

02

2. Jahrgang
April 2023
ISSN 2750-8382

nbau

NACHHALTIG BAUEN



BAUEN MIT ERNEUERBARER ENERGIE

Werner Sobek Multilog • **Wohnungswende** Jan-Marco Luczak • **Campus Rosenheim** Christian Schlüter et al. • **Lehmsteinmauerwerk** Christof Ziegert et al. • **Agrarische Biomasse** Jan Grossarth • **Wärmepumpen Geschossbau** Constanze Bongs et al. • **Dänemark** Stefanie Weidner

Manfred Curbach, Josef Hegger, Frank Schladitz, Matthias Tietze,
Matthias Lieboldt (Hrsg.)

Handbuch Carbonbeton

Einsatz nichtmetallischer Bewehrung

- **umfassendes Handbuch über Carbonbeton und andere nichtmetallische Bewehrungen**
- **Zusammenführung der Erkenntnisse aus universitärer und industrieller Forschung mit ersten Anwendungserfahrungen**
- **Beitrag zum nachhaltigen Bauen durch Senkung des Ressourcen- und Energieverbrauchs**

Einziges Handbuch mit aktuellem Wissensstand zur Anwendung der neuen Bauweise – für Neubau sowie Ertüchtigung und Instandsetzung: Konstruktionen aus Carbonbeton ermöglichen Materialersparnis, Reduzierung von Energiebedarf und CO₂-Ausstoß und lassen hohe Lebensdauern erwarten.



2023 • 596 Seiten • 392 Abbildungen •
60 Tabellen

Hardcover

ISBN 978-3-433-03206-0 € 109*

eBundle (Print + ePDF)

ISBN 978-3-433-03379-1 € 139*

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3206

Nachhaltigkeitsbewertung für alle



Quelle: Lüthen-Lichtkunst Fotografie

Der Präsident der Bundesingenieurkammer, Dr. *Heinrich Bökamp*, hat auf bauingenieur24.de vorgeschlagen, beim Bauen und Sanieren auf einen möglichst geringen CO₂-Fußabdruck zu achten. Statt aufwendiger und teurer Zertifizierungen durch wenige Expert:innen möchte er dafür ein einfaches Nachhaltigkeitsbewertungssystem, das von allen Ingenieur:innen angewendet werden kann und bei vielen Gebäuden zur CO₂-Reduktion beiträgt. Also eine Nachhaltigkeitsbewertung quasi für jedes Gebäude in Eigenverantwortung oder mit anderen Worten ein *Bemessungskriterium Klimaschutz* – das wäre eine kleine Revolution! Aber dann bitte auch die Architekt:innen, die Bauausführung oder das Klimaengineering mit in die Pflicht nehmen. Der klassische, sequenzielle Dreiklang – Architekt:in entwirft, Ingenieur:in bemisst das dann und Baufirma führt schließlich aus – funktioniert nicht nachhaltig. Beim Entwurf werden bereits wichtige Weichen für den CO₂-Fußabdruck gestellt und alle Planung ist graue Theorie, wenn die Ausführung dann doch nicht passt.

Zurück zum Vorschlag der Bundesingenieurkammer, die Nachhaltigkeitsbewertung in planerischer Eigenverantwortung durchzuführen. Sind die Ingenieur:innen wie die Architekt:innen oder die Bauunternehmen wirklich entsprechend aufgestellt? Können wir Ökobilanzen so sicher handhaben wie Raumbücher, Statik oder Bauablaufpläne? Haben ressourceneffiziente und CO₂-arme Konstruktionen bereits die Betonflachdecke abgelöst? Bekommen die Studierenden all das erforderliche Wissen mit auf den Weg gegeben, um diese Aufgaben anzugehen? Unterstützen die Verbände die Praxis bei der Weiterbildung oder mit Arbeitshilfen ausreichend? Sind die diversen Ausschüsse nicht nur diskursiv unterwegs, sondern liefern auch praktisch nutzbare Ergebnisse? Die Antworten mögen sehr unterschiedlich ausfallen, aber grosso modo scheint doch noch einiges zu tun.

Nachhaltigkeits-Zertifizierung, zirkuläres Bauen oder Klimaschutz haben alle gemeinsam, dass die Ökobilanz – oder konkret das CO₂-Äquivalent – als Leitindikator gesehen wird. Auch wenn das zunächst eine Aufgabe für Umweltwissenschaft und Ökobilanzexpert:innen ist, hängt alles am Ende konkret mit der Planung und Ausführung der Bauwerke zusammen. Also müssen Architekt:innen und Ingenieur:innen die Ökobilanz-Indikatoren nicht nur einfach anwenden können, sondern deren Bestimmung, Unsicherheiten und Grenzen auch grundsätzlich verstehen. Das schließt Hersteller, Zulieferer und Bauunternehmer ebenso ein. Folglich ist die Ermittlung und transparente Kommunikation der Ökobilanz oder des CO₂-Äquivalents entlang der gesamten Wertschöpfungskette eines der wichtigsten Themen auf dem Weg zum rational bewerteten nachhaltigen Bauen. Vergleichbar ist das vielleicht mit der Rolle der Materialfestigkeit für die Bauwerkssicherheit. Vor mehr als einem Centennium war es die Festigkeitslehre, die mit Spannungsermittlung und Materialtests die empirischen Erfahrungen der Baumeister mit wissenschaftlichen Methoden ablöste. Dazu kommt jetzt ergänzend die Ökobilanzierung. Wer eine rationale Nachhaltigkeitsbewertung für alle will, muss mit der Ökobilanz anfangen.

Wie weit wir noch von einem hinreichenden Verständnis für die Ökobilanzierung entfernt sind, lässt sich am Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) ablesen. Seit März werden Rechenwerte zur Ökobilanzierung vorgegeben, obwohl es die etablierte ÖKOBAUDAT sowie die noch umfassenderen Umweltproduktdeklarationen (EPD) gibt. Offenbar wird eine solche Simplifizierung für erforderlich gehalten, um die Akzeptanz und Anwendung der Ökobilanzierung zu fördern. Nachvollziehbar ist, dass auf Energieaufwand und Treibhausgas, also primär Klimaschutz, fokussiert wird. Der Punkt ist, dass produktspezifische EPDs ausgeschlossen scheinen, und damit der Anreiz für ökologisch bessere Bauprodukte. Es ist ein Dilemma, möglichst alle mitnehmen zu wollen und dafür (zu) sehr zu vereinfachen. Da kommen wir nur mit einer Bildungsoffensive zur Ökobilanzierung raus. BAK, BingK, HDB & Co., übernehmen Sie – gemeinsam!

Bernhard Hauke
nbau Chefredakteur

**Können wir
Ökobilanzen
so sicher
handhaben wie
Raumbücher,
Statik oder
Bauablauf-
pläne?**



Quelle: Sigurd Steinprinz, Düsseldorf

Zum Titelbild

Die wenigen neuen Gebäude, die wir uns vor dem Hintergrund des Klimawandels überhaupt noch leisten können, müssen ihre Umweltbelastung, die grundsätzlich im heutigen Kontext nicht verhindert werden kann, zumindest auf ein absolutes Minimum reduzieren. Daneben sind aufgrund der verbleibenden Belastungen die gesellschaftlichen Mehrwerte zu optimieren. Die hierfür erforderlichen Werkzeuge und Methoden sind bekannt. Eine erfolgreiche Anwendung setzt aber v. a. den gemeinsamen Willen aller Beteiligten voraus. Höchste Ansprüche in der Nachhaltigkeit erfordern ein Miteinander und kein Gegeneinander. Die für das Projekt CampusRO angestrebte Platin-Zertifizierung ist erst durch diesen Ansatz ermöglicht worden. Weitere Informationen im Beitrag S. 20 ff.

2. Jahrgang

April 2023, Heft 2

ISSN 2750-8382

© 2023

Ernst & Sohn GmbH

Rotherstraße 21

D-10245 Berlin

Tel. +49 (0)30 470 31-200

Fax + 49 (0)30 470 31-270

info@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de

Ernst & Sohn
A Wiley Brand

Inhaltsverzeichnis



Vordenker **Werner Sobek** wird 70 – 17 Personen der Baubranche diskutieren mit ihm in einem Multilog. Es gibt Wohnungsnot statt der versprochenen Zeitenwende,

findet **Jan-Marco Luczak**, baupolitischer Sprecher der CDU/CSU-Bundestagsfraktion. Der Campus Rosenheim ist nicht nur nachhaltig, sondern auch partnerschaftlich entstanden, erläutern **Christian Schlüter** et al. Ob Lehmsteinmauerwerk energieintensive Mauerwerksbaustoffe ersetzen kann, diskutieren **Christof Ziegert** et al. anhand der neuen DIN-Norm und mit Beispielen. Agrarische Rohstoffe könnten mehr zum Bauen verwendet werden und zum Klimaschutz beitragen, so **Jan Grossarth**. Auch im Geschosswohnungsbau, zumal im Bestand, sollen vermehrt Wärmepumpen eingesetzt werden. **Constanze Bongs** et al. zeigen dafür Lösungsansätze und Umsetzungsbeispiele. Ein individueller Erfahrungsbericht von **Stefanie Weidner** blickt auf Nachhaltigkeit in Dänemark und was wir von unserem nördlichen Nachbarn vielleicht lernen können. Bei den **Materialgeschichten** geht es diesmal um Recyclinghöfe und um Naturkork.

EDITORIAL

- 3 Bernhard Hauke
Nachhaltigkeitsbewertung für alle

INTERVIEW

- 6 **Multilog mit Werner Sobek**

KOLUMNEN

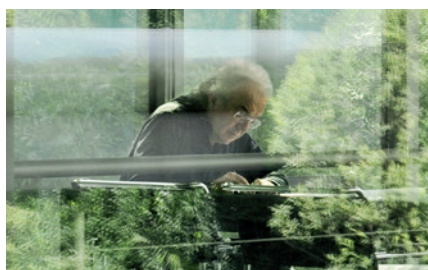
- 16 **Stuttgarter Nachhaltigkeitsstammtisch**
17 **A4F konstruktiv**

MEINUNG

- 18 Jan-Marco Luczak
Wohnungsnot statt Zeitenwende

PROJEKTBERICHT

- 20 Christian Schlüter, Laura Heidelauf, Tobias Götz, Andreas Lackenbauer, Rafael Troll, Björn Silberbauer, Hendrik Müller, Josef Huber, Peter Astner
Campus Rosenheim – nachhaltige Qualität durch partnerschaftliche Kooperation



Quelle: Pasi Toivainen, Helsinki

Multilog mit Werner Sobek

Ingenieur, Architekt und Vordenker des nachhaltigen Bauens **Werner Sobek** wird 70. Ein Multilog mit vielen, ganz unterschiedlichen Bauschaffenden mit dem Multidisziplinär **Werner Sobek** dreht sich überwiegend um das Thema **nachhaltig Bauen**. Das reicht von Material, Konstruktion & Leichtbau über Architektur & Stadtplanung bis zu Klimawandel, Bauwende & Innovation.



Quelle: ZRS Ingenieure, Christof Ziegert

Tragendes Lehmsteinmauerwerk

In den Gebäudeklassen 1–4 bis 13 m Höhe kann ein großer Teil der energieintensiven Mauerwerksbaustoffe durch Lehmsteine ersetzt werden. Dazu wird DIN 18940 im April veröffentlicht und 2024 bauaufsichtlich eingeführt. Die Brandschutzanforderungen werden erfüllt. Stärkstes Argument für Lehmsteine ist die Ökobilanz. Pilotprojekte erläutern die praktische Anwendbarkeit.



Quelle: Jörg Dengler/Fraunhofer ISE

Wärmepumpen im Geschossbau

Wärmepumpen sind in aller Munde. Die Nutzung von Umweltwärme, zunehmend angetrieben mit erneuerbarer Energie, senkt die CO₂-Intensität der Wärmeversorgung. Eine Herausforderung ist die Anwendung im Geschosswohnungsbau im Bestand. Lösungsansätze und beispielhafte Umsetzungen werden hierzu vorgestellt. Reserven gibt es bei Planung, Installation und Inbetriebnahme.

