst und mir immer ein Anliegen, das, was für viele Freiberufler (z. B. Mediziner) selbstverständlich ist, auch für Ingenieure zu erreichen. Über die Zustimmung der Beratenden Ingenieure zur Gründung einer Kammer waren wir uns in dieser bewegten Zeit sicher, auch bei allen selbständigen und in Ingenieurbüros beschäftigten Ingenieuren gab es eine große Offenheit zur Idee einer Kammer. Lediglich bei den Beschäftigten in der Industrie (z. B. Siemens, VW, etc.) stieß der Gedanke einer Kammermitgliedschaft

auf weniger Verständnis. Trotz ihrer großen Verantwortung für alle technischen Entwicklungen war es für die in der Industrie tätigen Ingenieure nicht naheliegend, einer Kammer beizutreten. Obwohl im politischen Umfeld zur Pflichtverkammerung als Qualitätssicherung für Freiberufler Konsens herrschte, war diese Struktur für Ingenieure nicht selbstverständlich. Werner Meihorst erreichte dann politisch zumindest eine freiwillige Verkammerung von Ingenieuren, für Freiberufler ein Sonderfall. Lediglich für die Beratenden Ingenieure wurde pflichtgemäß eine Kammermitgliedschaft eingeführt. Im Gründungsjahr der Ingenieurkammer Niedersachsen 1990 wurde Dr. Meihorst dann auch ihr erster Präsident. Kurz zuvor hatte er bereits den Zusammenschluss einiger Länderingeuerkammern zur Bundesingenieurkammer erreicht. Auch in der BIngK wurde er der erste Präsident und blieb bis 1996 im Amt.

Für alle überraschend teilte er uns 1996 seinen Rückzug aus den Ämtern mit und schlug Prof. Victor Rizkallah als seinen Nachfolger in Niedersachsen vor, dem ich 2004 ins Amt folgte. In diesen acht Jahren nahm Dr. Meihorst noch oft an zahlreichen Vertreterversammlungen und Vorstandssitzungen teil und hielt auch immer wieder philosophische Vorträge. Wir beide blieben stets in engem Kontakt und auch nach meiner Wahl zum Präsidenten 2004 in Niedersachsen und 2012 in der BIngK pflegten wir einen ständigen Austausch. Die Themen, die uns bewegten, waren seit der Zeit unseres Kennenlernens gleichgeblieben. Immer stand die große Verantwortung der Ingenieure und die Wertschätzung



BIngK

Dr. Werner Meihorst

für den Berufsstand im Mittelpunkt seines und meines Wirkens.

Werner Meihorst zeigte sich mit der Entwicklung der Kammern auf Landes- und Bundesebene stets sehr zufrieden und bestärkte uns in vielem. Erst nach dem Tod seiner Gattin und vielleicht auch bedingt durch die Coronapandemie riss unser Kontakt ein wenig ab und er beschäftigte sich mehr mit allgemeinen und religionsphilosophischen Themen.

Er und seine stets konstruktive Meinung wird uns sehr fehlen.

**Hans-Ullrich Kammeyer**

ehemaliger Präsident der Ingenieurkammer Niedersachsen und der Bundesingenieurkammer

Ich erinnere mich gut an unsere erste Begegnung im Jahr 1958 in Hannover, am damaligen Lehrstuhl für Bodenmechanik und Energiewasserbau an der Technischen Hochschule Hannover. Im Sommer des Jahres, nach Abschluss meines Studiums in Kairo/Ägypten, kam ich nach Deutschland mit dem Ziel, hier zu promovieren. Die Suche nach einer Doktorandenstelle erwies sich als problematisch. An allen Lehrstühlen betrug die Wartezeit für Ausländer, die nicht Stipendiaten der Regierung waren, mehrere Jahre. Ich versuchte es unter anderem an der TH Hannover und erhielt als Gesprächstermin den 3.8.1958.

Es war Werner Meihorst, damals Doktorand, der mich freundlich bei diesem Termin empfing, über die Lage und Chancen am Lehrstuhl informierte und berichtete, dass auch hier lange Wartezeiten unvermeidbar wären.

Aus dieser ersten Begegnung entwickelte sich in den folgenden sechs Jahrzehnten zwischen uns Freundschaft, Kollegialität und Verbundenheit. Wir beide sind Jahrgang 1933 und Bauingenieure mit der Vertiefung Geotechnik. Wir promovierten am selben Lehrstuhl und beim selben Doktorvater und waren danach als Beratende Ingenieure tätig. Nach der Promotion trennten sich unsere Berufswege: Meihorst wurde Partner in einem Ingenieurbüro, ich strebte den Weg der Habilitation mit dem Ziel an, Hochschullehrer zu werden. So begann die für mich längste Freundschaft, die fast 64 Jahre andauerte. Es liegt nahe, dass die schmerzliche Nachricht vom Tode Werner Meihorsts zahlreiche Erinnerungen und Gedanken nicht nur bei mir hervorruft, denn nahezu alle Kolleginnen, Kollegen, Freunde und Mitkämpfer haben Werner Meihorst als eine außergewöhnliche Persönlichkeit erleben dürfen. Er verstand es – mit Energie und Geduld – anderen Personen zuzuhören, sie dann aber auch von seinen eigenen Ideen und Visionen überzeugen zu können. Seine Weitsicht und seine Weltsicht öffneten ihm Türen und Tore. Faszinierend war es, wie er über viele Jahre Gespräche mit Politikern, Medien und Verbänden

plante und organisierte, um sein Hauptziel, die Gründung der „Ingenieurkammer Niedersachsen“, zu erreichen. Er musste damals manche Hindernisse beseitigen und viel Zeit aufwenden, um mit der ihm eigenen Weitsicht den steinigen Weg zu ebnen.

Werner Meihorst war stets ein Freund und verlässlicher Partner, der es auch mit Menschen zu tun hatte, die ihm nicht immer mit gleicher Geduld und gleichem Verständnis begegneten – und manchmal auch gegebene Versprechen nicht halten konnten.

Wir beide mussten erleben, dass Erfahrungen Menschen und Maßstäbe verändern können, dass man aber gleichwohl das Ziel nicht aus den Augen verlieren darf. Ich erinnere mich daran, dass er überglücklich war, als er endlich vom Wirtschaftsministerium die amtliche Genehmigung zur Gründung der „Ingenieurkammer Niedersachsen“ erhielt, obwohl das Ministerium, als Aufsichtsbehörde, eine „Pflichtmitgliedschaft“ ablehnte. Der Erfolg gab ihm Recht, als sich schnell nach der Gründung die ersten 1.500 Personen als Kammermitglieder angemeldet hatten.

Im Sommer 1996 rief mich Werner Meihorst an und teilte mir mit, dass man mich für seine Nachfolge als Präsident der Ingenieurkammer nominieren möchte. Er selbst strebte als Gründungspräsident keine weitere Amtszeit an.

Bis zur Übernahme meines Amtes und auch danach fanden oft persönliche, vertrauliche Sitzungen mit Werner Meihorst statt, um über unsere Vorstellungen zum Ausbau der Mitgliedschaft in der Kammer zu beraten. Die Zahl der „freiwilligen Kammermitglieder“ sollte intensiviert werden und wir sprachen über die großen Ressourcen an Tausenden Studierenden an den Niedersächsischen Hochschulen zur Gewinnung junger Absolventinnen und Absolventen als „freiwillige Mitglieder“.

Nach verschiedenen Besuchen von niedersächsischen Hochschulen wurden dort Ziele und Bedeutung des Ingenieurberufes erläutert und man warb für eine freiwillige Mit-

gliedschaft in der noch jungen Kammer. Der Erfolg zeigte sich in der Verdoppelung der Zahl der Kammermitglieder innerhalb weniger Jahre – mit steigender Tendenz. Werner Meihorst unterstützte mich bei diesem Vorhaben uneigennützig und selbstverständlich: genauso wie bei der Umsetzung gemeinsamer Ideen, wie zum Beispiel Innovationen und Anpassungen in der Kammerarbeit, Ausbau der Verteidigung und der Bestellung von Sachverständigen, Einführung des Sachverständigentags gemeinsam mit Ingenieuren und Juristen, Einführung des Neujahrsempfangs der Kammer, Gründung der Stiftung der Ingenieurkammer Niedersachsen und bei der Neuausrichtung der jungen Ingenieurakademie. Auch die Kooperation mit den Hochschulen in Niedersachsen, mit der Bauindustrie, mit der Wirtschaft, mit anderen Kammern und mit der Versicherungswirtschaft wurde gemeinsam ausgebaut.

Werner Meihorst hat sich mit seinem Wirken für die „Ingenieurkammer Niedersachsen“ bleibende Verdienste erworben. Wir werden die Erinnerung an ihn stets mit Würde und Dankbarkeit im Herzen tragen und uns bemühen, die Interessen der Ingenieure und des Ingenieurberufs in der Gesellschaft in seinem Sinne auch weiterhin erfolgreich zu vertreten. <

#### Victor Rizkallah

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.;  
Dr-Victor.Rizkallah@t-online.de



DB Netz AG

Zwei neue Brücken schaffen die wichtige Verbindung zwischen der Hans-Thoma-Straße in Niederbühl und den Wirtschaftswegen westlich des Tunnels.

56

## Ausbau der Rheintalbahn

# Effiziente Schal- und Rüstlösung

Die Rheintalbahn zwischen Karlsruhe und Basel ist mehr als 170 Jahre alt. Rund 300 Züge des Nah-, Fern- und Güterverkehrs nutzen sie täglich. Das ist zu viel für die Trasse. Deshalb passt die Bahn die Strecke an und baut zwei zusätzliche Gleise. Das schafft Platz für mehr Nahverkehr und mehr Güterverkehr. Auch Reisende im Fernverkehr profitieren: Sie sparen bis zu einer halben Stunde Fahrzeit ein.

| [Dietmar Haucke](#)



Paschal

Vier Systeme von Paschal – LOGO.3, TTR Trapezträger-Rundschalung, Kletterbühnen KBK, GASS – das Alu-Trägergerüst-System – für den effizienten Brückenschlag.

Die Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe-Basel führt in erster Linie zu einer Entlastung der bestehenden Rheintalbahn. Die Bahn reagiert damit auf das stetig wachsende Verkehrsaufkommen auf der Schiene. Dadurch eröffnen sich größere Spielräume bei den Fahrplänen, wovon Nah- und Fernverkehr profitieren. Die unterschiedlich schnellen Züge des Personen- und Güterverkehrs müssen sich nicht mehr dasselbe Gleis teilen. Verzögerungen durch langsam fahrende Züge werden künftig vermieden. Die neue Strecke erlaubt höhere Geschwindigkeiten – im Fernverkehr bis zu 250 Kilometer pro Stunde. Damit reduziert sich die Fahrzeit zwischen Karlsruhe und Basel um rund eine halbe Stunde auf nur noch etwa 70 Minuten.

Mit dem Ausbau- und Neubau der Strecke verfolgt die Bahn drei Ziele:

- **Erhöhung der Kapazität:** Die viergleisige Strecke ermöglicht die Entlastung der Rheintalbahn. Künftig können deutlich mehr Züge auf der Strecke Karlsruhe-Basel fahren.
- **Entmischen der Verkehre:** Schnelle Züge des Fernverkehrs und langsamere Züge des Nah- und Güterverkehrs fahren künftig auf getrennten Gleisen. Dadurch kommt es zu deutlich weniger Beeinträchtigungen auf der Strecke.
- **Verkürzung der Reisezeit:** Die Erhöhung der maximalen Geschwindigkeit auf 250 Kilometer pro Stunde im Fernverkehr verkürzt die Reisezeiten deutlich.

Im Zuge der Maßnahmen entstehen im Auftrag der DB Brücken über die Rheintalbahn und die Neubaustrecke. Diese Brücken schaffen die wichtige Verbindung zwischen der Hans-Thoma-Straße in Niederbühl und den Wirtschaftswegen westlich des Tunnels. Die Baumaßnahmen für die rund 440 Meter lange Brückenanlage inklusive Rampen starteten im November 2021 und sollen im Juni 2023 abgeschlossen sein.

### Mehrfache Verwendung der Schalung

Die Schalungsplanung wurde zwischen der ausführenden Schleith GmbH und Paschal so detailliert abgestimmt, dass möglichst viele



Paschal

Im Vordergrund das eingeschaltete Widerlager der Achse 20 der Rheintalbahn und dahinter das eingeschaltete Widerlager der Achse 10.