ÜBERSICHTSAUFSÄTZE

- 27 Johanna Baier, Christof Ziegert
Norm zur Bemessung von tragendem Lehmsteinmauerwerk verabschiedet
- 35 Jan Grossarth
Agrarische Biomasse für den klimagerechten Bau
- 45 Constanze Bongs, Jeannette Wapler, Jakob Metz, Marek Miara, Manuel Lämmle
Wärmeversorgung im Geschosswohnungsbau mit Wärmepumpen
- BLICK INS AUSLAND**
- 53 Stefanie Weidner
Nachhaltigkeit in Dänemark
- INFOBERICHT**
- 59 Nora Iannone, Marie Heyer
Materialgeschichten

GLOSSAR

- 61 Diana Fischer, Dominik Pyschny
Umweltproduktdeklarationen (EPD)

AUS DER INDUSTRIE

- 74 **nbau.AKTUELL**
Firmen und Verbände
Politik und Verwaltung
Veranstaltungen
Aus der Forschung
Rezension
Partner News
Empfehlung der Redaktion

88 VERANSTALTUNGSKALENDER



Quelle: Rene Müller

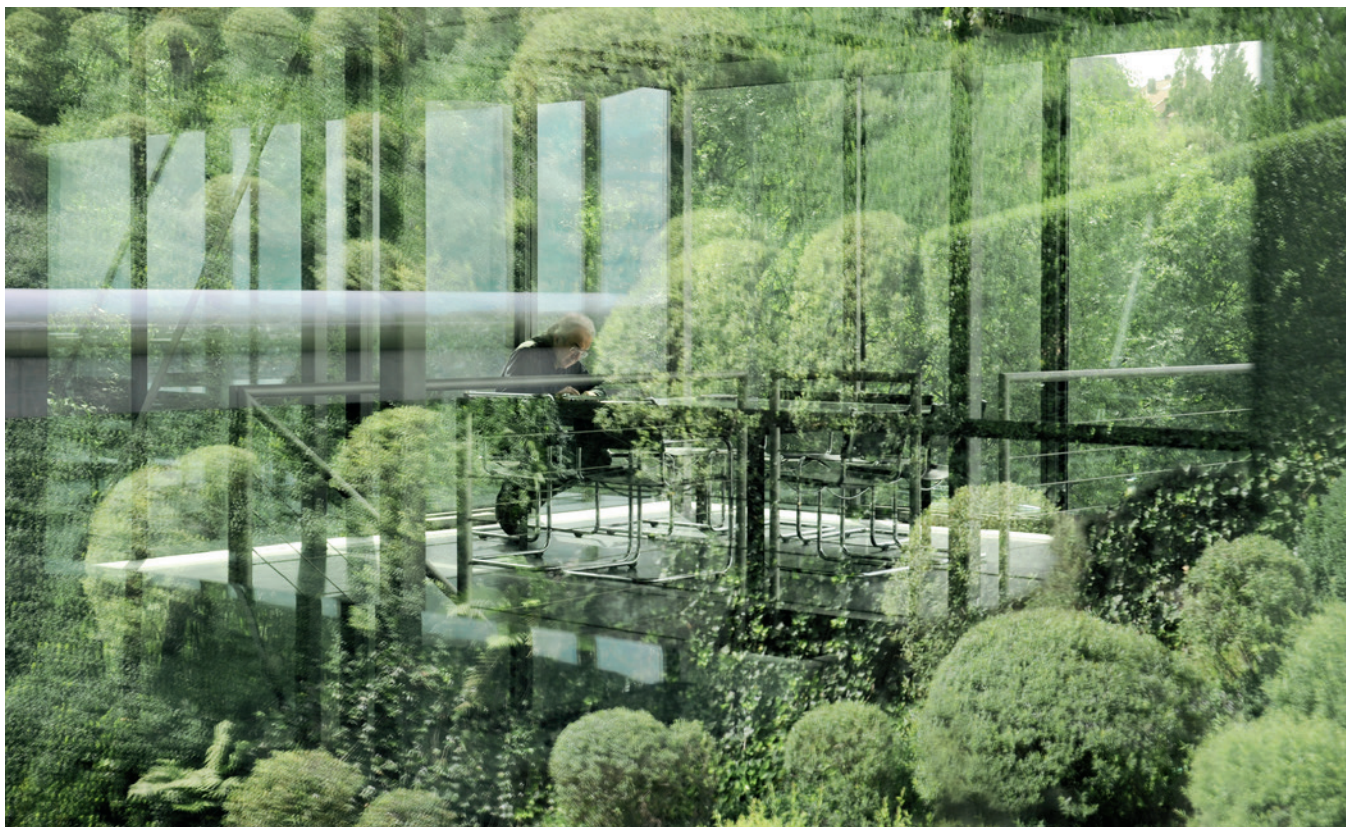
Prof. Werner Sobek

Multilog mit Werner Sobek

Dem Ingenieur, Architekten und Vordenker des nachhaltigen Bauens zum 70. Geburtstag

Werner Sobek wurde am 16. Mai 1953 in Aalen geboren, hat Bauingenieurwesen und Architektur an der Universität Stuttgart studiert und dort auch promoviert. Anschließend war er für sbp tätig, wurde 1991 als Professor für Tragwerksentwurf an die Universität Hannover berufen und gründete im Folgejahr die heutige Werner Sobek AG. Bereits 1994 wurde er als Nachfolger von Frei Otto Direktor des Instituts für Leichte Flächentragwerke der Universität Stuttgart. Bekannt wurde er in dieser Zeit insbesondere für textiles Bauen, Leichtbau überhaupt oder Bauten zusammen mit Helmut Jahn. Den Stuttgarter Massivbau-lehrstuhl, den vor ihm Emil Mörsch, Fritz Leonhardt oder Jörg Schlaich innehatten, übernahm er 2000 zusätzlich und gründete das Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren. Im ILEK lernen und forschen Ingenieur:innen und Architekt:innen gemeinsam. Mit seinem Aktivhaus R128 in Stuttgart setzte er nun auch Maßstäbe in Sachen Energieeffizienz und Ressourcenschonung. Für die 2007 von Werner Sobek mitgegründete Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen war er in den wichtigen Anfangsjahren von 2008 bis 2010 als deren Präsident tätig. Auch wenn er danach mit dem Gradientenbeton und dem Sonderforschungsbereich Adaptive Hüllen und Strukturen durchaus weiterhin als klassischer Bauingenieur tätig war, wird er von nun an eher als Pionier und Mahner für das nachhaltige Bauen wahrgenommen. So entwickelte er mit dem ILEK 2012 das vollständig rezyklierbare Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität F87 für das Bundesbauministerium oder veröffentlichte 2022 mit Ausgehen muss man von dem, was ist den viel beachteten ersten Band der Triologie non nobis – über das Bauen in der Zukunft.

Zum 70. Geburtstag des Multidisziplinärs haben Bernhard Hauke und Burkhard Talebitari mit einer Vielzahl von ganz unterschiedlichen Menschen einen ebenso vielschichtigen Multilog mit Werner Sobek organisiert, bei dem sich doch vieles um ein Thema dreht: nachhaltig Bauen.



Quelle: Paati Tolvanen, Helsinki

Werner Sobek in seinem Stuttgarter Wohnhaus R 128

Material, Konstruktion & Leichtbau

Prof. Steffen Marx, TU Dresden, Institut für Massivbau, DB-Stiftungslehrstuhl

Schon heute könnten wir im Bauen 50 % der bisher jährlich verbauten natürlichen Ressourcen und damit auch 50 % des emittierten CO₂ einsparen. Wir müssten es nur ernsthaft tun!

Werner Sobek: Richtig! Bei der Beantwortung der Frage, warum dies nicht in dem Umfang geschieht, in dem es geschehen könnte, sehe ich zwei Ebenen. Erstens: Es gibt eine offensichtliche, eine moralische, aber keine gesetzliche Forderung zum Einsparen von Baustoffen. Dass ein moralischer Imperativ bei vielen nicht zieht, ist ein Kernproblem unserer Gesellschaft. Also rufen alle nach Verboten, Geboten oder finanziellen Anreizsystemen. Das aber erhöht die Regelungsdichte noch mehr, macht alles noch komplizierter. Ich denke, wir müssen die Baustoffe zumindest vorübergehend höher besteuern. Leider. Aber nur dann wird automatisch mit weniger Material gebaut und weniger Abfall produziert. Die steuerlichen Mehreinnahmen müssen vom Staat zum Aufbau eines bundesweiten Recyclingsystems verwendet werden. Um das Bauen nicht noch teurer zu machen als es ist, kann man gleichzeitig andere baurelevante Steuern senken. Zweitens: Mit weniger Material zu bauen, bedeutet sorgfältigere Berechnungen, sei es in Bezug auf das Tragwerk, die Auslegung der haustechnischen Anlagen u.a. Das bedeutet mehr Arbeit. Und natürlich bedeutet das Arbeiten an den Grenzen des Machbaren auch mehr Verantwortung für die Planenden. Ähnliches gilt für die Baustellen: Je weniger Material eingesetzt wird, desto höher die erforderliche Sorgfalt bei der Verarbeitung. Nehmen wir den von mir entwickelten Gradientenbeton. Mit ihm sparen wir bei einem Bauteil bis zu 40 % an Material und Emissionen ein. Die erste Frage, die gestellt wird, ist aber stets die nach Mehrkosten aufgrund der höheren erforderlichen Sorgfalt bei der Arbeit. So kommen wir nicht weiter. Wir müssen zu einem einfachen Bauen zurück, dem *Gebäudetyp E*, bei dem die Planer, insbesondere die Ingenieure und Ingenieurinnen ebenso wie die Ausführenden zeigen, was sie können, und bei dem sie für ihr Können anerkannt und für ihre Mehrarbeit vernünftig bezahlt werden.

Prof. Norbert Gebbeken, Präsident Bayerische Ingenieurekammer-Bau

Nachhaltigkeit ist ein globales Thema, wird in der Bauwirtschaft aber sehr regional gedacht. Meines Wissens ist nicht bekannt, welche Rohstoffe zum Bauen wo auf der Welt in den kommenden 20 Jahren benötigt werden und wo sie vorhanden sind. Was ist Ihre Einschätzung dazu?

W. S.: Mit Ihrer Vermutung liegen Sie richtig. Es ist tatsächlich nur bruchstückhaft bekannt, welche Baustoffe in den kommenden 20 Jahren wo auf der Welt benötigt werden – und noch weniger, wo sie vorhanden sind. In Band 1 und Band 2 meiner Trilogie *non nobis* habe ich deshalb versucht, dieses Thema aufzuhellen und erste Antworten zu geben. Meine entsprechenden Recherchen waren mühsam und zeitaufwendig, nicht nur, weil es so viele unterschiedliche Bezugsgrößen, Maßeinheiten und Betrachtungshorizonte gibt. Man gewinnt fast den Eindruck, dass niemand der Verantwortlichen aus Politik, Industrie und Wissenschaft wirklich wissen will, wie sich der weltweite Baustoffbedarf entwickeln wird und wie (bzw. ob) er gedeckt werden kann. Umso wichtiger ist es, dass sich alle mit der Materie befassten Experten Gedanken über diese Fragen machen – und ihre Erkenntnisse klar und allgemein verständlich an die Öffentlichkeit kommunizieren. Mit meinen Vorträgen und Büchern versuche ich, einen Beitrag hierzu zu leisten.

Bauen wird zukünftig hauptsächlich im globalen Süden stattfinden. Grob die Hälfte aller verbauten Baustoffe befindet sich im globalen Norden mit seinen 1,4 Mrd. Menschen, die zweite Hälfte gehört den anderen 6,6 Mrd. Menschen. Allein der „Nachholbedarf“ des globalen Südens umfasst ein Bauvolumen, das dem Doppelten der heute gebauten Welt entspricht. Hinzu kommt ein Bevölkerungszuwachs bis 2050 von ca. 2 Mrd. Menschen, also mehr, als der heutige globale Norden umfasst. Und schließlich das Bauen für diejenigen, die ihre Heimat aus klimatischen oder anderen Gründen verlassen werden. Je nach Szenario sprechen wir hier von 100 Mio. bis zu mehr als 1 Mrd. Menschen. Bis 2050. Ich glaube nicht, dass wir zur Befriedigung dieser Nachfrage in den bis dahin verbleibenden 27 Jahren die industrielle Produktion der Standardbaustoffe Beton, Holz, Stahl, Ziegel und Glas in der erforderlichen Menge erhöhen, geschweige denn komplett auf Emissionsfreiheit umbauen können. Neben einer drastischen Reduktion der Nutzflächen werden viel mehr Erdbaustoffe wie Lehm und Naturstein in Kombination mit Holz und Bambus



Quelle: Institut für Massivbau

Prof. Steffen Marx, TU Dresden

Prof. Steffen Marx hat Bauingenieurwesen an der BU Weimar studiert und dort promoviert, war in verschiedenen Ingenieurbüros tätig und gründete 2011 Marx Krontal Partner. Im gleichen Jahr wurde er Professor für Massivbau an der LU Hannover und wechselte 2020 auf die DB-Stiftungsprofessur Ingenieurbau an der TU Dresden.



Quelle: Tobias Hase

Prof. Norbert Gebbeken, Präsident der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau

Prof. Norbert Gebbeken ist Statiker mit Schwerpunkt baulicher Bevölkerungsschutz. Er ist Gründer des Forschungszentrums RISK – Risiko, Infrastruktur, Sicherheit und Konflikt und Präsident der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau. 2021 initiierte er Sustainable Bavaria zur beschleunigten digitalen und ökologischen Transformation der Bauwirtschaft in Bayern.



Quelle: Wienerberger

Karina Breitwieser, TU Wien

Karina Breitwieser hat Bauingenieurwesen an der TU Wien und am Imperial College London studiert, war nach Stationen als Tragwerksplanerin in Projektleitung und Management bei Waagner-Biro weltweit tätig und betreut heute am Institut für Baubetrieb & Bauwirtschaft der TU Wien Forschungsk Kooperationen. Schwerpunkte sind Digitalisierung und Kollaboration.



Quelle: TU Dresden/Michael Kretzschmar

Laura Oberender, TU Dresden

Laura Oberender studiert Bauingenieurwesen an der TU Dresden mit dem Fokus Nachhaltiges Bauen. Sie ist Gründerin der Hochschulgruppe Nachhaltigkeits-AG Bauingenieurwesen und arbeitet am Institut für Baukonstruktion, wo sie für Vorlesungen zum Thema Nachhaltige Konstruktionen verantwortlich ist. Dafür wurde sie mit dem Lehrpreis 2022 ausgezeichnet.

(wo er wächst) sowie Beton, Stahl und Glas in deutlich reduzierten Anteilen zum Einsatz kommen. Rezyklate werden nur in den Ländern des globalen Nordens eine Rolle spielen, denn in den Ländern des globalen Südens gibt es nicht viel zu rezyklieren. Hier spricht man von Zuwachs! Eine gebaute Umwelt, die weitestgehend ohne Primärbaustoffe auskommt, setzt schließlich eine Gesellschaft ohne baulichen Zuwachs voraus. Und zuletzt: Die Baustoffpaletten müssen regionaler werden, um transportbedingte Emissionen zu reduzieren bzw. ganz zu vermeiden.

In summa gesehen: Ihre Frage berührt ein Problem von ungeheurem Ausmaß, an dem bisher viel zu wenig gearbeitet und über das bislang viel zu wenig gesprochen wurde.

Karina Breitwieser, TU Wien

Als Optimist darf man davon ausgehen, dass es in einer (hoffentlich nicht allzu fernen) Zukunft gelingt, für die wichtigsten Baustoffe Herstelltechnologien so zu optimieren, dass klimaschädliche Emissionen vermieden werden. Damit würden für Baumaterialien Aspekte wie Verfügbarkeit, Langlebigkeit oder Recyclingfähigkeit in den Vordergrund rücken. Was wären dann geeignete Materialien für den mehrgeschossigen Wohnungsbau? Wie könnten optimale Konstruktionen ausschauen bzw. worauf muss geachtet werden?

W. S.: Ich bin ähnlich optimistisch wie Sie, was die Entwicklung von Technologien betrifft, mit denen wir unsere Baustoffe klimaneutral herstellen können. Wir werden das schaffen. Wir wissen aber auch, dass dies alles ein Rennen gegen die Zeit ist. Wenn wir nicht schnell genug sind, dann werden wir auch die 2-Grad-Marke der Erderwärmung reißen. Zusätzlich, und das macht mir große Sorgen, müssen diese Technologien auf einen weltweiten Maßstab ausgebracht werden, denn das Gros des Bauens wird zukünftig im globalen Süden stattfinden. Auch dies muss in sehr kurzer Zeit, in einem knappen Jahrzehnt, geschehen. Dies erfordert eine gemeinsame Anstrengung der Weltbevölkerung. Und hierin liegt das Problem. Die hochgerüsteten Nationen unserer Welt konzentrieren sich derzeit lieber auf Handels- und Finanzkriege ebenso wie auf tatsächlich geführte Kriege, häufig genug über Stellvertreter. So aber lösen wir das Klimaproblem nicht. Die Zeit läuft uns weg.

Neben der Klimaneutralität rückt die Verfügbarkeit von Baustoffen immer mehr in den Vordergrund. Wenn wir lange Transportwege wegen der damit verbundenen Emissionen ausschließen wollen, dann wird das Bauen zunehmend ein Bauen mit regional vorhandenen Baustoffen sein. Die Gewichtungen auf der Baustoffpalette werden sich dabei verändern. Holz wird wichtiger werden, Lehm, Naturstein und insbesondere Rezyklate werden neu hinzukommen. Die sparsame Verwendung von Baustoffen wird zurückkehren, recyclinggerechtes Bauen wird Standard werden.

Laura Oberender, TU Dresden

Dass der Bausektor einen großen Beitrag zum Klimawandel leistet, ist mittlerweile kein Geheimnis mehr. Vorträge, Dokumentationen und Diskussionsrunden tauschen sich zu dieser Problematik aus und überlegen, wie sich Nachhaltigkeit besser in die Baubranche integrieren lässt. Doch fehlt immer wieder das Thema der Aus- und Weiterbildung. Aber ist nicht genau das die Wurzel, an der angesetzt werden muss, um langfristig Klimaneutralität zu erreichen? Wie soll eine Transformation gelingen, wenn es nur vereinzelt Planende gibt, die sich damit auskennen? Im Studium des Bauingenieurwesens spielen Themen des nachhaltigen Planens und Bauens eine Nebenrolle. Mittelpunkt ist der klassische Stahlbetonbau und weniger das interdisziplinäre, ressourceneffiziente und emissionsarme Bauen, womit es erschwert wird, Veränderungen zu erreichen, die im universitären Kontext keine Relevanz haben. Was braucht es in den Ausbildungsstätten, um eine Transformation möglich zu machen?

W. S.: Völlig richtig – die große Transformation kann nur gelingen, wenn sich auch unsere Ausbildung ändert. Bedauerlicherweise hängen hier viele Bauingenieur fakultäten hinterher. An dem von mir gegründeten Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) in Stuttgart lehren wir deshalb seit fast 30 Jahren Studierenden der Architektur und des Bauingenieurwesens gemeinsam (!), worum es wirklich geht. Die Studierenden lernen bei uns eine generalisierte Betrachtungsweise, in der Knicken im Holzbau nicht etwas anderes als Knicken im Stahlbau ist. Sie lernen das Bauen mit Lehm oder Titan, sie lernen das leicht Bauen, das recyclinggerechte, das emissionsarme Bauen und vieles, vieles mehr. Wie das Bauen für blinde oder taube Menschen. Und sie lernen, ihr Tun und Handeln vorzutragen und zu begründen. Wir bieten zudem eine umfassende Vorlesung

mit dem Titel *Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten für Studierende*. Bei vielen Seminaren, Entwürfen und Vorlesungen binden wir zudem Kollegen und Kolleginnen wie auch Studierende aus anderen Disziplinen ein. Gemeinsame Entwürfe über das Bauen auf dem Mond, das Habitat minimaler Größe, das Leben in Raumstationen, Kooperationen mit dem Lehrstuhl für textiles Gestalten der Akademie der Künste oder auch gemeinsame Entwurfsklassen mit Harvard, wo ich zeitweise lehrte, weiten den Blick zusätzlich. Wir qualifizieren die Studierenden also zu mehr als zu einem Beherrschen inhaltlich eng beschränkter Einzelfächer. Ein interdisziplinäres, wissenschaftlich gut basiertes Studium, in dem die Studierenden eine Qualifikation zum Verstehen des Gesamten erlangen sowie eine Sprach- und Sprechkompetenz – das ist unser Ziel. Angesichts der enormen Erfolge, die wir bei unserer Ausbildung erzielt haben, denke ich, ich kann diese Art der akademischen Ausbildung auch anderen Hochschulen empfehlen.

Kassem Taher Saleh, MdB

Werner Sobek hat das nachhaltige Bauen maßgeblich geprägt. Sein Schaffen brachte Vorzeigeprojekte hervor, die zugleich innovativ und nachhaltig sind. Seine Neubauprojekte tragen einer ressourcenschonenden, energieeffizienten und kreislaufgerechten Planung Rechnung. Doch Neubau hat auch ökologische Nachteile, er versiegelt Flächen und verbraucht große Mengen an Ressourcen. Welche Rolle spielt zukünftig das Bauen im Bestand?

W. S.: Das Bauen im Bestand wird zukünftig eine große Rolle spielen. Bei uns in Europa. Durch eine möglichst lange Nutzung unseres Gebäudebestands reduzieren wir unseren Ressourcenverbrauch und die damit zusammenhängenden grauen Emissionen. Das Bewusstsein hierfür ist vielerorts entstanden, der Markt schwenkt langsam in diese Richtung um. Gleichzeitig dürfen wir nicht vergessen, dass Klimawandel und Ressourcenschwund globale Probleme sind. Selbst wenn wir in Deutschland jegliche Bautätigkeit einstellen könnten – das Gleiche von den Menschen in Afrika oder Asien zu verlangen, würde von diesen sicher nur als höhnisch empfunden werden. Zur Erläuterung: Knapp die Hälfte aller bisher verbauten Baustoffe findet sich im globalen Norden wieder, der durch ca. 1,4 Mrd. Menschen gebildet wird. Die im globalen Süden lebenden ca. 6,6 Mrd. Menschen müssen sich mit der anderen Hälfte bescheiden, oft genug ohne eine menschenwürdige Behausung oder ausreichende Ver- und Entsorgungssysteme. Der hieraus resultierende bauliche Nachholbedarf wird, zusammen mit der Schaffung einer gebauten Heimat für die bis 2050 zu unserer Weltgemeinschaft zusätzlich hinzukommenden 2 Mrd. Menschen sowie den zu erwartenden Migrantenströmen, eine gigantische Nachfrage nach Baustoffen erzeugen. Können wir diesen Wunsch nach einer Annäherung an unsere eigenen Lebensumstände unterdrücken? Sicher nicht, wir haben das Glück im Konsum ja lange genug als ultimatives Lebensziel verkündet. Müssen wir uns damit auseinandersetzen und global anwendbare Methoden und Technologien entwickeln, die eine nachhaltige Gestaltung unserer Umwelt für kommende Generationen ermöglicht? Ja, davon bin ich fest überzeugt.