Schal- und Rüsteinheiten mehrfach eingesetzt werden. Für die vier Widerlager, jeweils bestehend aus Widerlagerbank, Kammerwand und Flügelwänden sind rund 800 m<sup>3</sup> Beton zu verarbeiten. Die effiziente Schalungsplanung macht es möglich, dass für die Verarbeitung

der rund 800 m<sup>3</sup> Beton nur ca. 900 m<sup>2</sup> Wandschalung LOGO.3 und 330 m<sup>2</sup> TTR-Rundschalung benötigt werden. Die Schalung für zwei komplette Widerlager wurde auf der Baustelle vorgehalten. Mit notwendigen Ergänzungen wurde sie für die nächsten zwei Widerlager eingesetzt. Für die Abstützung der schräg verlaufenden Flügelwandunterseiten nutzte die Bauunternehmung GASS-Stützen mit Alu-Trägern.

### Gerade, rund und bis zu 8,00 m hoch

Bestimmt durch die Geometrie der Widerlager sind sämtliche Schalhöhen der Wandschalung LOGO.3 und TTR Trapezträger-Rundschalung gefragt. Die von gerade auf rund wechselnden Flügelwände sind im Verbund der LOGO.3 mit der TTR geschalt. Als universelles Verbindungsmittel dient die Combiklammer. Als Service für die Bauunternehmung wurde die TTR-Schalung für den 1. Einsatz gerundet und aufgestockt auf die Baustelle geliefert.

### Ein Widerlager in zwei Takten

Bei jedem Widerlager werden die Widerlagerbank und die Flügelwände im Takt 1 zusammen hergestellt. Anschließend erfolgt im 2. Takt die Kammerwand. Als Aufstellfläche der Schalung für die Kammerwände sind KBK Bühnen eingesetzt. Alle luftseitigen Schalungen erhalten sägeraue Bretteinlagen. ◀

## STELLENMARKT

Deutsches Ingenieurblatt  
Print & Digital

Die aktuellen Mediadaten unter  
[www.sus.-web.de/media/stellen](http://www.sus.-web.de/media/stellen)

Oder sprechen Sie uns gerne an!  
Telefon 030-25 37 52-29 oder -43

[sales@dib.schiele-schoen.de](mailto:sales@dib.schiele-schoen.de)



## Integration von Funk-Raumbediengeräten

# Zukunftsorientiertes Bürokonzept für die IB.SH

Die neue Zentrale an der Kieler Förde ist für die Investitionsbank Schleswig-Holstein (IB.SH) ein Meilenstein: Die bislang auf acht Standorte verteilten 700 Mitarbeiter sind nun unter einem gemeinsamen Dach zu finden. Das Konzept wurde unter anderem mithilfe einer durchdachten Gebäudeautomation auf Nachhaltigkeit ausgelegt. Leistungsstarke Raumbediengeräte von Thermokon spielen hierbei eine wichtige Rolle.

| Stefan Mueller

58



Beim Neubau der Investitionsbank Schleswig-Holstein kommt eine komplexe Gebäudeautomation zum Einsatz.

➤ Auf einer Fläche von insgesamt 22.000 Quadratmetern befinden sich in dem ansprechenden Gebäudekomplex, in dem die Förderbank des Landes Schleswig-Holstein nun zu Hause ist, neben klassischen Büroräumen diverse Teamflächen und flexible Räume für modernes Arbeiten. Das architektonische Konzept ist zeitgemäß und zukunftsorientiert. Davon zeugen nicht zuletzt die nachhaltige Bauweise und die durchdachte Gebäudeautomation. Sie tragen spürbar zur Senkung der Energiekosten bei. Es galt, Klimatechnik, Beleuchtung, Verschattung und Energiezähler zu einem einheitlichen Gesamtsystem zu vernetzen.

Neben einer intuitiven Bedienbarkeit kam es den Verantwortlichen hier insbesondere auf eine hochwertige Optik sowie eine einfache, zügige Inbetriebnahme an. Die Wahl fiel auf das Raumbediengerät „JOY HC 3A0“ von Thermokon. Das elegante Design mit dem

In zwei Gebäuden werden auf zehn Etagen 406 JOY-Raumbediengeräte genutzt.

flachen Gehäuse und dem LC-Display, das Anschluss über Uhrzeit, Raumzustände sowie den aktuellen Status der HLK sowie die Möglichkeit zur Steuerung der Beleuchtung und Beschattung gibt, überzeugte die Verantwortlichen ebenso wie die einfache Integration in die Gebäudeleittechnik mithilfe der integrierten Modbus-Schnittstelle. Die Ausstattung der Büros und Besprechungsräume in den beiden Häusern erfolgte schließlich mit insgesamt 406 JOY-Raumbediengeräten.

Die für einen Teil der Räume ebenfalls gewünschte Fensterüberwachung wurde mit einer Kombination aus rund 70 EasySens® Funk-Fensterkontakten und EnOcean- / Modbus-Gateways (ebenfalls Produkte von Ther-

mokon) realisiert. Für repräsentative Räume mit hochwertiger Designeinrichtung fiel die Wahl hingegen auf thanos EVO. Dort strebten die Verantwortlichen an, durch die Lösung von Thermokon mit ihrem hochauflösendem 4,8-Zoll-Touch-Display für ein edles Finish zu sorgen. Unter Einbindung der Wetterprognosen in die MSR-Regelung sollte zudem in sämtlichen Räumen die Steuerung von Licht und Außenjalousien sowie die Regelung der Lüftungsanlagen sichergestellt werden.

### Hohe Anforderungen an die Umsetzung

Im Zuge der Umsetzung war es notwendig, leistungsstarke Lösungen für die speziellen Anforderungen des Projekts zu finden. Gewünscht waren seitens des Bauherrn unter anderem individuelle Regelungsfunktionen mithilfe einer direkten Ventilansteuerung via Bediengeräten bei gleichzeitiger Möglichkeit, Ventile via BUS zu übersteuern. Auch diverse Protokollintegrationen – z. B. BACnet, Modbus, M-Bus, SMI und KNX – auf die DEOS Plattform sowie eine flexible, möglichst sparsame Verkabelung zählten zu den Vorgaben.

Bei der Integration der Raumbediengeräte in die Gebäudeautomation legte Melf Söth großen Wert auf Effizienz und Wirtschaftlichkeit. Hierzu mussten die auf insgesamt zehn Etagen verteilten Raumbediengeräte möglichst schnell und fehlerfrei in Betrieb genommen werden – eine manuelle Inbetriebnahme schied damit aus. DEOS bot die Lösung: mittels Software wurde die Möglichkeit geschaffen, die Raumbediengeräte extern und zentral zu parametrieren. ◀



Alle Komponenten bieten nicht nur perfekte Funktionalität, sondern auch eine hohe ästhetische Qualität.

**EJOT****Für die Wiederverwendung zugelassen**

Eine zusätzliche, reduzierte Verankerungstiefe von 35 mm ist jetzt bei der Mehrfachbefestigung von nichttragenden Systemen in Beton (ETA 18/0221) mit den JC2 Betonschrauben im Durchmesser 6 mm und Sechskantkopf (KB), Flachrundkopf (FR) oder Senkkopf (ST) möglich. Neben den zwei Setztiefen von 35 oder 40 mm bei der Mehrfachbefestigung kann in der Einzelbefestigung nun zudem eine dritte Setztiefe von 55 mm ausgeführt werden. Somit ist der Verarbeitende noch flexibler in der Anwendung, gleichzeitig reduziert sich das Risiko, bei der Befestigung mit der eingebrachten Bewehrung zu kollidieren.

In der neuen Bauartgenehmigung Z-21.8-2141 wird die Möglichkeit der Wiederverwendbarkeit der JC2 Plus Betonschraube im Durchmesser 14 mm mit Sechskantkopf geregelt. Die ETA-zugelassene Betonschraube JC2 Plus für hohe Lasten ist zusammen mit der Ejot-Prüfhülse vom DIBt für die Wiederverwendung zugelassen. Mithilfe der Hülse kann die Wiederverwendbarkeit der JC2 Plus Betonschraube für temporäre Befestigungen wie Schalungen überprüft werden. Die Überprüfung hat vor jeder Wiederverwendung zu erfolgen. Wenn die Betonschraube die Prüfhülse durchdringen kann, darf das Produkt nicht mehr verwendet werden.

JC2 Betonschrauben werden direkt durch das Anbauteil im Untergrund verschraubt. Auf diese Weise schneidet sich das Gewinde in den Beton und erzeugt so eine mechanische Verzahnung über die gesamte Verankerungstiefe. Bei der Montage entstehen nahezu keine Spreizkräfte, wodurch sie insbesondere für temporäre Befestigungen in Randnähe geeignet sind.

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



Ejot

Betonschrauben der Ejot JC2-Familie sind jetzt für zusätzliche Verankerungstiefen und die Wiederverwendbarkeit zugelassen.

**LUMON****Produkte sind jetzt auch als BIM-Datei erhältlich**

Im Bereich BIMObject auf der Lumon-Website finden Planer jetzt die Produktdaten von Balkonverglasungen und Glasgeländern und können diese einfach in eine Planungs-Software wie Archicad oder Autodesk Revit importieren. In der Datenbank sind die verschiedenen Varianten der Verglasungslösungen gelistet: Verglasungen können z. B. auf einem Glasgeländer oder raumhoch mit Stabgeländer installiert werden. Das untere Profil kann eine niedrige Schwelle aufweisen oder vollständig eingelassen werden. Auch die Scheibendicke variiert, so wird je nach Anforderung 6, 8, 10 oder 12 mm starkes gehärtetes Glas verwendet. Zudem werden die unterschiedlichen Einbauvarianten berücksichtigt. Die ausführlichen Produktbeschreibungen in der BIM-Datenbank werden durch Bildmaterial ergänzt. Außerdem sind hier Videoclips integriert. Sie ermöglichen es, die Eignung verschiedener Produkte zu beurteilen, indem sie die Ergebnisse von Modelltests, Stoßtests und die Überprüfung der Haltbarkeit veranschaulichen.

Neben den zahlreichen Vorteilen für die Bewohner wie Wind- und Schallschutz sind Balkone mit Glasverkleidungen auch für Planer und Architekten attraktiv. So lassen sich vorgegebene Lärmschutzwerte besser erreichen, die Gebäude weisen eine höhere Energieeffizienz auf und die Fassade hinter dem Balkon wird vor Verwitterung geschützt – das spart zum einen Kosten, zum anderen erhöht es den Wert der Immobilien. Mit ihrem nordischen Design harmonisieren die rahmenlosen Balkonverglasungen von Lumon zudem mit nahezu jedem Baustil und werden daher auch bei außergewöhnlichen Projekten eingesetzt.

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



Lumon

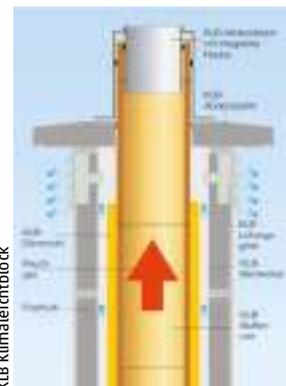
Auf der Lumon-Website sind jetzt Produktinformationen als BIM-Dateien zum Download bereit und können nahtlos in Planungssoftware integriert werden.

**KLB KLIMALEICHTBLOCK****Wohngesund bauen: bestens gerüstet für die Zukunft**

2021 kamen laut Statistischem Bundesamt in mehr als zwei Dritteln der Neubauten Heizungen zum Einsatz, die sich aus regenerativen Energiequellen speisen. Grund für die hohe Nachfrage sind die nicht erst seit dem Ukraine-Krieg steigenden Öl- und Gaspreise. Schornsteine stellen hier eine wohngesunde, nachhaltige und kostengünstige Heiz-Alternative dar.

Der Leichtbeton-Hersteller KLB Klimaleichtblock bezieht seinen Rohstoff Bims aus dem nahegelegenen Neuwieder Becken – nicht nur für die Produktion von massiven Mauersteinen, sondern auch für Schornsteine und Luft-Abgas-Anlagen. Seit den 1990er Jahren werden sie für Neubau und Sanierung in höchster Qualität und Wirtschaftlichkeit hergestellt sowie bauphysikalisch und funktionell exakt aufeinander abgestimmt. Dabei umfasst das Sortiment unter anderem KLB-Standard-Schornsteine – dreischalige Systeme, die aus den Elementen KLB-Mantelstein, Dämmung und Schamotterrohr bestehen. Der Schornstein kann für alle Regelfeuerstätten im Trockenbetrieb eingesetzt werden und hält Abgastemperaturen von bis zu 400 Grad Celsius stand. Alle KLB-Systeme verfügen über entsprechende Zulassungen des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt, Berlin) – unter anderem hinterlüftete KLB-Isolierschornsteine (Z-7.1-3326), die sich für alle Regelfeuerstätten und Brennstoffarten eignen. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP, Stuttgart) stellte nun in einem Prüfverfahren fest, dass Schornsteinsysteme von KLB gesundheitlich unbedenklich sind.