Architektur & Stadtplanung

Susanne Wartzeck, BDA-Präsidentin

Der BDA hat schon vor vier Jahren in einem viel beachteten Positionspapier dem Erhalt des Bestehenden Priorität vor leichtfertigem Abriss und Neubau zugesprochen. Was manche zunächst als geschäftsschädigende Utopie empfunden haben mögen, ist innerhalb kurzer Zeit zum Allgemeingut in der Fachdiskussion geworden. Bauen im und mit dem Bestand ist das zentrale Thema für künftige Stadtentwicklung, wenn wir die Ziele der CO₂-Reduzierung bei Herstellung und Betrieb unserer Gebäude ernst nehmen.

W. S.: Bauen im und mit dem Bestand ist ein wichtiges Thema. Der BDA hat wichtige und starke Impulse gegeben, damit das Bauschaffen bei uns in diese Richtung dreht. Mittlerweile nimmt das Bauen im Bestand zu, interessante Bauwerke wie das von uns mitgeplante Projekt *The Q* in Nürnberg zeigen, wie bspw. ehemalige Logistikgebäude erfolgreich in lebenswerte Stadtquartiere umgewandelt werden können. Es gibt noch viele andere gute Projekte, die hier benannt werden könnten. Wir dürfen bei alledem aber nicht vergessen, dass das Bauen im und mit dem Bestand nur in Ländern mit einer stagnierenden oder gar schrumpfenden Bevölkerung wie in Deutschland eine, wahrscheinlich sogar die primäre Option ist. In anderen Gegenden der Welt gibt es aber, bezogen auf die Zahl der dort lebenden Menschen, kaum baulichen Bestand, den man umnutzen kann. Und wir müssen



Quelle: Kassem Taher Saleh/Stefan Kaminski

Kassem Taher Saleh, MdB

Kassem Taher Saleh hat Bauingenieurwesen an der TU Dresden studiert, war als Bauleiter tätig und ist seit 2021 Dresdner Abgeordneter des 20. Deutschen Bundestags für Bündnis 90/Die Grünen. Als Obmann im Bauausschuss ist er für alles rund um nachhaltiges Bauen, Gebäudeenergie, Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft zuständig.



Quelle: Klaus Harfmann

Susanne Wartzeck, BDA-Präsidentin

Susanne Wartzeck ist Architektin und seit 2019 Präsidentin des Bundes Deutscher Architektinnen und Architekten BDA. Nach einer Tischlerlehre studierte sie Innenarchitektur und Möbeldesign in Nürnberg sowie Architektur, Stadt- und Landschaftsplanung an der Universität Kassel. 1995 erfolgte die Gründung des Büros Sturm und Wartzeck in Dipperz.



Quelle: AS+P Albert Speer + Partner GmbH,
Foto: BECKER LACOUR

Axel Bienhaus, Architekt AIV
Geschäftsführender Partner AS+P

10 Axel Bienhaus ist geschäftsführender Partner bei AS+P Albert Speer + Partner und verantwortlich für zahlreiche Architekturprojekte im In- und Ausland. Sein Architekturstudium absolvierte er an der Universität Kaiserslautern. Er ist zudem ehrenamtlicher Vorstand des AIV Architekten- und Ingenieurvereins Frankfurt.



Quelle: DGNB

Thomas Kraubitz, Buro Happold

Thomas Kraubitz hat Architektur und Städtebau an der Harvard University studiert und war als Architekt für Stefan Behnisch, Jan Gehl und Ken Yeang tätig. Er verantwortet als Direktor bei Buro Happold die Bereiche Stadt, Nachhaltigkeit und Klima in Europa. Er ist Mitinitiator und Präsidiumsmitglied der DGNB und in den BDA berufen.

in den kommenden Jahrzehnten für 2 Mrd. Menschen, die zur jetzigen Weltbevölkerung hinzukommen, eine neue gebaute Umwelt schaffen. Und viele der Menschen in Afrika, Asien und Südamerika, die hart für mehr Wohlstand arbeiten, wollen zumindest ansatzweise die Qualität und die Quantität an Wohngebäuden, Schulen, Infrastrukturbauten etc. haben, wie wir sie für uns als selbstverständlich voraussetzen. Und wie wir sie als weltweit gültige Zielsetzungen jahrelang propagiert haben. Mit welcher Berechtigung wollten wir diesen Menschen untersagen, so zu bauen, wie wir es immer noch tun? Der einzige Ausweg aus diesem Dilemma besteht darin, unsere Fehler zuzugeben, die Zielsetzungen für das Schaffen gebauter Heimat zu ändern und gemeinsam nach Lösungen zu suchen. Ohne Belehrungskomponente, wie dies unsere Außenpolitik derzeit so gern tut. Denn belehrt werden darüber, wie man im Einklang mit der Natur lebt, müssten eigentlich wir.

Axel Bienhaus, geschäftsführender Partner AS+P

Ressourcenschonung im Bau und Betrieb von Gebäuden ist das Gebot der Stunde und schon seit Jahren eine Priorität in Ihrer wie unserer eigenen Arbeit. Die Förderung einer Kreislaufwirtschaft auch im Baugewerbe ist hierzu ein Schlüssel und diese beginnt mit der intensiveren Nutzung des Bestands. Wie sehen Sie die Auswirkungen dieser Entwicklung auf die Gestalt unserer Städte und die Baukultur?

W. S.: Eine intensivere Nutzung des Bestands führt zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit der architektonischen Qualität des Bestehenden. Ich denke, wenn man mit dem zur Verfügung Stehenden auskommen muss, wenn nur ganz bestimmte Veränderungen möglich sind, dann schaut man sich das Bestehende intensiver, genauer an, sucht seine Qualitäten, seine Schönheiten – und sucht Chancen in der Verbesserung des Kleinen anstatt im Totalersatz. Für unsere Baukultur kann dies alles nur vorteilhaft sein. Für die Gestaltung unserer Gebäude, unserer Städte sehe ich dann zusätzliche große Chancen, wenn die Adaption, die Überarbeitung des Bestehenden mit einem teilweisen Ersatz von Bauteilen einhergeht und wenn dieser Ersatz aus Rezyklaten besteht. Diese bringen neue Formate, neue Oberflächen, neue Farben und vieles andere mehr mit sich. Die dadurch mögliche Ästhetik, die aus dem Wieder-neu-Gewordenen entspringt, müssen wir aber erst noch entwickeln. Es darf keine Trash-Ästhetik sein, das wäre zu vordergründig, zu trivial. Ich bin davon überzeugt: Die Ästhetik des Wieder-neu-Gewordenen birgt Chancen für die Baukunst, viel mehr, als es das Verstellen unserer Städte mit Repliken ehemals wichtiger, irgendwann abgerissener oder zerstörter Bauwerke tut.

Letztlich, technisch: Die intensivere Nutzung des Bestands wird auch die Erkenntnis verstärken, dass alle unsere Gebäude so konstruiert und gebaut sein müssen, dass wir sämtliche Bestandteile am Ende ihres Nutzungszeitraums in biologische oder technische Kreisläufe zurückführen können.

Thomas Kraubitz, Buro Happold

Die Stadtform ist oftmals träge geworden und muss auf die Laufstrecke der Nachhaltigkeit. Wie bekommen wir Ballungszentren zum Abspecken, Verzicht aufs Rauchen und einem gesünderen, CO₂- und H₂O-armen Lebensstil?

W. S.: Eine zumindest für mich schwierig zu beantwortende Frage, auch, weil ich kein Stadtplaner bin. Meine vielfältigen Beobachtungen sagen mir, dass wir den Trend hin zum Leben in der Metropole, in riesigen Agglomerationen von Städten umkehren müssen. Mit dem von mir erwarteten Rückgang der Weltbevölkerung ab 2050 wird das vielleicht einfacher werden, auch, weil die Gründe für eine Flucht in die Städte weniger werden. Heute aber ist meine Forderung eine Forderung gegen den Trend.

Wir müssen diese das menschliche Maß sprengenden Städte lebenswert machen, sie entgasen, entgiften, ent-lärmen, ent-müllen. Wir müssen ihre Herzfrequenz auf ein menschliches Maß reduzieren, ihre mediale Überflutung zurückfahren u. v. m. Letztlich geht es auch um die Aufteilung der großen Agglomeration in viele kleinere Städte, die allesamt eine urbane Qualität auf hohem Nachhaltigkeitsniveau und mit hoher Lebensqualität im Sinn eines angemessenen und würdigen Lebens haben.

Reiner Nagel, Vorsitzender Bundesstiftung Baukultur

Less is more könnte auch Werner Sobeks Gestaltungsmaxime für das Schlichte und Schöne sein. Seine Ingenieurbaukunst können wir aber umgekehrt mit more brings less beschreiben. Mehr Ingenieurwissen schafft leichte und emotional berührende Konstruktionen und Bau-

werke. Mit seiner Trilogie *non nobis* – über das Bauen in der Zukunft legt er jetzt sein großes Wissen und seine Empathie für die Baukultur auf den Tisch. Ausgehen muss man von dem, was ist ist der Titel des ersten Bands. Eine durchgedachte Bestandsaufnahme, Klimabilanz und Analyse der Zukunftsfähigkeit unserer Baustoffe. Gespannt dürfen wir auf die beiden nächsten Bände sein. Lieber Werner Sobek, wie wird es weitergehen? Werden wir Mittel und Wege finden, die Bauaufgaben der Zukunft klimaverträglich zu lösen und wie wird das aussehen?

W. S.: Wenn uns die große Transformation nicht gelingt, steuern wir nicht nur aufgrund der dann unvermeidlichen Klimakrise auf ein planetares Desaster zu. Millionen von Menschen werden dann verhungern und verdursten, viele weitere Millionen werden versuchen, dem Elend durch Migration in andere Weltgegenden zu entkommen. Verteilungskämpfe um Ressourcen werden deutlich zunehmen. Diese Aussicht ist erschreckend – umso größer ist mein eigener Wunsch, einen positiven Beitrag zu einer anderen, besseren Entwicklung zu leisten. Wir stehen vor einer Vielzahl von Problemen, die in dieser Größe und Komplexität noch nie dagewesen sind. Probleme, bei deren Lösung unseren beiden Berufsgruppen – den Architekten und den Ingenieuren – eine, wenn nicht die entscheidende Rolle zufällt. Wer, wenn nicht wir, hat die notwendige interdisziplinär basierte Planungskompetenz zur Lösung eines großen Teils der Probleme? Ich kenne keine andere Berufsgruppe, die das kann. Also müssen wir vorangehen.

Es ist offensichtlich, dass die genannten Probleme nicht mit den bisher bekannten Werkzeugen und Methoden, insbesondere aber nicht unter den bisherigen Rahmenbedingungen und Zielsetzungen zu lösen sein werden. Die Antwort auf die Frage nach dem *Wie weiter?*, die Antwort auf die Frage nach dem *Wo wollen wir hin?* muss sich natürlich auch an technischen und ökonomischen Überlegungen und Notwendigkeiten orientieren. Da sie aber in ihrer Umsetzung zu teilweise drastischen Veränderungen im Leben nahezu aller führen wird, kann sie in ihrem Kern nur eine gesamtgesellschaftliche Diskussion und Neuorientierung sein. Die Berufsgruppe der Architekten, der Landschaftsplaner, der Stadtplaner muss diese gesamtgesellschaftliche Neuorientierung beflügeln, den Diskurs entfachen, sie muss aufklären, sie muss auf die Straßen gehen! Und sie muss dabei die gerne in der zweiten Reihe stehenden Ingenieure mitnehmen, denn ohne diese sind die Probleme zwar adressierbar, aber nicht lösbar.

Die technischen Teile baulicher Lösungen werden wir irgendwie lösen. Natürlich mit signifikanten Einschränkungen in Komfort und Sicherheit. Was mir viel mehr Sorgen macht, sind die vielfältigen Asymmetrien in den Bevölkerungen. Extremer Reichtum und massenweise Armut, oftmals knapp vor dem Hungertod stehend. Massenweise Flucht. Komplette überalterte Gesellschaften ohne eine Jugend, welche die Finanzierung der Alten oder deren Pflege übernimmt. Oder Gesellschaften, die nahezu nur aus Jugendlichen bestehen und in denen ältere Erfahrungs- und Wissensträger nicht in hinreichender Zahl vorhanden sind. Diese und ähnliche Probleme haben das Potenzial, die labile Stabilität unserer Weltgesellschaft zum Kippen zu bringen.

Dr. Barbara Hendricks, Bundesministerin a. D., IBU-Präsidentin

Wie gelingt es uns, Solar- und Windenergie mit dem Denkmalschutz in Übereinstimmung zu bringen?

W. S.: Ich votiere dafür, denkmalgeschützte Gebäude prinzipiell nicht mit PV-Anlagen oder Anlagen zur Gewinnung von Energie aus Wind auszustatten. Warum? Wir würden diesen Gebäuden damit einen erheblichen Teil dessen nehmen, weswegen wir sie zu Denkmälern erhoben haben.

Nach meinem Dafürhalten ist es nicht erforderlich, jedes einzelne Gebäude mit PV- oder Windkraftanlagen auszustatten. Die Summe aller Dach- und Fassadenflächen unserer Gebäude ist zu klein, um den Bedarf der Gebäude zu decken. Wir müssen deshalb das Prinzip einer Systemgrenze um jedes einzelne Gebäude herum aufheben zugunsten einer Systemgrenze um Gebäudeagglomerationen, also um Quartiere, Stadtviertel, ganze Städte oder Regionen. Diese neuen Einheiten müssen innerhalb ihrer Systemgrenzen die gesamtgesellschaftliche Forderung nach Emissionsfreiheit im Betrieb und nach einer sehr limitierten Zufuhr an Elektrizität von außen erfüllen. Die limitierte Stromzufuhr von außen spiegelt die Tatsache wider, dass wir vorerst nicht in der Lage sein werden, den gesamten Strombedarf (und unsere Zukunft sind elektrische Häuser und Städte) von außen, also bspw. aus Strom-auf-See, zu decken. Es handelt sich hierbei also nicht um ein



Quelle: Bundesstiftung Baukultur

Reiner Nagel, Vorsitzender Bundesstiftung Baukultur

Reiner Nagel ist Architekt und Städtebauer. Er war seit 1998 als Gründungsmitglied in der Geschäftsleitung der HafenCity Hamburg GmbH tätig, ab 2005 Leiter der Stadtentwicklung, Stadt- und Freiraumplanung Berlins und ist seit 2013 Vorstandsvorsitzender der Bundesstiftung Baukultur in Potsdam.



Quelle: Inga Haar

Dr. Barbara Hendricks, Bundesministerin a. D., IBU-Präsidentin

Dr. Barbara Hendricks ist seit 1972 Mitglied der SPD und war von 1994 bis 2021 Mitglied des Deutschen Bundestags. Die promovierte Historikerin war von 1998 bis 2007 Staatssekretärin im Finanzministerium und von 2013 bis 2018 Umwelt- und Bauministerin. Beim Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) ist sie seit 2019 ehrenamtliche Präsidentin.



Quelle: Anne Marx

Nora Giuliana Iannone, Architektin

Nora Giuliana Iannone hat Architektur an der Bauhaus-Universität Weimar mit dem Schwerpunkt Bestandserhalt und zirkuläre Transformationen studiert. In ihrer Abschlussarbeit *Materialgeschichten* zusammen mit Marie Heyer wird gebrauchten Materialien ihr Wert zurückgegeben.

Preis-, sondern um ein Verfügbarkeitsproblem. Die Erzeugung von Strom und Wärme innerhalb der neuen, jetzt erweiterten Systemgrenzen muss neben den Dach- und Fassadenflächen nicht denkmalgeschützter Häuser auch auf Industriegebäuden und Einrichtungen der Infrastruktur, also entlang von Straßen und Bahntrassen, ggf. komplettiert durch Agri-PV erfolgen. Die neuen Einheiten als jeweils Ganzes erfüllen die Forderung nach weitestgehender elektrischer und wärmetechnischer Autarkie. Bei den Gebäuden innerhalb dieser Einheiten kommt das Prinzip der Schwesterlichkeit, das wir schon 2014 mit unserem Experimentalgebäude B10 in der Stuttgarter Weißenhof-Siedlung eingeführt haben, zur Anwendung. Mit diesem Experiment konnten wir zeigen, dass alte und/oder denkmalgeschützte und neue Häuser zusammen betrachtet werden können und müssen, denn: Nicht alle Gebäude können die gesamtgesellschaftlichen Vorgaben nach Energieeffizienz und Energieproduktion gleichermaßen erfüllen. Manche sind dafür besser geeignet, z.B. weil sie stärker in der Sonne stehen und so mehr Energie gewinnen können. Andere sollte man so stehen lassen, wie sie sind. Wichtig ist, die Gebäude zum Teil eines vernetzten Energiemanagements im Quartier oder einer Stadt werden zu lassen, nach dem Motto: Wir lösen das Energieproblem und das Emissionsproblem gemeinsam – und nicht jeder für sich.

Nora Giuliana Iannone, Architektin

Wie können wir hinsichtlich der aktuellen Rohstoffverknappung ab sofort und nachhaltig mit weniger Material für mehr Menschen bauen? Welche politischen Stellschrauben und Verantwortungspositionen müssten sich ändern und wie kann jede und jeder von uns mitwirken? Und wie können wir Bauprozesse durch kollektiven Wissensaustausch langfristig besser machen?

W. S.: Den Baustoffkonsum einzudämmen bedeutet zunächst, die Notwendigkeit einer Baumaßnahme strenger zu hinterfragen. Danach ist zu klären, ob man diesen baulichen Bedarf durch Umnutzung oder durch Umbau befriedigen kann oder ob ein Neubau erforderlich ist. Bei Umbau- wie Neubaumaßnahmen gilt es, auf der Betrachtungsebene der tragenden Bauteile, also vom Primärtragwerk bis hin zum Geländer auf der Dachterrasse, Leichtbau umzusetzen. Leichtbau entsteht, wenn bestehende Konstruktionsprinzipien beibehalten, die Bauteile jedoch besser ausdimensioniert werden oder wenn neue Konstruktionsprinzipien wie der Gradientenbeton umgesetzt werden. Auf der Betrachtungsebene der Werkstoffe gilt es, den Umstieg von der derzeit nahezu ausschließlichen Verwendung von Primärbaustoffen hin zu einer Kombination von Primär- und Sekundärbaustoffen, also Rezyklaten durchzusetzen. Die Zusammensetzung der Baustoffpalette wird sich verändern. Neue Baustoffe wie Lehm oder Naturstein oder die unterschiedlichen Rezyklate werden hinzukommen. Und die Gewichtung der einzelnen Baustoffe auf der Palette wird sich ändern. Holz, Lehm und Rezyklate werden wichtiger werden, andere werden zurücktreten.

Ein wesentlicher Punkt, der bei der Diskussion der Rohstoffverknappung oft außer Acht gelassen wird, ist die Absenkung von Standards. Im Straßenbau oder beim Bau von Bahntrassen kann man enorme Mengen an Erdbewegungen, Tunneln und Brücken (und damit Energie und transportbedingten Emissionen) einsparen, wenn man die Entwurfsgeschwindigkeit absenkt. Im Hochbau müssen wir, neben anderen, insbesondere den Schall- oder Sicherheitsstandard nicht mehr leisten kann, sei es finanziell oder im Sinn der Verfügbarkeit von Ressourcen, dann können wir diesen Standard auch nicht einfordern. Also: Nicht fordern, was möglich ist, sondern umsetzen, was angesichts der Gesamtumstände angemessen ist.

Nur durch kollektiven Wissensaustausch können wir unsere Art zu bauen verbessern. Die Bereitschaft, über Disziplinen- und Gewerkegrenzen hinweg zu denken und zu handeln, ist zentrale Voraussetzung für das Gelingen der großen Transformation, vor der wir alle stehen. Denn: Jede und jeder von uns kann nicht nur mitwirken, sondern muss es tun. Die Verantwortung für den Wandel liegt nicht bei anderen, sondern bei uns selbst. Wir haben schon viel Wissen darüber, wie wir mit weniger Material für mehr Menschen emissionsfrei bauen können (der Leichtbau hat nicht nur in Stuttgart eine sehr lange Tradition) – dieses Wissen aber auch tatsächlich zeitnah anwenden zu können, erfordert mehr als nur ein Umdenken bei den Planenden. Es erfordert eine andere Art des Umgangs aller miteinander und mit der Natur.

Klimawandel, Bauwende & Innovation

Dr. Christine Lemaitre, geschäftsführende Vorständin DGNB

Die Themen des nachhaltigen Bauens sind so aktuell wie nie. Es scheint bei vielen Akteuren aber doch eher um das aufklärerische Senden zu gehen als um die kritische Reflektion des eigenen beruflichen Handelns und Wirkens. Was müssen Planungsbüros heute tun, um glaubhaft zu sein und ihren aktiven Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen, zum Schutz der Ressourcen und dem Erhalt bzw. der Regeneration der Biodiversität zu leisten?

W. S.: Ich glaube nicht, dass es irgendjemandem zusteht, vielen der um Fortschritte im nachhaltigen Bauen bemühten Akteure pauschal zu unterstellen, dass sie ihr eigenes Handeln und Wirken nicht kritisch reflektieren würden. Ich finde das nicht gut und ich sehe das ganz anders: Viele meiner Bekannten, Kolleginnen und Kollegen in der Politik, der Industrie, den Behörden und den Planungsbüros bis hin zu den Bauherren bemühen sich ernsthaft und ehrlich um ein Verstehen, um Lösungen, um Veränderungen. Sicherlich manchmal aus unterschiedlichen Beweggründen, aber das ist doch in Ordnung, solange alle dasselbe Ziel anstreben. Und ist es nicht auch so, dass wir bei einer ganzen Reihe von Fragen noch keine vollständig konsistenten Antworten haben? Das sind zumindest meine Wahrnehmungen.

Zur Frage: Natürlich können und müssen Planungsbüros schon heute einen aktiven Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit leisten. Sie tun dies auf zwei Ebenen: durch die Ideen, Mittel und Methoden, die sie in ihr tägliches planerisches Handeln einbringen, um das Bauschaffen nachhaltig, d.h. zukunftsfähig zu machen, und durch das, wie sie ihr eigenes Leben gestalten, also weitestgehender Verzicht auf Flugreisen, Umstieg auf ÖPNV und Elektromobilität, sorgsamer Umgang mit Essen, fleischarme Ernährung, Abfallminimierung etc. pp. Das sind viele kleine Schritte, die in der Summe einen Unterschied machen. Hinzu kommen wichtige nicht materielle Komponenten der Nachhaltigkeit, wie die voraussetzungslose Wertschätzung des anderen als eines Menschen von gleicher Würde und die Nächstenliebe. Womit wir wieder beim Anfang meiner Antwort wären.

Jens Bredehorn, vrame

Eine nachhaltige Planung und Umsetzung von Bauprojekten ist entscheidend, um die negativen Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft zu minimieren und eine lebenswerte Zukunft für kommende Generationen zu garantieren. Durch die Digitalisierung der Bauindustrie kann die Nachhaltigkeit signifikant erhöht werden, da die Effekte auf die Umwelt und die Gesellschaft frühzeitig bewertet und optimiert werden können. Die Digitalisierung bietet einzigartige Möglichkeiten, um nachhaltiges Bauen und den darauffolgenden Betrieb von Gebäuden zu optimieren. Durch den Einsatz digitaler Methoden, Technologien und Lösungen kann eine bessere Überwachung und Steuerung von Ressourcenverbrauch, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit im Betrieb erreicht werden, was letztendlich zu einer Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks beiträgt.