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



KLB Klimaleichtblock

In Zeiten steigender Öl- und Gaspreise garantieren Schornsteinsysteme kostengünstiges Heizen.

# STELLENMARKT

<https://jobs.ingenieurbau-online.de/>

**Bauingenieur/in für den Straßenneubau (m/w/d),  
EG 11 TVöD**  
Gütersloh  
[www.sus-web.de/Jobs/September/10-01](http://www.sus-web.de/Jobs/September/10-01)

**Consultant , für Bauordnung, Techni und Normen  
(m/w/d)**  
Düsseldorf  
[www.sus-web.de/Jobs/September/10-02](http://www.sus-web.de/Jobs/September/10-02)

**Bauingenieur\*in für die Straßenneubauplanung  
(m/w/d), EG 11 TVöD**  
Gütersloh  
[www.sus-web.de/Jobs/September/10-03](http://www.sus-web.de/Jobs/September/10-03)

**Bauingenieur\*in Schwerpunkt Verkehrsbauwerke  
(m/w/d), EG 11 TVöD**  
Gütersloh  
[www.sus-web.de/Jobs/September/10-04](http://www.sus-web.de/Jobs/September/10-04)

**Dipl.- Ingenieur\*in (FH/TH) bzw. Bachelor of  
Engineering/ Science, Fachrichtung Bauingenieur-  
wesen, Schwerpunkt Siedlungswasserwirtschaft oder  
vergleichbar (m/w/d), EG 11 TVöD**  
Gütersloh  
[www.sus-web.de/Jobs/September/10-05](http://www.sus-web.de/Jobs/September/10-05)

**Bauingenieur (m/w/d), Leitng des Fachbereiches Bauen  
und Planen**  
Wiefelstede  
[www.sus-web.de/Jobs/September/10-06](http://www.sus-web.de/Jobs/September/10-06)

**Bauleiter (m/w/d) Gerüstbau**  
Düsseldorf  
[www.sus-web.de/Jobs/September/10-07](http://www.sus-web.de/Jobs/September/10-07)

**Bauleiter (m/w/d), Rohbau**  
Erfurt, deutschlandweiter Einsatz  
[www.sus-web.de/Jobs/September/10-08](http://www.sus-web.de/Jobs/September/10-08)

**Stellenangebote im Deutschen Ingenieurblatt Print & Digital – Sie haben die Wahl:**

**ONLINE ONLY  
STANDARD**

**890 €**

Laufzeit 30 Tage  
1 x Listing im  
Newsletter und  
in Print

**ONLINE ONLY  
PREMIUM**  
inkl. Top-Job und  


**1.690 €**

Laufzeit 30 Tage  
1 x Listing im  
Newsletter und  
in Print

**CROSSMEDIA  
STANDARD**  
Online +  
Print 1/4 Seite

**1.890 €**

Laufzeit 30 Tage  
1 x Listing im  
Newsletter

**CROSSMEDIA  
PREMIUM**  
Online +  
Print 1/2 Seite  
inkl. Top-Job

**2.890 €**

Laufzeit 30 Tage  
1 x Listing im  
Newsletter

**CROSSMEDIA  
PREMIUM PLUS**  
Online +  
Print 1/1 Seite  
inkl. Top-Job,  
Verlängerung und  


**5.890 €**

Laufzeit 30 Tage  
1 x Listing im  
Newsletter

Alle Preise zzgl. MwSt.

Sprechen Sie uns gerne an: Telefon: 030-25 37 52-29 oder -43 [sales@dib.schiele-schoen.de](mailto:sales@dib.schiele-schoen.de)

Weitere Informationen: [www.sus-web.de/media/stellen](http://www.sus-web.de/media/stellen)

# ANZEIGENSCHLUSS

DIB 10 | 2022

bauplaner  
DIGITALISIERUNG + BIM

am 21.9.2022



**Bauherren-  
Schutzbund e.V.**

Der Bauherren-Schutzbund e.V. (BSB) erweitert sein bundesweites Beratungsnetz.

Wir suchen für die Beratung und Betreuung unserer Mitglieder

**unabhängige Bauherrenberater (m/w/d).**

Sie haben einen Abschluss als Bauingenieur (Hochbau) oder Architekt, bestenfalls mit Ausbildung als Sachverständiger für Gebäudeschäden, sind freiberuflich tätig und interessieren sich für eine langfristige Zusammenarbeit mit dem BSB. Dann freuen wir uns auf Sie.

Weitere Informationen finden Sie auf unserer Webseite: <https://www.bsb-ev.de/ueber-uns/bsb-berater-werden/>

Bitte schicken Sie Ihre Bewerbung per E-Mail an:

Bauherren-Schutzbund e.V.  
Bundesbüro  
Brückenstr. 6, 10179 Berlin  
Tel. (030) 400339 500  
E-Mail: [bewerbung@bsb-ev.de](mailto:bewerbung@bsb-ev.de)  
[www.bsb-ev.de](http://www.bsb-ev.de)

61

Berufsportal mit Stellenmarkt  
für Bauingenieure [seit 2001]

**bauingenieur 24.de**  
content for constructors

„Hier finde ich attraktive Jobangebote.“

M. Stiller, Bauingenieur



**Projektsteuerer (w/m/d) Flächenentwicklung**  
Unna  
Wirtschaftsförderungsgesellschaft Kreis Unna mbH

Job Nr.  
**33951**

**Fachkraft für Arbeitssicherheit (m/w/d)**  
Darmstadt, Frankfurt am Main oder Linden  
TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH

Job Nr.  
**33943**

**Bauingenieur/in / Umweltingenieur/in (m/w/d)**  
Neubiberg (Bayern)  
Staatliches Bauamt Freising

Job Nr.  
**33932**

**Ingenieur\*in (m/w/d) Straßenbau od. Tiefbau**  
Clausthal-Zellerfeld (Niedersachsen)  
Berg- u. Universitätsstadt Clausthal-Zellerfeld

Job Nr.  
**33918**

**Baumanager/in (w/m/d) Dienstliegenschaften BW**  
Würzburg  
Bundesanstalt für Immobilienaufgaben

Job Nr.  
**33853**

**Projektleitung / Kalkulation Hochbau**  
Freudenberg (Bayern)  
Pichl Bauunternehmung GmbH & Co. KG

Job Nr.  
**33816**

**Bauleitung im Bereich Tiefbau**  
Freudenberg (Bayern)  
Pichl Bauunternehmung GmbH & Co. KG

Job Nr.  
**33815**

**Leitung der Kreisstraßenmeisterei**  
Wittingen-Knesebeck  
Landkreis Gifhorn

Job Nr.  
**33762**

**Bauingenieur (m/w/d) Tragwerksplanung / Prüfung**  
Herford  
Dr.-Ing. W. Hartmann u. Partner GmbH

Job Nr.  
**33755**

**Niederlassungsleiter/in (m/w/d)**  
Dresden  
Dipl.-Ing. Bernd Gebauer Ingenieur GmbH

Job Nr.  
**33726**

Den Volltext finden Sie mit der Job Nr. unter [www.bauingenieur24.de/stellenmarkt](http://www.bauingenieur24.de/stellenmarkt)



**Der Kreisausschuss des  
Schwalm-Eder-Kreises sucht...**

**für den Fachbereich 60 - Bauen und Umwelt - eine  
Stellvertretende Fachbereichsleitung (m/w/d)**

Referenz-Nr.: SEK-067-2022

#### Ihr Aufgabengebiet

- Stellvertretende Fachbereichsleitung
- Bearbeitung von bauaufsichtlichen Genehmigungsverfahren
- fachliche/technische Unterstützung der Fachbereichsleitung
- Mitarbeit bei Organisationsentwicklung, Digitalisierung und Klärung grundlegender baurechtlicher/bauaufsichtlicher Fragen im Fachbereich

#### Ihr Profil

- Sie haben ein abgeschlossenes Studium der Fachrichtung Stadtplanung, Architektur Bauingenieurwesen (Bachelor/Master oder Diplom) bzw. die Befähigung für den höheren technischen Dienst
- Sie haben einschlägige Berufserfahrungen sowie fundierte Fach- und Rechtskenntnisse im Bauplanungs- und Bauordnungsrecht sowie in den angrenzenden Rechtsgebieten
- Sie besitzen Führungskompetenz bzw. nachweisbare Führungserfahrung

#### Wir bieten

- attraktive Arbeitsbedingungen inklusive der Möglichkeit von Telearbeit, die Vereinbarkeit von Familie und Beruf sowie kurze Wege
- die Möglichkeit verschiedenster Modelle der Arbeitszeit-Einteilung
- vielfältige Fortbildungsmöglichkeiten und auch die Möglichkeit zu berufsbegleitenden Fortbildungsmaßnahmen
- Eingruppierung/Besoldung bis EG 13 sowie die üblichen Sozialleistungen des TVöD bzw. bis zur Besoldungsgruppe A 13

**Haben wir Ihr Interesse geweckt?  
Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung.**

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.schwalm-eder-kreis.de/karriere](http://www.schwalm-eder-kreis.de/karriere) oder  
telefonisch unter 05681 775 101



# Sie möchten spannende Fachbeiträge für Bauingenieur:innen veröffentlichen?

Kontaktieren Sie gerne unsere Redakteurinnen unter [busch@schiele-schoen.de](mailto:busch@schiele-schoen.de) (Fachredaktion Bauplaner) oder [persinger@schiele-schoen.de](mailto:persinger@schiele-schoen.de) (Online-Redaktion)

## Unsere Themen in 2022:

- Hochbau, Tiefbau, Verkehrsbau  
*März 2022*
- Bausoftware  
*April 2022*
- Brandschutz / Sicherheitstechnik  
*Mai 2022*
- Technische Gebäudeausrüstung  
*Juni 2022*
- Greenbuilding  
*August 2022*
- Holz, Stahl, Glas, Kunststoff  
*September 2022*
- Digitalisierung / BIM  
*Oktober 2022*
- Massives Bauen  
*November 2022*
- Zukunft des Bauens  
*Dezember 2022*

Den detaillierten Themenplan inkl. Termine können Sie unter [www.sus-web.de/media/Bau/Themen-Termine](http://www.sus-web.de/media/Bau/Themen-Termine) herunterladen.

Deutsches

## Ingenieurblatt

ISSN 0946-2422

Organ der deutschen Ingenieurkammern, Körperschaften des öffentlichen Rechts.

Die beiliegenden Regionalausgaben der Ingenieurkammern der Länder sind die offiziellen Kammerorgane und Verkündungsblätter der jeweiligen Länderkammer. Sie können bei der jeweiligen Länderkammer fortlaufend oder einzeln gegen eine Schutzgebühr zzgl. Porto bezogen werden.

Herausgeber: Bundesingenieurkammer e.V., Joachimsthaler Straße 12, 10719 Berlin, Telefon: (030) 25 89 882-0, Fax: (030) 25 89 882- 40

Chefredakteurin (v.i.S.d.P.): Susanne Klingebiel-Scherf  
Stellv. Chefredakteur: Dipl.-Ing. Harald Link

Redaktion: Postfach 721126, 30531 Hannover, Telefon: (0511) 76 83 57 01, Fax: (0511) 76 83 57 18, [redaktion@deutsches-ingenieurblatt.de](mailto:redaktion@deutsches-ingenieurblatt.de)

Verlag: Schiele & Schön GmbH, Schlängenbader Straße 13, 14197 Berlin, Telefon: (030) 25 37 52-10, [www.schiele-schoen.de](http://www.schiele-schoen.de), [dib@schiele-schoen.de](mailto:dib@schiele-schoen.de), Geschäftsführer: Harald Rauh

Gültige Anzeigenpreisliste Nr. 29 vom 01.01.2022

Anzeigenleiterin: Gabriele Strauchmann, Telefon: (030) 25 37 52-43, [strauchmann@schiele-schoen.de](mailto:strauchmann@schiele-schoen.de)

Tatsächliche verbreitete Auflage: 47.508 Exemplare, IVW 2/2022.



Abonnementbetreuung: Helga Leuchter, Telefon: (030) 25 37 52-24, [leuchter@schiele-schoen.de](mailto:leuchter@schiele-schoen.de)

Erscheinungsweise: 10 x jährlich

Bezugspreis: Einzelheft EUR 15,00, Abonnement Inland EUR 136,00 inkl. ePaper, Vorzugsabonnement für Studenten (gegen Nachweis) im Inland EUR 68,00, Abonnement Ausland EUR 146,00 inkl. ePaper. Die Postgebühren sind jeweils eingeschlossen. Mitglieder der Ingenieurkammern der Länder erhalten das Deutsche Ingenieurblatt im Rahmen ihrer Mitgliedschaft. Der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten. ePaper-Jahresabonnement EUR 126,-, ePaper-Studentenabonnement EUR 63,-, Print only Preis Inland: 121,40 Euro inkl. Versandkosten, Print only Preis Ausland: 131,40 Euro inkl. Versandkosten

Bezugsmöglichkeiten: Bestellungen nehmen der Verlag, der Herausgeber oder die Ingenieurkammern der Länder entgegen. Abbestellungen sind jeweils zum Ende des Bezugszeitraumes möglich und sind 6 Wochen vorher dem Verlag mitzuteilen. Andernfalls verlängert sich das Abonnement um ein weiteres Jahr. Sollte das „Deutsche Ingenieurblatt“ aus Gründen, die nicht vom Verlag zu vertreten sind, nicht geliefert werden können, besteht kein Anspruch auf Nachlieferung oder Erstattung vorausbezahlter Bezugsgelder.

Layout und Produktion: Christina Kalzer, Telefon: (030) 25 37 52-51, [kalzer@schiele-schoen.de](mailto:kalzer@schiele-schoen.de)

Druck: Möller Pro Media GmbH, Zeppelinstraße 6, 16356 Ahrensfelde OT Blumberg

Erfüllungsort und Gerichtsstand: Berlin

Reproduktion: Die im „Deutschen Ingenieurblatt“ veröffentlichten Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen. Die redaktionellen Inhalte des „Deutschen Ingenieurblatts“ werden im Internet veröffentlicht und bei Bedarf vom Verlag weiterverwertet. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Bei Annahme gelten die Honorarsätze der Redaktion für Bild und Text. Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

Namentlich gekennzeichnete Artikel geben die Meinung des jeweiligen Autors bzw. Autorin wieder und müssen nicht unbedingt mit der der Redaktion übereinstimmen. Mitteilungen von Firmen und Organisationen erscheinen außerhalb der Verantwortung der Redaktion.

Alle verwendeten Namen und Bezeichnungen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein, auch wenn diese nicht gesondert gekennzeichnet sind. Das Fehlen der entsprechenden Kennzeichnung lässt nicht automatisch den Rückschluss zu, dass kein Markenschutz besteht und der Name oder die Bezeichnung von jedermann frei verwendbar wäre.

Für die Übernahme von Artikeln in interne elektronische Pressespiegel erhalten Sie die erforderlichen Rechte über die PMG Presse-Monitor GmbH, Berlin. Telefon: 030/ 284930 oder [www.presse-monitor.de](http://www.presse-monitor.de)

Diese Ausgabe enthält die Mitteilungsblätter der Ingenieurkammern folgender Bundesländer: Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen. Wir bitten um Beachtung!

# bauplaner

HOLZ, METALL, GLAS, KUNSTSTOFF



**3** Vogelschutzglas  
im Großformat

**4** Raus aus der  
Grauzone

**6** Wie Balkonverglasungen  
die Umwelt schützen

**8** Transluzente Lichtbau-  
elemente aus Polycarbonat

**10** Holzbalkendecke im fast  
500-jährigen Wasserschloss  
saniert

**12** Erlebnisreich wohnen

**14** Facettenreiche Glashülle im  
Dienst der höchsten  
Gebäudesicherheit

**16** Dämmstoffplatten mit  
tragender Rolle

materialPREIS 2022

## Auszeichnung für Holz nagelsystem



Magaziniertes Coil LignoLoc Holz nagel mit Kopf Bild: BECK

LignoLoc ist ein ökologisches Befestigungssystem aus dem nachwachsenden Rohstoff Buchenholz, das ermöglicht, Projekte metallfrei umzusetzen. Horizontale und vertikale Holzverkleidungen sind die Hauptanwendung. Durch den Nagel mit Kopf können Fassadenplatten im Außenbereich sicher in Position gehalten werden. Das Holz nagelsystem hat im Rahmen des materialPREIS 2022 eine Auszeichnung erhalten, nachdem die magazinierten Holz nagel bereits 2018 die Trophäe in der Kategorie „Innovation“ holen konnten. Im Kommentar der Jury heißt es zu LignoLoc: „Den (Holz-)Nagel auf den Kopf trifft wohl das ökologische Befestigungssystem von Raimund Beck. Ein wunder Punkt im Nachhaltigen Bauen findet durch ein sortenreines Verbindungssystem eine perfekte Lösung.“

[www.beck-fastening.com](http://www.beck-fastening.com)

Neue Kita in Spalt

## Modulgebäude mit „runden Ecken“

Die Stadt Spalt wünschte sich für ihre neue Kita ein Gebäude, das sich in die historische Altstadt einfügt, flexibel erweiterbar ist und Nachhaltigkeitskriterien erfüllt. Das Timing: äußerst knapp, denn die Stadt muss die Nachfrage nach Kita-Plätzen schnell decken. „Für diese besondere Aufgabenstellung gibt es nur eine Lösung: die Modulbauweise. Dank der standardisierten Prinzipien können wir Bauprozesse erheblich beschleunigen, Gebäudekosten exakt im Voraus kalkulieren und Ressourcen bestmöglich schonen“, sagt die Architektin Carmen Bräutigam von bräutigam architektur + energie gmbh in Roth, die den Neubau geplant hat. Highlight sind die „runden Ecken“ mit den großen Bullaugen in der Holzfassade. Die Konstruktion ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit zwischen der Architektin, Algeco und regionalen Handwerksbetrieben. Um die wertvolle Ressource „Grundstück in der Innenstadt“ gut auszunutzen, hat Carmen Bräutigam eine Aufstockung der Kita bereits in ihre Planungen einbezogen. Zudem bietet die Stahlrahmenbauweise den Vorteil, dass der Grundriss flexibel veränderbar ist, denn die Wände besitzen keine tragende Funktion und lassen sich innerhalb des modularen Rasters frei platzieren.

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



Bei der Kita Spalt ist von außen nicht zu erkennen, dass es sich um einen Modulbau handelt. Bild: Algeco

Neues Quartier der Deutschen Bahn in Frankfurt am Main

## Tageslichtkomfort in jedem Raum



Das automatisierte und flexible Sonnenschutzkonzept von Warema sorgt für hohen visuellen Komfort am Arbeitsplatz. Bild: Warema/Lars Gruber Architekturfotografie

Der neue „Standort Personenverkehr“ der Deutschen Bahn AG erstreckt sich am Europa Boulevard über zwei Gebäudekomplexe. DB Brick und DB Tower erinnern mit ihren gerasterten Ziegelfassaden an die Industriebauten der 1920er-Jahre und nehmen Bezug auf die Geschichte der vormals industriell genutzten Flächen des heutigen Europaviertels. Für optimale Lichtverhältnisse am Arbeitsplatz sorgen die flexibel steuerbaren Warema Raffstoren. Sie sorgen für eine blendfreie Ausnutzung von Tageslicht. Je nach Bedarf lassen die Anlagen mehr oder weniger Sonnenlicht herein. Das gewährleistet eine hohe visuelle und thermische Behaglichkeit. Eine windstabile Ausführung der Raffstoren kam in den windexponierten Lagen zum Einsatz. Auf diese Weise sind Tageslichtversorgung und Blendschutz gleichermaßen garantiert.

[architects.warema.com](http://architects.warema.com)



Eine Analyse der „Collision Laboratories – Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf“ (Österreich) hat nachgewiesen, dass das sedak-Raster ein hochwirksamer Anprallschutz ist. Das Institut ist europaweit das einzige, das derartige Untersuchungen durchführt. Bild: Kjersti Joergenson (Kjorgen, Dreamstime)



Optimaler Schutz für Vögel bei maximaler Transparenz

# Vogelschutzglas im Großformat

Schwarze Punkte oder Quadrate schützen vor Vogelanzprall. Eine optische Variante ist der Druck mit Edelmetallfarben.

Bild: sedak

99 Prozent transparente Fläche und dennoch sichtbar für Vögel: Ein neues Druckraster für Fassadenglas verbindet maximale Transparenz mit optimalem Vogelschutz. Es verhindert mehr als 90 Prozent des Vogelanzpralls. Die hohe Wirksamkeit wurde in Flugtunnelversuchen der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf (Österreich) bestätigt.

Autor: Jan Birkenfeld

**i** Die Langversion des Beitrags finden Sie unter

[www.sus-web.de/  
BP-ZI-09-2022\\_07](http://www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022_07)

**G**roße Glasflächen liegen im Trend. Sie bieten Transparenz, Tageslicht im Innenraum und eine attraktive Architektur. Zugleich steigt bei großen Verglasungen die Gefahr des Vogelanzpralls. Durch Reflexionen und Spiegelungen oder unter bestimmten Lichtverhältnissen werden die Gläser für manche Vögel zur Gefahr. Verantwortungsvolles Bauen setzt in diesen Fällen auf Vogelschutzglas. Am Markt gibt es bereits verschiedene Lösungen, um Vogelanzprall zu verhindern: Druckmuster, spezielle Beschichtungen oder Interlayer. Dabei ist stets ein Ziel, den effektiven Schutz mit größtmöglicher Transparenz zu vereinen. Eine solche Lösung liefert das sedak-Druckbild: Optimaler Anprallschutz (das meint: Anprall sinkt auf weniger als zehn Prozent im Vergleich zur Standardscheibe) bei einer Bedruckung von nur etwa einem Prozent der Glasfläche. Kein anderes Vogelschutzglas benötigt so wenig bedruckte Fläche für die Schutzwirkung. Zugleich erreicht es ein höheres Schutzniveau als alternative Konzepte. Die hohe Wirksamkeit bestätigt die wissenschaftliche Analyse der auf

den Vogelschutz spezialisierten international anerkannten Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf in Österreich. Das sedak-Muster kommt auf Position 1 auf das Glas. Durch den keramischen Digitaldruck ist es kratz- und UV-beständig. Das Druckmuster ist in seiner Größe nicht limitiert und somit für die bisherigen Maximalformate von 3,60 m x 20 m als Sicherheits- und Isolierglas lieferbar.

## Ästhetisch und variabel durch Digitaldruck

Zwei Ausführungen sind verfügbar: Punkte oder Quadrate, angeordnet in einem homogenen Raster. Druckbild und Farbton wirken dezent, elegant und ästhetisch. Der Druck fügt sich somit harmonisch in eine moderne Architektursprache ein. Als Spezialist für Glas im Überformat ist die Fertigungskompetenz bei sedak bereits vorhanden: Keramischer Druck ist dort eine ausgereifte Technologie. Transparente Architektur mit hohem Glasanteil und großen Flächen ist jetzt auch mit hoher Verantwortung für die Fauna möglich. >> Den Text in voller Länge finden Sie unter obigem Web-Link. •

Moderne Technik für Farbvielfalt

# Raus aus der Grauzone

Um individuelle Wünsche in der Optik von Terrassendach, Sommer- und Wintergarten zu realisieren, hat TS-Aluminium in eine Pulverbeschichtungsanlage investiert und bietet ein breites Farbspektrum. Für ein optimales Farbergebnis kommt es auf das Zusammenspiel ausgereifter Maschinenteknik und viel Erfahrung an.

Autor: Karl-Heinz Limpert

**i** Die Langversion des Beitrags finden Sie unter [www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022\\_08](http://www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022_08)

**P**ulverbeschichtungen gelten als robust und beständig gegen Witterung sowie mechanischen Beanspruchungen, vor allem aber verleihen sie (Metall-)Bauteilen Farbigkeit. Weil das Verfahren zur Oberflächenbehandlung viele Vorteile bietet und besonders schnell ist, entschied sich TS-Aluminium für die Investition in eine Pulverbe-

schichtungsanlage. Rainer Trauernicht, Geschäftsführer von TS-Aluminium, erklärt: „Mit der Anlage erhalten wir unsere Wettbewerbsfähigkeit und machen uns zukunftsfest: Wir setzen einen weiteren Fertigungsschritt „inhouse“ um, bauen die Produktionskapazität aus und sind schneller. Außerdem können wir flexibler auf Marktänderungen und Kundenwün-

sche reagieren und unsere hohe Serviceorientierung weiter optimieren.“ Die moderne Fertigungslinie ist für Aluminiumprofile bis zu sieben Meter Länge konzipiert. Sie benötigt viel Platz und machte eine angepasste Einlagerung und Logistik im Werk erforderlich. Dafür entwickelte TS-Aluminium ein Konzept, das den Weg vom Rohmaterial bis zur beschichteten Fertigware nahezu vollautomatisiert steuert.