W. S.: Ich stimme Ihnen zu: Eine durchgehende Digitalisierung entlang der ganzen Wertschöpfungskette des Bauwesens ist Voraussetzung und zugleich Hilfsmittel für eine bessere Steuerung des Ressourcenverbrauchs und der Emissionen unserer gebauten Umwelt – über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Dies erleichtert auch die dezentrale Gewinnung, Speicherung und Verteilung von Energie aus nachhaltigen Quellen. Neben der Digitalisierung aufseiten der Planenden und Bauenden kann und sollte es aber auch eine Digitalisierung aufseiten der Nutzenden geben. Selbstlernende prädiktive Gebäudeautomationssysteme können z.B. einen wichtigen Beitrag dazu leisten, den Verbrauch von Heizenergie in Bestandsgebäuden zeitnah und drastisch zu senken – ohne dass hierfür umfangreiche Sanierungsarbeiten vorgenommen werden müssten.

Wir müssen gleichzeitig sehen, dass das Gros des zukünftigen Bauvolumens in den Ländern des globalen Südens und dort, häufig genug, im Rahmen von Selbst- und Nachbarschaftshilfe stattfinden wird. Auch hier müssen zunächst die Prinzipien des nachhaltigen Bauens verankert werden, nicht in Form von Belehrungen durch uns, sondern durch gemeinsame Entwicklung und Erkenntnis. Das wird sehr schwer werden. Ob und wann dann die Digitalisierung in das dortige Bauschaffen Einzug halten wird? Ich weiß nicht, wie schnell das gehen kann. Vielleicht schaffen wir ja auch ein Leapfrogging und damit das Überspringen bestimmter Technologiestadien.



Quelle: DGNB

Dr. Christine Lemaitre, geschäftsführende Vorständin DGNB

Dr. Christine Lemaitre hat Bauingenieurwesen an der Universität Stuttgart studiert und nach einer Station als Tragwerksplanerin in den USA am ILEK promoviert. Sie war als Projektleiterin für Bilfinger Berger tätig und ist seit 2010 geschäftsführende Vorständin der DGNB. Sie ist Co-Initiatorin von Building Sense Now, Vorstand der Wissensstiftung und der Climate Positive Europe Alliance.



Quelle: vrame

Jens Bredehorn, vrame Consult

Jens Bredehorn ist geschäftsführender Gesellschafter von vrame Consult. Nach dem M.Eng. an der Jade Hochschule Oldenburg und einer Station an der BU Wuppertal setzt er sich für die nachhaltige und digitale Transformation der Schlüsselbranchen im Kontext der Bauwirtschaft ein.



Quelle: Michel Buchmann

Martin Pauli, Arup

Martin Pauli leitet den Bereich Circular Economy bei Arup. Nach einem Master-Abschluss in Architektur an der TU Berlin hat er sich im Bereich Sustainability Leadership Management an der Universität Cambridge spezialisiert. Er ist insbesondere in der Strategie-, Innovations- und Managementberatung für Kreislaufwirtschaft sowie für zirkuläre Produkt- und Geschäftsmodellinnovation tätig.



Quelle: abstract ag

Simon Dilhas, Geschäftsführer und Gründer abstract ag

Simon Dilhas hat Architektur an der TU Graz und in Bath studiert. Heute ist er Geschäftsführer und Gründer der abstract ag, eines Software- und Beratungsunternehmens, das der Baubranche hilft, von der digitalen Transformation zu profitieren und mit peace of mind bessere Gebäude zu designen, zu simulieren und zu bauen.

Martin Pauli, Arup

Bei gleichbleibender Bauaktivität müssten wir die Gesamt-CO₂-Bilanz von Gebäuden um ca. 95 % reduzieren, um bis 2050 konsistent mit dem 1,5-Grad-Ziel zu sein – derzeit erscheint dieses Ziel unerreichbar?!

W. S.: Das 1,5-Grad-Ziel ist nicht mehr erreichbar. Selbst wenn wir hier in unserem globalen Norden sofort jedwede bauliche Aktivität einstellen würden, ist es nicht mehr erreichbar. Ich selbst gehe von mehr als 2 °C im Jahr 2050 aus. Wie wir wissen, wird die überwiegende Menge an Emissionen zukünftig in anderen Ländern entstehen, sei es aus einem Nachholbedarf der Menschen im globalen Süden heraus, sei es infolge des Zuwachses der Weltbevölkerung oder durch Migrationen. Wir benötigen also weltweite Lösungen. In Deutschland müssen wir die Emissionen durch das Bauwesen, die durch Herstellung, Betrieb und Rückbau entstehen, konsequent entlang der Vorgaben des Klimaschutzgesetzes reduzieren. Gleichzeitig müssen wir Bewusstseinsbildung und Wissen um die Fakten und Methoden exportieren, auf allen möglichen Kanälen.

Wir müssen das nicht mehr zu vermeidende Überschreiten der 1,5- bzw. der 2-Grad-Marke durch massive CO₂-Entnahme baldmöglichst zurückfahren. Nach meinem Dafürhalten geht dies derzeit nur mit massivem Aufwuchs von Wäldern und dem Anlegen von Wiesen und Feuchtgebieten. Die technischen Ansätze einer Extraktion von CO₂ aus der Atmosphäre sind zu langsam und zu teuer in ihrer Umsetzung.

Simon Dilhas, Geschäftsführer und Gründer abstract ag

Was halten Sie von der Theorie von Ken Morse, dass Innovation aus Erfindung und Kommerzialisierung besteht, und könnte es sein, dass der fehlende notwendige Wandel in der Bauindustrie seine Wurzeln darin hat, dass wir gut beim Erfinden sind, aber bei der Kommerzialisierung aufgrund der Beschaffungspraxis und der damit verbundenen Geschäftsmodelle von Planern und Bauunternehmen scheitern?

W. S.: Ich würde sagen: Innovation entsteht aus Erfindung und Umsetzung des zuvor nicht Gekannten in faktisches Tun. Ich ersetze also die bei uns häufig negativ konnotierte Kommerzialisierung durch Umsetzung, was den Lösungsraum um das nicht kommerzielle Handeln erweitert. Im Prinzip aber haben Sie Recht: Innovationen in das Bauschaffen einzubringen ist unendlich schwierig. Ein Haupthindernis ist der gesamtgesellschaftliche Trend zur Vollkaskoexistenz, also dem Streben nach totaler Absicherung gegen alles möglicherweise Nichtperfekte, mithin auch alles Menschliche. Das zweite Hindernis besteht im gesamtgesellschaftlichen Suchen nach Rechtssicherheit in allen Lebenslagen. Die beiden Trends sind verwandt. Der Letztere wird von einer geradezu kafkaesken Produktion von Gesetzen, Normen, Richtlinien u.a. beschleunigt. Das resultierende, weder verständliche noch memorierbare Gespinnst an Texten wird anschließend von vielen Vertretern der Jurisprudenz, Gutachtern, Mediatoren und anderen vorzüglich bewirtschaftet. Auf der Strecke bleibt die Innovation, denn diese löst sich schon vom Wortsinn her vom Tradierten, Bekannten, Sicherem ab. Was wir benötigen, ist die Rückkehr zur Vernunft. Zu einem Handeln, das von Menschen verantwortet wird, die bestimmte Überlegungen zur Grundlage ihrer Entscheidung gemacht haben. Wir müssen zugeben und zulassen, dass menschliches Handeln fehlerbehaftet ist. Eine fehlerfreie Welt ist keine Menschenwelt mehr.

Ein weiterer Aspekt ist die Forderung nach der sog. Wirtschaftlichkeit. Gemeint ist hier, häufig genug, die Gewinnmaximierung. Ich glaube, dass wir von dieser zum allgegenwärtigen Prinzip erhobenen Forderung bald Abschied nehmen werden, denn eine Einbettung menschlichen Handelns in die mit dem Erhalt der Natur verbundenen Prinzipien wird einen Zielkonflikt hervorbringen: entweder Maximierung des Profits oder Erhalt der Natur. Beides zusammen geht nicht. Man erinnere sich nur daran, dass das deutsche Bruttoinlandsprodukt und damit der Stolz vieler Menschen eigentlich negativ ist – würde man nur die Umweltschäden mit berücksichtigen, die wir mit unserem Tun hervorrufen.

Prof. Heiko Diestel, Emeritus TU Berlin

Das Versiegeln Vegetation tragender Zonen fördert die Erwärmung durch Annullierung der Verdunstungskühlung, führt zu Verzerrungen des Wasserhaushalts und vernichtet Möglichkeiten zur Nahrungsmittelproduktion. Maßnahmen wie Fassaden- und Dachbegrünungen oder Urban Farming finden derzeit sehr kleinräumig statt. Deren positive Wirkung erstreckt sich auf überschaubare Entfernungen. Aber Wasser- und Temperaturregime der kontinentalen Flächen müs-

sen sowohl kleinteilig als auch integral betrachtet werden. Sind gebaute und bewohnte Terrassensysteme, auf deren waagerechten Flächen Landwirtschaft stattfindet, ein Weg, um Siedlungen bei Erhalt der unversiegelten Gesamtfläche auf der Erde zu bauen?

W. S.: Gebaute und bewohnte Terrassensysteme, auf deren waagerechten Flächen Landwirtschaft stattfindet, sind eine sehr schöne Idee. Ich befürchte aber, dass der Mehraufwand zur Abtragung der Erdauflast, der zusätzlichen Wasserlast, der Lasten der Geräte, die zu einer Bewirtschaftung nötig sind, zu signifikanten Mehrkosten führen. Ich würde vom Zweifachen ausgehen. Ich plädiere deshalb für eine siedlungs- und stadtnahe Landwirtschaft. Gebäude sollten eine einfache, nicht landwirtschaftlich genutzte Begrünung haben. Saisonales Grün, denn wir benötigen Verschattung und Verdunstungskühlung nur im Sommer. Im Winter ist jede solare Wärmeeinheit willkommen, die durch die Fassade absorbiert werden kann.

Zukünftig werden wir Regenwasser auch mit der Fassade aufnehmen, speichern und bei Bedarf für Bewässerung oder Verdunstungskühlung wieder abgeben. Wir unterziehen ein solches Fassadensystem gerade einem wissenschaftlich begleiteten Praxistext – mit sehr positiven Zwischenergebnissen.

Dachflächen mit Retentionsqualität, entweder auf dem Dach oder unmittelbar am Gebäude, sind ein weiteres Muss. Wir sollten auch an Technologien für Dachflächen arbeiten, die im Sommer solarreflektiv sind und im Winter Wärme absorbieren.

Architects for Future

Da Sie angekündigt haben, im Alter radikal zu werden: Welche Ihrer Projekte sehen Sie im Rückblick kritisch und welche Verantwortung haben Architekt:innen aktuell bei der Auswahl ihrer Projekte, damit sie angemessen agieren angesichts von gesellschaftlich notwendiger Transformation in der Klima-, Ressourcen- und Biodiversitätskrise?

W. S.: Ich will jetzt keine Bauherrschaft durch eine nachträgliche Herabstufung ihrer Gebäude traurig machen. Rückblickend finde ich aber auch nur einige wenige Projekte, die ich heute anders konzipieren würde. Es sind allesamt solche, bei denen ich nur für das Engineering verantwortlich zeichnete. Es ist mir bei diesen Projekten entweder nicht gelungen, meine Überzeugungen durchzusetzen, oder ich war, als Ingenieur, einfach noch nicht gut genug. Dort, wo ich sowohl als Architekt wie als Ingenieur verantwortlich zeichne, habe ich nichts zurückzunehmen. Ganz im Gegenteil.

Ihre Frage nach der verantworteten Projektauswahl möchte ich so beantworten: Ich selbst habe bestimmte Arten von Projekten aus Prinzip nicht gemacht. Beispielsweise Anlagen für das Militär. Bei den Projekten, die ich geplant habe, war es für mich immer wichtig, einen Bauherren zu haben, der meine Überzeugungen nach einem, in meinem Sinn, verantwortbaren und verantworteten Bauen mitträgt. Alles andere macht keinen Sinn. Man darf den Planungsauftrag in so einem Fall nicht annehmen. Heute finde ich immer mehr Bauherren, denen eine sparsame Verwendung von Ressourcen, die Minimierung der Emissionen und eine Einbettung in die Natur sehr wichtig sind. Es ist eine Freude, die Dinge zusammen mit diesen Menschen voranzubringen. Die jüngere Generation von Architekten und Architektinnen wird, so sehe ich das, zunehmend mehr auf solche Bauherren treffen.