Die Pulverbeschichtungsanlage von TS-Aluminium hat eine Gesamtfläche von rund 2.000 Quadratmetern. Zwei Pulverkabinen lassen sich unabhängig voneinander nutzen.

Bild: TS-Aluminium-Profilssysteme GmbH & Co. KG

## Von der Rohware zum beschichteten Bauteil

Ein automatisches Transportsystem befördert die Rohwaren-Traversen zu den verschiedenen Stationen der Anlage. Dies geschieht durch Reibradantriebe und Pusher an der Traversen-Fahrbahn. Mechanische Weichen und Wechselbrücken drehen die Traversen automatisch in die entsprechende Fahrtrichtung, um in den nächsten Prozessschritt einzufahren.

## Schritt 1: Vorbehandlung

Ein wesentlicher Faktor für eine optimale Beschichtung ist die Vorbereitung der Oberfläche. Sie sollte staub-, schmutz-, fett- und ölfrei sein. Nach einer ersten Reinigung folgt die Vorbehandlung. Diese besteht aus vier Kammern, in denen das Material zunächst bei 52 Grad Celsius chromfrei gebeizt und entfettet, dann

dreimal gespült und schließlich passiviert wird. Durch die Passivierung verstärken sich sowohl die Lackhaftung als auch der Korrosionsschutz nachhaltig.

### Schritt 2: Trockenofen

Nach der Passivierung gelangen die Traversen über einen kurzen Stopp im Abtropfbereich in den Trockenofen. Hier, im Haftwassertrockner, verweilen sie für 20 Minuten bei 120 Grad Celsius. Dann geht es in die Kühlzone, in der das Rohmaterial schnell auf eine beschichtungsfähige Temperatur gebracht wird.

### Schritt 3: Pulverbeschichtung

Anschließend fahren die Traversen in die Pulverbeschichtungsanlage ein. Sie scannt die Maße der Bauteile und stellt die Anzahl der Sprühpistolen (es gibt zwölf Automatik- und zwei Handpistolen in zwei Pulverkabinen) sowie die jeweiligen Abstände zu den Bauteilen ein. Die elektrostatische Pulverbeschichtung (EPS) erfolgt bei TS-Aluminium mit Pulverlack auf Polyesterharz-Basis, da er die Bauteile effektiv vor UV-Strahlung und Witterung schützt. Beschichtet wird im Corona-Verfahren: Luft-Ionen werden vor der Pistole durch ein elektrisches Feld aufgeladen. Gelangt der Pulverlack durch das Magnetfeld, verbinden sich diese Ionen mit den Pulverteilchen und übertragen sie auf das geerdete Werkstück – dort bleibt der Pulverlack haften. Da sich das aufgeladene Pulver stets den kürzesten Weg sucht, verteilt es sich vor allem flächig auf den Werkstücken. Um

bei komplexen Bauteilen auch in jede Ecke zu gelangen, empfiehlt sich deshalb eine Vorpulverisierung per Hand.

### Schritt 4: Pulvereinbrennofen

Zur Vermeidung von Farbsprüngen werden die Werkstücke angeliert. Danach härtet die Pulverschicht im Einbrennofen bei 220 Grad Celsius für etwa 34 Minuten aus.

### Schritt 5: Qualitätskontrolle

Um Wärme erneut nutzbar zu machen, fahren die aus dem Einbrennofen kommenden Traversen nochmals in den Trockenofen ein. Durch die hohe Tem-

peraturdifferenz geben sie den Großteil der Wärmeenergie ab, was den Trocknungsprozess unterstützt und verkürzt. Sobald das beschichtete Material ausgekühlt ist, folgt die Qualitätskontrolle der Lackschichten. Dazu werden das Erscheinungsbild und die Schichtdicke untersucht. Je nach Einstellung sollte sie zwischen 60 und 120  $\mu$  liegen. Abschließend geht es für die Werkstücke dann – je nachdem, ob es sich um vorkonfektionierte Ware handelt oder nicht – entweder in die mechanische Fertigung oder in den Fertigwarenspeicher. >> *Den Text in voller Länge finden Sie unter obigem Web-Link.* •



Die Anlage ist für Aluminiumprofile bis sieben Meter Länge konzipiert, der jährliche Durchsatz liegt bei etwa 540.000 Quadratmetern.

Bild: TS-Aluminium-Profilssysteme GmbH & Co. KG



Beschichtet wird automatisch im Corona-Verfahren...

Bild: TS-Aluminium-Profilssysteme GmbH & Co. KG



... oder per Hand. Dies empfiehlt sich vor allem bei komplexen Bauteilen.

Bild: TS-Aluminium-Profilssysteme GmbH & Co. KG



Balkonverglasung an einem Wohnhaus in Mainz

Bild: Lumon

Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Bilanz

# Wie **Balkonverglasungen** die Umwelt schützen

Ob Neubau oder Renovierungsprojekt: Mit einer Verglasung des Außenbereichs lassen sich Energiekosten reduzieren und Treibhausemissionen senken.

Autor: Andreas Karst

**i** Die Langversion des Beitrags finden Sie unter [www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022\\_01](http://www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022_01)

**M**it einer Lumon-Balkonverglasung lassen sich durchschnittlich 548 kWh pro Jahr einsparen, wie die finnische Tampere University of Technology in einer Studie analysiert

hat. Da auch die angrenzenden Räume weniger geheizt werden müssen, kann in Deutschland mit Energieeinsparungen von durchschnittlich 8,2 Prozent gerechnet werden. So lässt sich mit einer

nachträglichen Verglasung beispielsweise die Energiebilanz von Bestandsgebäuden aus den 1960er und 1970er Jahren signifikant verbessern. Da Lumon bei der Fertigung zudem auf Nachhal-

tigkeit setzt, kann durch eine Balkonverglasung insgesamt sogar mehr CO<sub>2</sub> abgebaut als verursacht werden. Auch der deutlich reduzierte Sanierungsaufwand von Balkon und Fassade wirkt sich positiv auf Budget und Umwelt aus. Durch eine Verglasung wird der Balkon zu einem behaglichen Raum, den Bewohner nahezu ganzjährig als Erweiterung ihrer Wohnung nutzen können – geschützt vor Lärm, Wind und Wetter. Das Dreh-/Schiebesystem von Lumon lässt sich zudem einfach öffnen und schließen und somit jederzeit an sich verändernde Wetterbedingungen anpassen. Die variablen Balkonverglasungen verbessern jedoch nicht nur den Wohnkomfort – sie tragen auch dazu bei, Energiekosten und Umweltbelastungen zu reduzieren.

#### Balkonverglasungen senken den Energieverbrauch

Bereits 2010 hat PhD Kimmo Hilliaho von Lumon die Energieeffekte von Balkonverglasungen an der finnischen Tampere University of Technology untersucht. Dabei wurde der Heizenergieverbrauch von verglasten und offenen Balkonen anhand von Feldmessungen und Computersimulationen miteinander verglichen. Auch Aspekte wie der Balkontyp, die Art der Wärmedämmung und die Auswirkung der Himmelsrichtung auf die Temperaturen wurden in der umfangreichen Studie berücksichtigt. Es stellte sich heraus, dass die Temperatur auf einem verglasten Balkon gewöhnlich 2 bis 15 Grad Celsius höher als die der Außenluft ist – abhängig von der Lage und Jahreszeit. So wird es dort beispielsweise im Frühjahr und Herbst sehr warm, besonders wenn der Balkon nach Süden ausgerichtet ist. Nicht nur auf dem Balkon wird es dadurch gemütlich: Auch die angrenzenden Räume werden erwärmt und müssen daher weniger geheizt werden. Außerdem wird durch den gläsernen Schutz der Balkon weniger der Witterung ausgesetzt. Der so geschützte Balkon bildet als belüfteter Raum eine Pufferzone zwischen Außen- und Innenbereich. Die Lumon-Systeme entsprechen damit einer 10 Zentimeter dicken Dämmung und wirken wie ein Wärmepuffer. Die finnischen Ergebnisse lassen



*Balkonverglasung in Bremerhaven*

Bild: Lumon



*Balkonverglasung mit Plissees*

Bild: Lumon

sich auf deutsche Wohnverhältnisse übertragen, wie Referenzberechnungen belegen. Hierbei wurden Berliner Wohngebäude analysiert. Dabei lag die Energieeinsparung durch den Einsatz

von Balkonverglasungen zwischen 5,6 und 12 Prozent, was einen Mittelwert von 8,2 Prozent ergibt. >> *Den Text in voller Länge finden Sie unter obigem Web-Link.* ●

Mehr als nur Kunststoff

# Transluzente **Lichtbauelemente** aus Polycarbonat

CDs, Heckscheiben, Koffer und Fassaden – sie alle haben eines gemeinsam: den Werkstoff Polycarbonat (PC). Es handelt sich dabei um einen thermoplastischen Kunststoff. Chemisch gesehen gehört er zu der Gruppe der Polyester. Hergestellt wird der Werkstoff durch die Polykondensation von Phosgen und Diolen.

Autorin: Jenny Peters

**i** Die Langversion des Beitrags finden Sie unter [www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022\\_02](http://www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022_02)

**A**ls glasklares Material punktet Polycarbonat insbesondere beim Einsatz als lichtdurchlässiges Fassaden- oder Dachelement, denn der Thermoplast ist 200-mal schlagzäher als Glas und weist zudem ein geringes Eigengewicht auf. Das bringt unter anderem erhebliche Vorteile bei der Montage mit sich. Eine Gebäudehülle aus Polycarbonat ist zudem besonders energieeffizient und kann gleichzeitig effektiv vor Wärme und Kälte schützen. So ist der Kunststoff wärmeformbeständig und hält auch starken Temperaturveränderungen stand. Überdies sind sie transluzent und lassen daher auf natürliche



*Durch die große Anzahl an Design-Varianten können Fassaden von Industriehallen (im Bild ein Flugzeughangar) individuell gestaltet und an das Corporate Design angepasst werden.*

Foto: Rodeca GmbH

Weise Licht in das Gebäudeinnere. Die Rodeca GmbH setzt bereits seit Ende der 1980er Jahre auch auf Polycarbonat für die Herstellung von Lichtbauelementen für Dächer und Fassaden, denn eine lichtdurchlässige Gebäudehülle bietet sowohl wirtschaftliche, funktionelle und ökologische als auch ästhetische Vorteile. Die Produkte des Unternehmens verfügen – je nach Ausführung – über einen Wärmedurchgangskoeffizienten von bis zu 0,75 Watt pro Quadratmeter und Kelvin. Insbesondere der mehrschalige Aufbau der Paneele gewährleistet eine optimierte Wärmeisolierung. Die Lichtbauelemente eignen sich vor diesem Hintergrund sowohl für die energetische Sanierung im Bestand als auch für den wärmedämmenden Einsatz im Neubau. Die mehrschaligen Hohlkammerscheiben und Paneele halten selbst extremen Bedingungen sowie Temperaturen von minus 40 bis plus 115 Grad Celsius stand. Polycarbonat schützt damit effizient vor Hitze und Kälte, Lärm und Schmutz, als auch vor Wind und Regen. Neben den energieeffizienten Eigenschaften ist Polycarbonat als monolithischer Werkstoff nachhaltig, da er recycelt werden kann. Im Gegensatz zu den mittlerweile weit verbreiteten Composit-Paneele, bei denen mehrere verschiedene Werkstoffe in einer Sandwichstruktur miteinander verbunden werden, bestehen die Polycarbonat-Paneele nur aus einem Material. Fassaden und Dächer können so auch nach der Nutzung wieder in formbares Granulat zurückverwandelt werden. Daraufhin können im Rahmen eines Wertschöpfungskreislaufs neue Produkte aus einem solchen Regranulat geschaffen werden.

### Schlagzäher Werkstoff

Am ehesten vergleichbar ist Polycarbonat mit Acryl beziehungsweise Polymethylmethacrylat (PMMA). Beide sind Kunststoffe mit einer großen Bandbreite an Anwendungsmöglichkeiten. Sie sehen sich optisch sehr ähnlich, lassen sich auf die gleiche Weise verarbeiten und werden als Plattenmaterial und Hohlkammerprofile im Baubereich eingesetzt. Polycarbonat ist leichter zu bearbeiten, da die Bruchwahrscheinlichkeit um einiges geringer ist als bei Acryl. Darüber hinaus weist Acrylglas eine geringere Stoßfestigkeit und Schlagzähigkeit auf

im Vergleich zu Polycarbonat. Daher sollten Acrylglas-Stegplatten nicht in Gebieten mit hoher Unwetterwahrscheinlichkeit zum Einsatz kommen. Im Vergleich zu Glas ist Polycarbonat deutlich widerstandsfähiger und schlagzäher. Mit 89 Prozent Lichtdurchlässigkeit bei

gleichzeitig hoher Festigkeit bietet der Werkstoff einen passablen und vergleichsweise kosteneffizienteren Glaserersatz – beispielsweise bei großflächigen, transparenten Abdeckungen. >> Den Text in voller Länge finden Sie unter obigem Web-Link. ●



*Beständig gegen Sonneneinstrahlung und Hagelschlag – Gebäudehüllen aus Polycarbonat überzeugen durch ihre Beständigkeit auch gegen extreme Bedingungen.*

Foto: Rodeca GmbH



*Eine Fassade aus Polycarbonat lässt auf natürliche Weise Licht durch. Somit wird eine Innenbeleuchtung an vielen Stellen tagsüber komplett überflüssig.*

Foto: Rodeca GmbH



Das um 1530 erbaute Staudenschloss bei Augsburg wird bis 2024 wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückversetzt. Foto: wikimedia commons / Bernhardkmk

Staudenschloss bei Augsburg

# Holzbalkendecken im fast 500-jährigen Wasserschloss saniert

Das zwischen 1528 und 1535 erbaute Staudenschloss südlich von Augsburg wird bis 2024 umfassend saniert. Im Inneren wurden die Holzbalkendecken im ersten Obergeschoss sowie im Dachgeschoss mit losen Blähton-schüttungen verfüllt. Das offeneporige Granulat verhindert Feuchteansammlungen an und in den Bauteilen und schützt langfristig vor Schäden an der historischen Bausubstanz.

Autor: Matthias Kilgenstein

 Die Langversion des Beitrags finden Sie unter [www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022\\_04](http://www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022_04)



Die lose Liapor-Schüttung erfüllt den Mindestwärmeschutz und passt als rein mineralischer Baustoff auch gut zur historischen Bausubstanz.

Foto: Büro Bergmann GmbH



Für die Verfüllung der Holzbalkendecken im Großen Festsaal war Liapor-Blähton der passende Baustoff: feuchteregulierend, reversibel, dämmend und leicht einzubringen. Foto: Büro Bergmann GmbH

**B**ei Mickhausen südlich von Augsburg, im Herzen der Stauden, versteckt sich eine in der Mitte des 15. Jahrhunderts erbaute Wasserburg. Die Schlossanlage kam 1498 in den Besitz Kaiser Maximilians I. und gehörte ab 1528 den Fuggern, die dem Schloss wohl das heutige Aussehen gaben. 1842 wurde es von den Grafen von Rechberg-Rothelöwen erworben und gelangte 1978 in Maklerbesitz, bevor es 2016 die Hermann Messerschmidt Kulturerbestiftung erwarb. „Vornehmstes Ziel der Stiftung ist es, die einzigartige komplett erhaltene Schlossanlage der Frührenaissance in enger Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Denkmalpflege zu renovieren und wieder in den ursprünglichen Zustand zu versetzen“, erläutert Stiftungsvorstand Dr. Dr. Wolfgang Knaube. „Das Staudenschloss soll künftig als Veranstaltungsstätte mit einem Museum kulturell genutzt und so für die kommenden Generationen bewahrt werden.“

#### Neue Böden auf allen Ebenen

In allen Geschossen beinhalten die Sanierungsmaßnahmen auch den Rückbau der vorhandenen Böden und die Schaffung neuer Bodenaufbauten. Im Erdgeschoss wurden die Flächen ausgekoffert und eine lastverteilende Bodenplatte inklusive einer flächendeckenden Fußbodenheizung eingebaut. Auch in den Geschossdecken des zweiten Obergeschosses sowie zum Dachboden hin wurde Material entfernt, und zwar die –

stellenweise vorhandene – Fehlbodenfüllung in Form von Steinschutt. Danach zeigten sich die Feuchteschäden, die fast an jedem Balkenkopf, beispielsweise im Dachgeschoss, vorhanden waren. Die entsprechenden Balken wurden saniert und im zweiten Obergeschoss wurden aufgrund der neuen Nutzungsanforderungen zudem sämtliche Deckenbalken mit Stahlprofilen ertüchtigt.

#### Hauptkriterium Offenporigkeit

Anschließend ging es darum, das passende Füllmaterial für die Holzbalkendecken zu wählen. Ein möglichst geringes Gewicht sowie eine hohe Wärmedämmleistung standen hier nicht an erster Stelle. Vielmehr sollte das Material vor allem eine offenporige, diffusionsoffene

Struktur aufweisen, die Feuchtigkeit im Bedarfsfall aufnehmen und wieder abgeben kann. Daneben sollte das Füllmaterial auch einfach einzubringen und ohne großen Aufwand direkt einsatzbereit sein. Ein weiterer wichtiger Punkt war die Reversibilität, also die Möglichkeit, etwa im Fall einer späteren erneuten Umnutzung die Schüttung auch wieder problemlos entfernen zu können. Diese Anforderungen, gerade hinsichtlich Offenporigkeit und Reversibilität, ließen sich mit insgesamt 240 Kubikmetern einer ungebundenen Liapor-Blähtonschüttung der Sorte F3 (4-8 mm) am besten erfüllen.

>> Den Text in voller Länge finden Sie unter obigem Web-Link. ●

Wie hier im Dachgeschoss verhindert die offenporige Liapor-Blähtonschüttung Feuchtesammlungen in und an den Bauteilen.  
Foto: Büro Bergmann GmbH





Neubau eines gemeinschaftlichen Mehrgenerationen-Wohnprojekts in Holzmodulbauweise. Foto: Martin Duckek Fotografie, Ulm

## Mehrgenerationenhaus in Balingen

# Erlebnisreich **wohnen**

Der Brandschutz im Holzbau kämpft bezüglich seiner Brandfestigkeit immer noch mit Vorbehalten. Holz ist brennbar, aber diese Eigenschaft schließt die Verwendung mit entsprechenden Maßnahmen nicht aus. Im Wesentlichen gilt es im Holzbau zu verhindern, dass sich im Rahmen des Abbrandes trotz Oberflächen- oder Querschnittsveränderungen an Bauteilen Feuer und Rauch ausbreiten können.

Autor: Tobias Hock

**i** Die Langversion des Beitrags finden Sie unter [www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022\\_05](http://www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022_05)

**S**chwierig wird der Brandschutz im Holzbau erst ab einer Gebäudehöhe von mehr als 7,0 m, also für die Gebäudeklassen 4 und 5. Für diese Bauten gelten baurechtlich weitergehende Vorgaben. Einen möglichen Lösungsansatz für den Brandschutz im Holzbau der Gebäudeklasse 4 mit sichtbaren Holzoberflächen in Verbindung mit einem flexibel nutzbaren über alle Geschosse führenden Atrium zeigt das Projekt „erlebnisreich wohnen“ in Balingen. Der Wunsch nach einfachen Lösungen, möglichst wenig Anlagentechnik und flexibler Nutzungsmöglichkeit war Bestandteil der Brandschutzplanung. Die Anforderung, die Konstruktion und somit das verwendete Material Holz

sichtbar zu belassen und zeigen zu können, war ebenfalls Teil der Aufgabenstellung. Der dreigeschossige Neubau wird in die Gebäudeklasse 4 eingestuft und beherbergt insgesamt 29 Wohneinheiten. Vom Erdgeschoss bis in das 2. Obergeschoss wurde in der Gebäudemitte ein Atrium ausgeführt. Das Atrium dient als Ort der Zusammenkunft und Kommunikationsbereich für die Gebäudenutzer. Zu den Wohnungen sind vom Atrium aus Massivholzwände mit Öffnungen (Türen und Fenster) ausgeführt. Zu den Außenbereichen ist das Atrium verglast.

#### Atrium als Blickfänger

Den oberen Abschluss des Atriums stellt eine Massivholzdecke mit unmittelbar über dem Luftraum im Dach seitlich angeordneten vertikalen Glaselementen dar. Ein in jedem Geschoss angeordneter umlaufender Gang erschließt horizontal die drei notwendigen Außentreppen und die Wohnungen. Die Bewertung des Atriums erfolgt analog zu einem offenen Gang im freien Luftstrom, wodurch im Falle eines Brandereignisses eine wirksame Rauch- und Wärmeableitung obligatorisch sichergestellt und nachgewiesen werden muss. Die Rettungswege müssen also für die Zeit der Selbstrettung sowie für die Brandbekämpfung der Feuerwehr nutzbar sein. Hierfür muss eine ausreichend hohe raucharme Schicht sichergestellt sein. Die Temperaturbelastung im Bereich der Rettungswege muss ebenfalls untersucht werden, um die Gleichwertigkeit und somit Einhaltung der Schutzziele analog zu einem offenen Gang nachzuweisen. Die weitere grundlegende schutzzielorientierte Konzeption besteht aus der Unterteilung des Gebäudes in viele kleine Nutzungseinheiten mit Flächen von 40 m<sup>2</sup> bis 100 m<sup>2</sup> und somit der Begrenzung des Schadensausmaßes auf einen überschaubaren Bereich und eine geringe Fläche, die mittels eines Löschangriffes durch die Feuerwehr gut beherrschbar ist. Die übersichtliche Rettungswegführung und klare Strukturen ermöglichen eine schnelle Selbstrettung der Bewohner. Die Treppen sind als notwendige Außentreppen in Stahl ausgeführt und bieten ausreichend lang gesicherte Rettungswege. >> *Den Text in voller Länge finden Sie unter obigem Web-Link.* ●



Das helle Atrium ist das Aushängeschild. Foto: Martin Duckek Fotografie, Ulm



Das Wohnhaus in Balingen zeigt Brandschutz im Holzbau der Gebäudeklasse 4 mit sichtbaren Holzoberflächen. Foto: Martin Duckek Fotografie, Ulm

Hauptsitz eines kantonalen Versicherungsträgers in Lausanne

# Facettenreiche **Glashülle** im Dienst der höchsten Gebäudesicherheit

Der neue Hauptsitz des Versicherungsträgers für Feuer- und Elementarschäden (ECA) des Kantons Waadt im Westen der Schweiz brilliert mit einem gläsernen Neubau in Lausanne unter Verwendung umfassender Fassaden- und Brandschutzsysteme.

Autorin: Rosina Obermayer

**i** Die Langversion des Beitrags finden Sie unter [www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022\\_06](http://www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022_06)

**T**atsächlich wachsen die Aufgaben für Einrichtungen, wie dem ECA im Kanton Waadt, in den letzten Jahrzehnten zusehends. Die Abkürzung steht für das Établissement cantonal d'assurance incendie et éléments naturels, welches auf kantonaler und kommunaler Ebene die Vertretung der Feuer- und Elementarschadensversicherung darstellt. Demographische Entwicklungen sowie fortschreitende Urbanisierung führen zu mehr Schadensfällen und einem erhöhten Bedarf an Schutz und Sicherheitsmaßnahmen. Das gesteigerte Aktivitätsvolumen wiederum führte zur Entscheidung, der Versicherungseinrichtung einen adäquaten Neubau zur Verfügung zu stellen. Im Norden von Lausanne in unmittelbarer Nähe des Flugplatzes Blécherette erwies sich ein Grundstück, das sich bereits im Besitz des Trägers ECA befand,

*Der Neubau für den Hauptsitz des Versicherungsträgers ECA in Lausanne vereint fünf kantonale Notfallzentralen, diverse Verwaltungsbüros und Konferenzsäle unter einem Dach. Foto: Damian Poffet*





*Im großzügigen Empfangsbereich sorgen Verglasungen und Brandschutzschiebetüren mit forster fuego light für maximale Transparenz und Sicherheit.*

Foto: Damian Poffet

als idealer Standort. Die Nähe zur Verkehrsinfrastruktur, zentrale Erreichbarkeit und landschaftliche Qualitäten fügten sich zum Projektstart von „ECAvenir“ zusammen. Das Kunstwort spielt auf ein in die Zukunft blickendes Konzept an – für Architektur und Inhalt. Für das Schweizer Architekturbüro Architram Architecture et urbanisme stellte dies eine komplexe und kompakte Bauaufgabe dar. Zahlreiche und unterschiedliche Nutzungsbereiche, diverse Sicherheitsstufen sowie die Integration öffentlicher und nicht-öffentlicher Bereiche erforderten einen Planungsansatz, der den mehrschichtigen Sicherheitsanforderungen gerecht wird. Die Stahl-Profilsysteme von Forster erfüllen diese sowohl aufgrund der statischen, thermischen sowie einbruchs- und beschusshemmenden Eigenschaften als auch in Bezug auf den Brandschutz und die Fluchtwege.