Quelle: Eva Diestel

Prof. Heiko Diestel, Emeritus TU Berlin

Prof. Heiko Diestel ist Kulturtechniker. Er leitete viele Jahre das Fachgebiet Wasserhaushalt und Kulturtechnik an der TU Berlin. Zu seinen Tätigkeitsschwerpunkten gehören Strategien zur Pflege des Wasser- und Wärmehaushalts von Landschaften. Seit einigen Jahren ist er in der Umweltbildung tätig.



Quelle: Architects for Future

Architects for Future

Architects for Future setzt sich für die Einhaltung der Ziele des Pariser Klimaabkommens und die Begrenzung der Erderhitzung auf maximal 1,5° ein. A4F ist in und mit der Baubranche beschäftigt, arbeitet ehrenamtlich und gemeinnützig in der Bewegung sowie auf Vereinsebene und fordert eine umfassende Bauwende JETZT.

Stuttgarter Nachhaltigkeitsstammtisch

Die Ehrliche Ingenieurin

Ingo Haller, Stefanie Grün

Wollen wir ehrlich sein: Das Einhalten des Pariser Klimaabkommens wird mehr und mehr unwahrscheinlich. Um 1,5 °C Erderwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % nicht zu überschreiten, bleibt weltweit ein Budget von 500 Gt CO₂ ab 2020. Bei einem jährlichen Ausstoß von ca. 35 Gt CO₂ weltweit wäre dieses Budget in 14 Jahren, also im Jahr 2034, aufgebraucht [1, 2]. Wir müssten jährlich unsere Emissionen um 20 % verringern. Jedoch wird für 2022 ein neuer weltweiter Emissionshöchststand erwartet [3].

Vielleicht ist es das Vertrauen in unsere Ingenieurinnen, dass unser Forscherinnen- und Erfinderinnengeist uns retten wird. Die Ideen sind da, doch woran es scheitert, ist die Zeit. Um wieder ehrlich zu sein: Uns ist die Zeit abgelaufen, um uns in eine emissionsfreie weiterwachsende Gesellschaft zu wandeln. Die Kritik am Wachstum ist keine neue. Man könnte diese sogar als einen essenziellen Teil des Ursprungs der Klimabewegung betiteln. Mit den Grenzen des Wachstums kam die Kritik in 1972 jedoch zu einer Zeit der leeren Welt [4]. Auch Buckminster Fuller äußert sich 1996: Wir als Planende seien mitverantwortlich, *for living without spoiling the landscape* [5]. Für ihn liegt die Lösung im materiallosgelösten, metaphysischen Wachstum. Was wir brauchen, ist kein Miessches *Less is More*. Im Modernen Minimalismus steckt immer noch das unbedachte wachstumsorientierte *More*. Was wir brauchen, ist das *Less is Enough* [6].

Der Weg zu einer klimagerechten Bauwende ist die Symbiose aus Effizienz, Konsistenz und Suffizienz, also das weltweite richtige Maß in Betrachtung der Erde als endliche Ressource. *Unsere These: Der erste Schritt, um diese Suffizienz zu erreichen, ist, sich einzugestehen, dass Innovation, also die immerwährende Effizienzsteigerung, nicht allein ausreichen wird. Wir müssen unser Handeln und somit auch unser Denken verändern. Unser Ziel ist eine emissionsfreie Postwachstumsgesellschaft. Diese Erkenntnisse vereint, ergeben fol-*



Bild 1 WoZoCo Apartments von MVRDV – Das „Yo, wir schaffen das!“ wird zu einem „Yo, stellt einfach eine Stütze!“



gende Schlussfolgerung: Die Ingenieurin ist die treibende Kraft der Effizienz. Doch gleichzeitig braucht es die ständige Betrachtung des richtigen Maßes, da die Erde endlich ist. Das Berufsbild der Ingenieurin muss sich erweitern, hin zur Ehrlichen Ingenieurin.

Eine ehrliche Konstruktion, also ein materialgerechtes effizientes Tragwerk, ist auch oftmals eine suffiziente Struktur. Die Reduzierung von Spannweiten, die Vermeidung von Auskragungen oder ein kraftschlüssiger Entwurf können Material und somit Emissionen einsparen. Anstatt eine Ingenieurin zu sein, die mit einer Mentalität des „Yo, wir schaffen das!“ jegliche architektonische Idee umsetzt, sollte es eher heißen: „Yo, stellt einfach eine Stütze!“ (Bild 1) Quasi die Ehrliche Ingenieurin, die Exzesse außerhalb eines richtigen Maßes infrage stellt und eine Haltung zu den sozialen und ökologischen Wirkungen ihres Handelns bezieht [7]. Die Leistungsphase 0, also die Bedarfsklärung, wird in den Vordergrund treten und mit ihr eine Rolle, in die sich die Ingenieurin erst einfinden muss.

Wenn unser Ziel eine Postwachstumsgesellschaft ist, wird sich die Rolle der Ingenieurin wandeln, von einer neubaugeprägten Bau-schaffenden zu einer Instandsetzerin. Wie die Arch+ mit *The Great Repair* oder der *Ingenieurbaukunst-2023-Bericht Mit dem Bestand die Zukunft neu erfinden* beschreibt, ist das Verständnis, dass unsere Arbeit im Umbau und Instandhalten des Bestands liegt, endlich vorhanden. Diese Erkenntnis muss jetzt umgesetzt werden. Mit dem Fokus auf dem Bauen im Bestand ändern sich die bisher bekannten Herausforderungen in der täglichen Arbeit einer Tragwerksplanerin. Die neuen Aufgaben lauten Prüfen, Reparieren und Ertüchtigen, um so viel wie möglich vom Bestand erhalten zu können und sicherzustellen, dass das bestehende Bauwerk den neuen Anforderungen gerecht wird. Dies erfordert neben dem theoretischen Wissen auch ein großes Spektrum an praktischem Know-how.

Der Planung geht eine intensive Phase der Bestandsuntersuchung voraus, welche u. a. eine Auswertung lückenhafter oder fehlender Bestandsunterlagen, eine Beurteilung des Zustands und Standhaftigkeit der Konstruktion und die Analyse von Materialproben beinhaltet. Die Planung endet nicht mit dem Baustart, Bauen im Bestand bedeutet auch, während der Bauphase auf Unerwartetes zu reagieren. Ein positiver Umstand allerdings, da somit nicht nur im Neubau, sondern auch im Bestandsbau die Kreativität der Ingenieurin gefragt ist. Überraschungen und die damit zusammenhängenden höheren Kosten können allerdings durch die Erstellung eines fachkundigen Untersuchungskonzepts [8] und durch Einsatz von zerstörungsfreien Untersuchungsmethoden wie das Bauradar im Vorfeld minimiert werden.

Bauen im Bestand bedeutet, die Fehler unserer Vorgängerinnen aufzuräumen; und wer räumt schon gerne auf? Um ehrlich zu sein, Bauen im Bestand – und damit auch die Bauwende – bedeutet Ausdauer. Da stellt sich die Frage: *Können wir das schaffen?*

Liebe Ingenieurinnen, vor euch liegt ein neues Berufsbild. Ihr habt es nun in der Hand, das Berufsbild einer *Ehrlichen Ingenieurin* in einer Postwachstumsgesellschaft zu definieren; mit dem Optimismus des „Yo, wir schaffen das!“.

Dieser Text ist aus Gründen der Leserlichkeit im generischen Feminin geschrieben, es sollen aber alle Geschlechter mit einbezogen sein.

Literatur

- [1] IPCC (2021) *Summary for Policymakers* in: IPPC [eds.] *Climate Change 2021: The Physical Basis*.
- [2] Global Carbon Project (2021) *CO₂-Emissionen weltweit in den Jahren 1960 bis 2021*.
- [3] ARD Alpha [Hrsg.] (2022) *Steigende CO₂-Emissionen: Jahr für Jahr bedenklich mehr Treibhausgase* [online]. München: ARD Alpha. 11. Nov. 2022. <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/klimawandel/co2-emissionen-steigende-kohlendioxid-100.html>
- [4] Weizsäcker, E. U.; Wijkman, A. (2019) *Wir sind dran*. 2. Aufl. Gütersloh: Gütersloher Verlagshaus.
- [5] Buckminster Fuller, R. (1969) *Operating Manual for Spaceship Earth*. Aufl. 2008/2020. Zürich: Lars Müller Publishers.
- [6] Aureli, P. V. (2013) *Less is Enough on Architecture and Asceticism*. Moskau: Strelka Press.
- [7] Nowak, J.; Kalkbrenner, P.; Madlener, S. (2023) *Ganzheitlich sinnhaft Bauen, Perspektive einer jungen Generation von Tragwerksplanenden* in: Bundesingenieurkammer [Hrsg.] *Ingenieurbaukunst 2023*. Berlin: Ernst & Sohn.
- [8] Patitz, G. (2021) *Wellen in die Tiefe schicken*. B+B Bauen im Bestand 44, H. 2, S. 34–39.

Stuttgarter Nachhaltigkeitsstammtisch

Termin: jeder letzte Dienstag im Monat, 18.00 Uhr
 Ort: online, MS-Teams
 Nächste Präsenzveranstaltung: vorauss. Dienstag, 25. Juli 2023, in Stuttgart (Informationen und Anmeldung über den Mailverteiler)
 Kontakt: sustainability@knippershelbig.com

A4F konstruktiv

Nachhaltigkeit und Aufklärung

Der Begriff *Nachhaltigkeit* existierte schon lange, bevor er im Zusammenhang mit Erderwärmung und Klimakrise an Bedeutung gewann. Ursprünglich 1713 als Wortschöpfung hervorgebracht, um als Prinzip für die Forstwirtschaft zu dienen, beschreibt er heute allgemein, wie Systeme mit ihren Ressourcen umgehen können, um das Gedeihen aller beteiligten Lebewesen und die Regenerationsfähigkeit zu gewährleisten. Seither hat sich auch das Interesse von Unternehmen stark vervielfacht – v.a. daran erkennbar, dass die Anzahl an Jobbeschreibungen als bspw. Sustainability Coordinator/Manager deutlich gestiegen ist. Das Problem dabei scheint jedoch häufig zu sein, dass viele Unternehmen die Nachhaltigkeit quasi als Nebeneffekt beisteuern wollen. Oftmals leider auch nicht viel mehr als nur gut gemachte PR. Die eigentlichen Unternehmensziele – Wettbewerbsfähig zu sichern, steigende Quartalszahlen etc. – bleiben davon unangetastet. Im Sinne der Begriffsdefinition funktioniert dieses Vorgehen also nicht. Unternehmen müssen zwangsläufig ihr ökonomisches Denken an sich auf den Prüfstand stellen und den veränderten Bedingungen gemäß aktualisieren. Es bedarf dafür einer neuen Art von Aufklärung, wozu Fellows von THE NEW INSTITUTE aus Hamburg in ihrem Manifest *Auf dem Weg zu einer neuen Aufklärung* aufrufen [1].