#### **Einzigartige Konzentration wichtiger Infrastruktur in der Schweiz**

Bisher verteilten sich die verschiedenen Aufgaben auf mehrere Orte, nun kommen

sie in einem Gebäudekomplex zusammen. Der Neubau beherbergt neben Büro- und Verwaltungsbereichen auch Räume für Ausbildung, Konferenzen und Ausstellungen. Zudem finden sich hier die zentralen Notrufstellen des Kantons, darunter Polizei, Feuerwehr und Ambulanz sowie die Verkehrsleitstellen der Agglomeration Lausanne-Morges und weitere städtische und kantonale Infrastruktureinrichtungen für Sicherheit oder etwa Zivilschutz. Solch ein Zusammentreffen von gleich fünf verschiedenen Notfallzentren an einem einzigen Ort stellt eine Ausnahme innerhalb der Schweiz dar.

#### **Vielschichtige Struktur für herausfordernde Aufgaben**

Für den Neubau des neuen Hauptsitzes wurde Ende 2014 ein Architekturwettbewerb lanciert. Das aufgrund der vielschichtigen Aufgaben verschachtelte, jedoch ausgeklügelte Konzept des Büros Architram Architecture et Urbanisme aus dem benachbarten Renens ging als Gewinner hervor. So

findet etwa im Kern die Notrufzentrale als Ort höchster Sicherheit seinen Platz. Ringförmig entwickeln sich die Funktionen rund um einen zentralen Innenhof, der Tageslicht für die nach innen gerichteten Bereiche liefert. Eine großzügige Rampe im Norden des Gebäudes bildet einen repräsentativen Eingang und führt die Besucher:innen zur öffentlich zugänglichen ersten Etage. Dort befinden sich neben dem Empfang und Ausbildungsstätten auch Ausstellungsräume mit anschaulichen Präventionsmaßnahmen gegen Feuer und Gefahrenlagen sowie ein Restaurant. Zudem gruppieren sich die Büros der ECA auf den weiteren Ebenen und rund um den Innenhof als Orientierungspunkt. Mit dem Bau konnte 2018 begonnen werden. Trotz der Herausforderungen, die die Pandemiesituation bot, konnte der Hauptsitz des kantonalen Versicherers 2021 fertiggestellt werden. >> *Den Text in voller Länge finden Sie unter obigem Web-Link.* ●



Früher fanden hier Spiele des SV Blau Weiss Meer statt und auch Günter Netzer kickte einst auf dem Platz in Mönchengladbach. Heute nutzt die SMS group das Gelände für ihre Mitarbeitenden. Foto: Hartmann Architekten

SMS group investiert in die Zukunft

# Dämmstoffplatten mit tragender Rolle

Mit dem neuen SMS group Campus sollen Mitarbeitende von zuletzt fünf Standorten an modernen Arbeitsplätzen unter einem Dach vereint und ein noch engeres Zusammenarbeiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette gefördert werden. Die Unternehmenszentrale ermöglicht agiles Arbeiten in einer 5G-Infrastruktur und bietet großzügige Sozial- und Kommunikationsbereiche.

Autorin: Evelyn Grau



Die Langversion des Beitrags finden Sie unter [www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022\\_03](http://www.sus-web.de/BP-ZI-09-2022_03)

**S**MS group, Weltmarktführer im Maschinen- und Anlagenbau für die Stahl- und Nichteisenmetallindustrie, will in seiner neuen Unternehmenszentrale in Mönchengladbach ab Herbst 2023 die Zukunft der Arbeit vorleben. Der Gebäudekomplex, in dem sich Technik, Projektarbeit und Transparenz verbinden, wird aus fünf Einzelmodulen bestehen. Darunter befinden sich 80 bis 100 cm dicke Bodenplatten, die von hochleistungsfähigen XPS-Dämmstoffplatten der Firma Austrotherm getragen und gedämmt werden. Mit der Gesamtplanung des SMS group Campus ist das Mönchengladbacher Architekturbüro Hartmann Architekten betraut. Die Planenden ordneten in Anlehnung an den Maschinen- und Anlagenbau, einem Kerngebiet der SMS group, die fünf Einzelmodule so an, dass sie von oben betrachtet an ein Zahnrad erinnern. Jedes Modul umfasst eine Fläche von 1.600 m<sup>2</sup> und imponiert mit einer Höhe von 16 m. Den inneren Bereich des Zahnrades übersetzten die Architekt:innen als Innenhof mit einem Durchmesser von 65 m. Ein spektakuläres Membrandach verbindet alle Module miteinander und mit einem Durchmesser von 82 m überspannt es auch den kompletten Innenhof. Auf diese Weise entsteht im Zentrum des Campus ein heller und wettergeschützter Raum. Er soll als zentraler Sozial- und Kommunikationstreffpunkt für das Unternehmen fungieren und damit den Austausch und das agile Zusammenarbeiten fördern. Darüber hinaus legten Hartmann Architekten großen Wert auf eine städtebauliche Integration des Campus. So wird sich die Empfangshalle mit Vorfahrt in Richtung Stadtzentrum öffnen, während sich die Gebäudeteile mit den Büros zu einer Parklandschaft hin ausrichten. Gläserne Wege verbinden dann auf mehreren Ebenen die Nachbargebäude. Die Natur wird damit durch die Transparenz und Offenheit des Gebäudekomplexes ganz selbstverständlich in die Arbeitswelt integriert.

#### Erhöhte Anforderungen an die Dämmung

Der SMS group Campus wurde als gleichendes Gebäude konzipiert: Auf einer

Sauberkeitsschicht befindet sich eine gleitende Folie, sodass sich die Bodenplatte ausdehnen kann und Setzrisse auch ohne Dehnfugen vermieden werden. Aufgrund des Gebäudeenergiegesetzes (GEB) und dem damit erhöhten Anspruch an den Wärmeschutz müssen Bodenplatten jedoch unterseitig gedämmt werden. An diese Art der Perimeterdämmung werden erhöhte Anforderungen gestellt, da sie das komplette Gebäudegewicht tragen. Sie müssen resistent gegen die Feuchtigkeit aus dem Erdreich sein sowie Veränderungen, die durch die lose liegende Bodenplatte entstehen, auffangen können – also die gesamte Last ohne unzulässige Verformungen aufnehmen können. Perimeterdämmstoffe, die unter lastabtragenden Bodenplatten eingesetzt werden, müssen deshalb bauaufsichtlich speziell für diesen ganz besonderen Bereich zugelassen sein. Die jeweiligen Bauartgenehmigungen geben detailliert Auskunft über Bemessungswerte, zulässige Druckspannungen oder auch den Einbau. Hartmann Architekten entschieden sich für die Dämmstoffplatten Austrotherm XPS TOP 70 in 140 Millimetern.

Ausschlaggebend waren – neben der vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) erteilten Bauartgenehmigung für diesen Anwendungsfall – die Druckfestigkeit der Dämmstoffplatte mit 70 Tonnen pro Quadratmeter, der Dämmwert (die Wärmeleitfähigkeit liegt bei 0,035 W/(mK)) sowie die schnelle und sichere Verlegbarkeit der Platten durch Stufenfalze, die eine kraftschlüssige Verlegung ermöglichen. Im Perimeter-Wandbereich setzten die Planenden Austrotherm XPS TOP 30 in ebenfalls 140 Millimetern ein. Hier kam es ihnen insbesondere auf die Erstellung einer durchgängigen Dämmebene an. Denn die Bodenplatte wird später – inklusive aller Vertiefungen – als ein Bauteil bewertet. Um eine wärmebrückenfreie Verlegung zu garantieren, wurden die XPS-Dämmstoffplatten mit Winkel- und Gehrungsschnitten angepasst und auf diese Weise die Aufzugsunterfahrten sowie die unterschiedlichen Bodenplattenstärken an die Dämmebene angeschlossen. >> *Den Text in voller Länge finden Sie unter obigem Web-Link.* •



Da die Bodenplatte später als ein Bauteil bewertet wird, musste eine durchgängige Dämmebene – inklusive aller Vertiefungen, wie hier der Aufzugsunterfahrten – erstellt werden.

Foto: Austrotherm

heroal

## Multifunktionales Firmengebäude mit durchdachten Details

Auf drei Etagen bietet das heroal Forum Raum für ein Bistro, Möglichkeiten für Besprechungen, Schulungen und Veranstaltungen sowie zusätzliche Büroräume. Durch die offene Gebäudearchitektur eröffnen sich vielfältige Nutzungsoptionen. So sind die Büros weiträumig gestaltet und Innenwände lassen sich teils flexibel verschieben, um die Größe der Räume an individuelle Anforderungen anzupassen. Als Hersteller von



Das heroal Forum wurde 2019 fertiggestellt. Auf drei Etagen bietet das Gebäude Platz für unterschiedliche Nutzungen. Bild: heroal

Aluminium-Systemlösungen für Rollläden, Sonnenschutz, Rolltore, Fenster, Türen und Fassaden definierte heroal bereits zu Beginn der Objektplanung die Anforderung, dass die Lösungen des Systemhauses maßgeblich die Gebäudearchitektur und die Arbeitsatmosphäre im Inneren prägen sollten. Mit der Umsetzung des Projekts war das Verler Architekturbüro Wischke Send + Partner beauftragt. Das Gebäude zeichnet sich durch seine transparent gestaltete Hülle mit großzügigen Glasflächen aus. Außerdem lag ein Augenmerk darauf, in dem Gebäude das ganze Jahr über ein konstant angenehmes Raumklima für eine gesunde Arbeitsumgebung zu schaffen.

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

Metsä Group

## Holzbau für den Hafen von Amsterdam

Das Nautisch Coördinatie Centrum im Hafen von Amsterdam kombiniert einen industriellen Charakter mit einer harmonischen Innenraumatmosphäre. Das vom ortsansässigen Architekturbüro WRK geplante Gebäude steht beispielhaft für das Bestreben des Hafens, möglichst energieneutral und kreislauforientiert zu bauen. Die Konstruktion besteht aus modularen, vorgefertigten Elementen. Sowohl Wand und Decke als auch der Boden sind aus demselben Holzwerkstoff gefertigt: Mit Kerto LVL kommt ein Furnierschichtholz zum Einsatz, dessen sichtbare Oberfläche zur komfortablen Innenraumgestaltung beiträgt. Für die Wand- und Deckenkonstruktion wurden 350 und 230 mm hohe Kerto-Ripa-Box-Elemente verwendet. Rippen und Deckplatten werden zu einem stabilen Kastelement verklebt. Die tragenden Wände sind außen mit einer 25 mm starken Kerto LVL Q-Platte versehen. Als Ständerkonstruktion kommen Kerto LVL S-Balken mit einer Stärke von 45 mm bzw. Kerto LVL Q-Platten mit denselben Maßen zum Einsatz und werden mit der Deckplatte verklebt. Dies führt zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Windlasten.



Für die Wand- und Deckenkonstruktion des von WRK Architekten entworfenen Gebäudes wurden 350 und 230 mm hohe Kerto-Ripa-Box-Elemente verwendet. Foto: Metsä Group

[www.metsagroup.com/de/metsawood](http://www.metsagroup.com/de/metsawood)

Polytan

## Farbige Spezialbeläge für Schulneubau

Filderstadt wollte im Ortsteil Bernhausen das Areal zweier benachbarter Schulen neu ordnen, architektonisch aufwerten und zugleich weiterentwickeln, auch um den Schulkomplex für den Ganztagesbetrieb vorzubereiten. Das Leitmotiv der architektonischen Gestaltung von Behnisch Architekten: ein lebendiger Schulcampus in einer angenehmen Umgebung für Lehrende und Lernende. Die Integration kooperativer und sozialer Lernstile wird durch verschiedene Lernumgebungen erreicht, die durch offen gestaltete Kommunikationsräume sowie individuell konfigurierte Klassenzimmer und Gruppenräume geprägt sind. Für die Beschichtung der umlaufenden Terrassierung kam der langle-



Für die Beschichtung der umlaufenden Terrassierung wurde Polytan hinzugezogen. Zum Einsatz kam PolyPlay SE in den Farben Lichtgrau und Perlweiß sowie in drei Gelbnuancen.

Bild: David Matthiessen Fotografie

bige PolyPlay SE zum Einsatz, der für Spielfelder und Anlagen im Schulsport, Ballsport und für Freizeitaktivitäten entwickelt wurde. Der einlagige Belag besitzt eine glatte Oberfläche, aufgrund seiner Wasserdurchlässigkeit trocknet er schnell ab und ist jederzeit rutschsicher. Weitere Vorteile sind der hohe Verschleißschutz und ein geringer Pflegeaufwand sowie seine Farbigkeit, die sich in das Gestaltungskonzept von Behnisch Architekten einpasst. Verlegt wurde er in den Farben Lichtgrau und Perlweiß sowie in drei Gelbnuancen.

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

puren

## PU-Dämmung für Metaldächer

Es regnet intensiver, stürmt häufiger und selbst die Hagelkörner werden größer. Die Klimadaten belegen stärkere Veränderungen des Wetters. Für immer mehr Regionen sind Metaldächer und Metallfassaden eine adäquate Lösung, denn sie bieten bei Starkregen mit Sturmverstärkung und speziell auch Hagelschlag einen soliden Schutz. Das Dämmsystem MetalFix von puren ist konzipiert für unbelüftete, einschalige Metalldach- und Fassadenkonstruktionen. Die zwei integrierten Einlagen aus 110 x 22 mm großen Mehrschichtholzleisten sind oberflächenbündig eingelassen und mit Aluminiumfolie abgedeckt. Die Wärmeleitfähigkeit der PU-Dämmung von  $\lambda$  0,023 bis 0,022 W/(mK) sichert bereits ab einer Stärke von 120 mm die heute geforderte Dämmwirkung (U-Wert unter 0,20 W/(m<sup>2</sup>K)). Nur wenige Zentimeter mehr verschieben die Konstruktion in den Bereich von Niedrigstenergie- und Passiv-



Hotel mit Metaldach und Fassade direkt an der windigen Nordsee: Hinter den Kupferschaaren sorgen puren MetalFix-Dämmelemente für Wärmeschutz. Bild: puren

hauskonstruktionen. Dabei gibt es die Dämmplatten bis zu einer Stärke von 180 mm (U-Wert 0,13 W/(m<sup>2</sup>K)).

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

Schollglas

## Kupferfassade mit gebogenem Glas

Ein 60 m hoher Büroturm ergänzt die bereits bestehenden Gebäude des expandierenden Softwareunternehmens Systematic am Ufer des Aarhus Flusses und bündelt die Aktivitäten der 1.000 Mitarbeitenden. Die Fassade betont die Vertikale und passt sich mit den Kupferprofilen in die natürliche Umgebung ein. Für die farbneutrale Sonnenschutzverglasung von Schollglas wurden auch gebogene Elemente hergestellt. Das gewählte Sonnenschutz-Isolierglas GeWe-therm sun SN70S hat eine hohe Lichttransmission, kombiniert mit hohen Sicherheitseigenschaften und optimalem Wärmeschutz. Die großformatigen gebogenen Isoliergläser mit einem Radius von 3.400 mm konnten aufgrund der flexiblen Beschichtungen in gleicher

Optik ausgeführt werden. Die Brüstungsgläser erfuhren ebenfalls eine Spezialbehandlung. Die Einscheiben-Sicherheitsgläser sind mit einer rückseitigen Emailierung in der Farbe RAL Mahagonibraun versehen – passend zu den bronzefarbenen Profilen des Verglasungssystems.

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

Mit seiner kupferfarbenen Fassade markiert der Büroturm des dänischen IT-Unternehmens Systematic eine neue Landmarke auf dem Weg in die Innenstadt von Aarhus.

Bild: Systematic/Mikkel Berg Pedersen



Sunovation

## Kunstmuseum GES-2 mit exklusivem BIPV-Glasdach



GES-2 House of Culture: entworfen von Renzo Piano, ausgestattet mit individuellen BIPV-Modulen von Sunovation. Bild: Michel Denancé

Anfang Dezember 2021 wurde das Kunstmuseum GES-2 Haus der Kultur im Zentrum von Moskau eröffnet. Ausgestattet ist es mit einem transparenten Photovoltaikglasdach von Sunovation, das einen Teil des benötigten Stromverbrauchs des Gebäudes liefert. Der Architekt Renzo Piano verwandelte das Hauptgebäude mit einer gebäudeintegrierten transparenten Photovoltaiküberdachung in eine imposante „Kathedrale des Lichts“.

Das 5.421 m<sup>2</sup> große Glasdach mit 4.578 Photovoltaikmodulen ersetzt das ursprüngliche Dach. Renzo Piano wählte teiltransparente Glas-Glas-Module, die individuell nach seinen Entwürfen am Produktionsstandort in Aschaffenburg entwickelt und gefertigt wurden. Die Module bestehen aus kristallinen Photovoltaikzellen, die dauerelastisch zwischen zwei Glasscheiben eingebettet sind. Ein spezielles Produktionsverfahren ermöglicht dem Hersteller, die Module passgenau nach Kundenwunsch zu fertigen.

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

Bark Cloth europe

## Baumrindentuch im Büro

Die Staune Immobilien Gruppe zog kürzlich ins generalsanierte Gebäude der ehemaligen Käserei Sirius in Neumarkt am Hausruck (Österreich) ein. Naturmaterialien kamen zum Einsatz, u. a. „Bark Cloth“, die Rinde eines afrikanischen Feigenbaums. Im Besprechungsraum wurden insgesamt 21 m<sup>2</sup> afrikanischer Rindentücher als Gestaltungselement für Wand und Decke verwendet. Es handelt sich dabei um die nachwachsende Rinde einer ostafrikanischen Feigenbaumart.

Diese wird geerntet, ohne den Baum zu fällen. „Unser Produkt steht für Exklusivität mit gutem Gewissen“, erklärt Mary Barongo, die gemeinsam mit ihrem Mann Oliver Heintz Inhaberin des Unternehmens Bark Cloth ist. Bis ins 19. Jahrhundert waren die edlen Tücher aus der Rinde des Mutuba-Baums den Herrschern des Königreichs Buganda vorbehalten. Durch die rein handwerkliche Herstellung wird die wirtschaftliche Existenz kleinbäuerlicher Familien vor Ort in Uganda gesichert. Bark Cloth vertreibt das nachhaltige Naturprodukt in Österreich exklusiv über die Agentur für Kreativmaterialien von Franz Steiner.

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

*Die Staune Immobilien Gruppe zog in eine ehemalige Käserei in Neumarkt am Hausruck ein. Für Planung und Einrichtung zeichnet die Wögerer GmbH aus Steyr verantwortlich.*

Bild: Reinhard Ebner, Wögerer GmbH



VM Building Solutions

## Baulücke mit Rhythmus geschlossen

Das neue Bürogebäude von Thomas Hillig Architekten in Berlin Kreuzberg präsentiert sich mit einer dreidimensional hervortretenden VMZINC-Fassade. Es ist mit großen Glasflächen ausgestattet, durch die viel Tageslicht ins Innere gelangt. Jede Fenstereinheit bildet mit einer Umfassung aus Zink ein einzelnes horizontal ausgerichtetes Modul. Die Zinkrahmen dieser Module treten in einem flachen Winkel – jedoch deutlich sichtbar – aus der Fluchtlinie des Gebäudes hervor, sodass sich aus ihrer Aneinanderreihung ein horizontal verlaufendes Sägezahnmuster ergibt. Die Ausrichtung der Module wechselt von Stockwerk zu Stockwerk, so entsteht eine klare rhythmische Struktur. Als ausgleichenden Gegenpol zu dieser Dynamik wählten die Planenden für die gesamte Fassade eine monochrome Farbenmutung. Diese beruht auf einer Kombination von dunklem Glas und Steckfalzpaneelen von VMZINC in der vorbewitterten grauen Oberfläche Quartz-Zinc. Farblich passend eingefärbte Betonfertigteile rahmen die Fassade ein und lassen sie fast wie ein plastisches Gemälde in Erscheinung treten.

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



*Das Gebäude hebt sich aufgrund der plastischen Fassade mit der vorbewitterten Quartz-Zinc Oberfläche deutlich von der Nachbarschaft ab. Bild: Thomas Hillig*

**bauplaner**

HOLZ, METALL, GLAS, KUNSTSTOFF

bauplaner ist ein Supplement im Deutschen Ingenieurblatt

**Herausgeber und Verlag:**

Schiele & Schön GmbH,  
Schlangenhader Straße 13, 14197 Berlin,  
Telefon: (030) 25 37 52-10,  
[www.schiele-schoen.de](http://www.schiele-schoen.de)

**Redaktion dieses Specials (v.i.S.d.P.):**

Dipl.-Ing. Alexandra Busch, Goebelstr. 21,  
64293 Darmstadt, Telefon: (06151) 3652074,  
[alexandra.busch@schiele-schoen.de](mailto:alexandra.busch@schiele-schoen.de)

Gültige Anzeigenpreisliste Nr. 29 vom 01.01.2022

**Anzeigenleiterin:**

Gabriele Strauchmann,  
Telefon: (030) 25 37 52-43,  
[strauchmann@schiele-schoen.de](mailto:strauchmann@schiele-schoen.de)

**Tatsächliche verbreitete Auflage:**

47.508 Exemplare, IVW 2/2022.

**Bezugspreis:** Der Bezugspreis für das Special ist in den Abonnementgebühren des „Deutschen Ingenieurblatts“ enthalten.

**DTP-Layout und Produktion:**

Christina Kalzer, Telefon: (030) 25 37 52-51,  
[kalzer@schiele-schoen.de](mailto:kalzer@schiele-schoen.de)

**Druck:**

Möller Pro Media GmbH, Zeppelinstraße 6,  
16356 Ahrensfelde OT Blumberg

**Reproduktion:**

Die im „bauplaner“ veröffentlichten Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen. Die redaktionellen Inhalte des „bauplaner“ werden im Internet veröffentlicht und bei Bedarf vom Verlag weiterverwertet. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Bei Annahme gelten die Honorarsätze der Redaktion für Bild und Text. Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben die Meinung des jeweiligen Autors bzw. Autorin wieder und müssen nicht unbedingt mit der Redaktion übereinstimmen. Mitteilungen von Firmen und Organisationen erscheinen außerhalb der Verantwortung der Redaktion. Alle verwendeten Namen und Bezeichnungen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein, auch wenn diese nicht gesondert gekennzeichnet sind. Das Fehlen der entsprechenden Kennzeichnung lässt nicht automatisch den Rückschluss zu, dass kein Markenschutz besteht und der Name oder die Bezeichnung von jedermann frei verwendbar wäre.

Impressum „Deutsches Ingenieurblatt“  
9-2022 siehe Seite 62

Für die Übernahme von Artikeln in interne elektronische Pressespiegel erhalten Sie die erforderlichen Rechte über die PMG Presse-Monitor GmbH, Berlin. Telefon: 030/ 284930 oder [www.presse-monitor.de](http://www.presse-monitor.de)

**EXTRA  
FÜR  
STUDENTEN**



georgenudystock.adobe.com

# Informativ. Innovativ. Inspirierend.

**Das Deutsches Ingenieurblatt**  
begleitet Dich während des Studiums und  
darüber hinaus.

- Du erhältst die Zeitschrift im Abo zum **Studentenpreis** von nur **68,- Euro** jährlich!
- Obendrauf hast Du kostenfreien Zugang zum **Online-Archiv**!
- Bestell jetzt unter dem Stichwort: **Studium2022**
- per E-Mail: [service@schiele-schoen.de](mailto:service@schiele-schoen.de)

[www.ingenieurbau-online.de](http://www.ingenieurbau-online.de)





  
DEUTSCHER  
**BRÜCKENBAU**  
PREIS

# DEUTSCHER **BRÜCKENBAU** PREIS 2023

NEUER TERMIN UND NEUER SONDERPREIS

Die Auslobungsunterlagen zum Wettbewerb 2023 finden  
Sie unter [www.brueckenbaupreis.de](http://www.brueckenbaupreis.de)  
Einsendeschluss ist der 2. Januar 2023. Jetzt bewerben!