Darin fordern sie, dass die Geisteswissenschaften eine tragende Rolle bei der Lösung der globalen Krisen einnehmen und zur Gestaltung eines tragfähigen, zukunftsorientierten Wertesystems beitragen. Die Dominanz des vorherrschenden technisch-naturwissenschaftlichen Paradigmas als Triebkraft des Fortschritts muss hinsichtlich einer neuen Form von soziokultureller Bildung und Staatsbürgerschaft hinterfragt und erneuert werden, um eine funktionierende, interplanetare Gesellschaft für das 21. Jahrhun-

dert zu gestalten. Das heißt, Unternehmen sind gefragt, sich nicht mehr anhand des Markts, sondern an neuen Werten zu orientieren, die sie selbst und im Abgleich mit der gesamtgesellschaftlichen Fähigkeit zu gedeihen und zu regenerieren reflektieren, wie es der Begriff der *Nachhaltigkeit* eben voraussetzt. Im Bezug auf die Baubranche bleiben unsere Forderungen damit wie bereits postuliert: Neubau ist nicht die Antwort auf mangelhaften Baubestand. Effizienzsteigerung ersetzt nicht Reduktion. Kompensation nicht konsequentes Handeln. Wir brauchen neue Narrative, die uns eine Alternative zur jetzigen Welt denken lassen – in der Ökonomismus nicht das einzig denkbare Wertesystem ist, nach dem wir handeln. Es geht darum, dass wir als Individuen und Unternehmen Selbstbilder entwickeln die „[...] im Lichte eines dynamischen Konzepts der größtmöglichen Gemeinschaft des menschlichen Werdens zu kritisieren [sind]: der Menschheit“ [1, S. 39].

Architects for Future Deutschland e. V.
www.architects4future.de

Literatur

- [1] Gabriel, M. et al. (2022) *Auf dem Weg zu einer neuen Aufklärung*. The New Institute. Interventions 2. Bielefeld: transcript Verlag.



Wohnungsnot statt Zeitenwende

Jan-Marco Luczak

Deutschland hat ein Wohnungsproblem. Die ZIA-Immobilienweisen stellten zu Beginn des Jahres das höchste Wohnungsdefizit für Deutschland seit 20 Jahren fest. Während Branchenvertreter, aber auch die Bundesbauministerin Klara Geywitz einen Bedarf von 700.000 Wohnungen identifizieren, scheitert diese Bundesregierung schon im ersten Regierungsjahr an ihrem selbst gesteckten Ziel von 400.000 Wohnungen. Bundeskanzler Olaf Scholz trat im Wahlkampf als Kanzler für bezahlbaren Wohnraum auf. Sogar ein eigenes Ministerium wurde durch die Ampel eingerichtet. Doch das erste Jahr ist ein verheerendes für die Wohnungsbaupolitik in unserem Land. Statt Zeitenwende erleben wir Wohnungsnotstand. Das wiegt doppelt schwer, denn auch die klimapolitischen Herausforderungen im Gebäudebereich zur Erreichung unserer CO₂-Ziele sind immens.

Wohnungsnotstand

Der Trend könnte nicht besorgniserregender, die Rahmenbedingungen für den Neubau kaum schwieriger sein: hohe Inflation, Zinswende, stark gestiegene Baukosten, anhaltende Energiekrise, Fachkräftemangel und fehlendes Bauland. Von den Partnern im Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen, die die Bundesbauministerin zusammengerufen hatte, hörte man zuletzt meist nur noch ein Wort: Stornierung.

Statt der angepeilten 400.000 neuen Wohnungen pro Jahr gehen alle Experten davon aus, dass mittelfristig allenfalls die Hälfte realistisch ist. Trotz der geeinten 187 Maßnahmen des Bündnispartners, eine groß angekündigte Bau-, Investitions- und Innovationsoffensive, vergeht derzeit kaum eine Woche, in der kein Hilferuf in Richtung Krausenstraße, der Heimat des neu eingerichteten Bauministeriums, gerichtet wird. Sie alle verhallen ungehört.

Vielmehr hält es die Ministerin für angebracht, der Baubranche den Schwarzen Peter zuzuschieben. Geringe Innovationskraft, keine Kapazitäten, zu teures Bauen – so intonierte Klara Geywitz im Bundestag. Das Bündnis ist offensichtlich Makulatur. In einem aktuellen Brandbrief vom 13. März 2023 an die Bundesbauministerin formierten sich nun erneut 30 Spitzenverbände der Bau- und Immobilienwirtschaft gegen die fatale Talfahrt im Wohnungsbau, forderten ein entschlossenes Gegensteuern der Bundesregierung und ein deutliches finanzielles Signal des Aufbruchs.

Fordern ohne Fördern

Denn was tat diese Bundesregierung bislang? Wie manifestiert sich die von Bundeskanzler Scholz ausgerufenen Zeitenwende im Immobiliensektor? Mit dem von Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck angezettelten Förderchaos bei der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) verunsicherte er nicht nur die Branche nachhaltig, er warf damit auch ein Schlaglicht auf die überschaubare Durchsetzungskraft der Bauministerin am Kabinetttisch. Ohne Rücksprache oder Vorwarnung beendete er das Förderprogramm vorzeitig, um es dann nach großem öffentlichem Druck einige Wochen später mit verschlechterten Bedingungen erneut zu starten. Die reduzierten Programmmittel reichten nicht einmal für drei Stunden, dann waren diese erschöpft. Ein erneuter Ver-



Quelle: www.luczak-berlin.de, Yves Sucksdorff

Dr. Jan-Marco Luczak, MdB

trauensbruch. Danach folgte lange nichts, außer einem weiteren vorzeitigen Programmstopp, als das erfolgreiche Baukindergeld über Nacht ein Jahr vorzeitig eingestellt wurde. Diese Bundesregierung hat innerhalb eines Jahres das Vertrauen einer gesamten Branche, aber auch vieler privater Bauherren verspielt.

Nun startete zum 1. März das Programm *Klimafreundlicher Neubau* (KFN) als Teil des BEG. Als großer Wurf angekündigt, ist es doch in Wahrheit mit einem Volumen von 750 Mio. Euro bestenfalls ein laues Lüftchen. Obendrein dient es eben nicht nur der Schaffung von Wohnraum, sondern kann auch zum Bau von Nichtwohngebäuden, Kitas und Schulen beantragt werden. Und ein Rest für private Bauherren. Die Förderung wurde zusammengestrichen, die Klimaanforderungen dafür in die Höhe getrieben. Gefördert wird, wer den *Effizienzstandard EH 40* erfüllt. Wer dazu noch das bürokratiefördernde *Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude* (QNG) erfüllt, bekommt einen netten Bonus. Die Reaktion der Branche: Ernüchterung.

Die im Sommer startende Wohneigentumsförderung für Familien könnte man gleichermaßen mit einem Satz von Robert Habeck zusammenfassen: „Die Bürger müssen viel mehr selbst bezahlen.“ 350 Mio. Euro in Form von zinsverbilligten Krediten zur Stärkung des Eigenkapitals sollen zur Verfügung stehen. Antragsberechtigt sind Familien mit einem Haushaltseinkommen von maximal 60.000 Euro. Das mag über dem Durchschnitt der Familien liegen, die das von der Großen Koalition aufgelegte Baukindergeld in Anspruch genommen haben, aber die fanden einerseits deutlich bessere Rahmenbedingungen vor, andererseits mussten sie keinen teuren *Effizienzhausstandard 40* erfüllen. Das ist ein schwerwiegender Konstruktionsfehler dieses Programms der Ampel. Wenn eine Förderung nur bei Erfüllung der allerhöchsten und entsprechend kostenträchtigen Baustandards gewährt wird, ist die Einkommensgrenze unter den derzeitigen Bedingungen viel zu niedrig gesetzt. Das Programm wird ins Leere laufen. Vor allem aber sieht das Programm – anders als noch das Baukindergeld – keine Förderung für den Kauf von Bestandswohnungen vor. Eigentumsbildung vollzieht sich aber gerade in großen Städten und Ballungsgebieten fast ausschließlich im Bestand. Denn neu gebaute Wohnungen oder gar Einfamilienhäuser sind hier schlechterdings unerschwinglich. Faktisch wird Familien in diesen Gebieten mithin keinerlei Unterstützung auf dem Weg in die eigenen vier Wände gewährt. Zusammen wird für den Neubau eine Summe von 1,1 Mrd. Euro zur Verfügung gestellt. Mit einem Zehntel der Summe der alten Förderung sollen nun unter erschwerten Rahmenbedingungen noch höhere, also teurere Klimaschutzvorgaben eingehalten werden. Der Spagat zwischen dringend benötigtem Wohnungsneubau, bezahlbaren Mieten und Klimaschutz wird so nicht gelingen.

Nur fürs Protokoll: Das angesprochene Bündnis hat eine Verzehnfachung der aktuell aufgelegten Förderung im Wohnungsneubau gefordert. Ein *Bündnis Soziales Bauen*, zu dem auch der Mieterbund gehört, forderte gar ein Sondervermögen in Höhe von 50 Mrd. Euro. Die Standard-Replik der verhinderten Bauministerin: Viel hilft gar nicht viel. Dabei zitiert sie gern den Immobilienweisen *Lars Feld*, der auch Berater des Bundesfinanzministers ist. Allerdings konstatiert ebenjener Weise auch, dass es aktuell keinerlei Anreize zum Bauen für Investoren gäbe.

Das derzeit mehr als frostige Investitionsklima liegt nicht nur an externen Faktoren, sondern auch an den unzureichenden politischen Rahmenbedingungen bei der Förderung. Hinzu kommen immer neue Vorschläge für Regulierung und – wie in Berlin – Debatten über die Enteignung von großen Wohnungsgesellschaften. Das zerstört das Vertrauen in Planungs- und Investitionssicherheit endgültig.

Die Wohnungsbaupolitik der Bundesregierung ist zudem von Fehleinschätzungen und Widersprüchen geprägt. Noch im April 2022 erklärte Bauministerin Geywitz den Neubau von Einfamilienhäusern für „ökonomisch und ökologisch unsinnig“. Nun wird er doch gefördert. Im Februar 2023 präsentierte sie die Studie *Nachhaltiges Bauen* des Umweltbundesamts. Dieses sprach sich in dem Gutachten komplett gegen einen unökologischen Neubau aus, stattdessen für Nachverdichtung und Aufstockung. Die Bezahlbarkeit all dessen blieb wie immer offen.

Ideologisch statt nachhaltig

Gerade im Gebäudebereich stehen wir vor großen Herausforderungen beim Klimaschutz. Unser Bauen muss nachhaltiger werden. Die ambitionierten Ziele, die wir als Union ausdrücklich mittragen, benötigen jedoch Akzeptanz. Und Akzeptanz setzt in erster Linie Bezahlbarkeit voraus. Kerngedanke für nachhaltiges Bauen sollte sein, unterschiedliche Interessen in Einklang zu bringen. Die Bundesregierung scheint dagegen den Klimaschutz als Ziel verabsolutieren zu wollen. Beispielhaft dafür sind nicht nur die aufgezeigten KfW-Programme, sondern auch das Gebäudeenergiegesetz, dessen Entwurf noch vor der Kabinettsbefassung großen sozialen Sprengstoff offenbart.

Die Bürgerinnen und Bürger erkennen langsam, welche finanziellen Belastungen auf sie zukommen und fühlen sich oftmals – nicht zu Unrecht – überfordert. Dabei ist doch ein Dreiklang aus Klimaschutz, bezahlbaren Mieten und Eigentumsbildung zu erreichen. Denn auch Eigentumsbildung ist ein wichtiger Aspekt der Nachhaltigkeit, der sozialen Nachhaltigkeit. Eigentum bedeutet, sich dauerhaft niederlassen zu können und für das Alter vorzusorgen. Vor allem aber wird durch jedes neu gebaute Haus, durch jede neu erworbene Wohnung auch eine Wohnung frei, für die es viele verzweifelte Interessenten gibt. Diese Bundesregierung verspielt nicht nur nachhaltig überall Vertrauen, sondern zeigt wiederholt, dass ihnen die Eigentumsbildung nicht wichtig ist. Wenn die FDP ihrem eigenen Motto eines Deutschlands als *Land der Eigentümer* gerecht werden möchte, dann muss sie sich innerhalb der Regierung durchsetzen – oder diese verlassen.

Bauen wagen: Instrumente und Schlüssel

Es bedarf dringend eines Aufbruchssignals für Investoren und Bauwillige. Angesichts der schwierigen Rahmenbedingungen sind verlässliche Anreize wichtig. Immer neue kostentreibende Anforderungen, die den Preisdruck mehr und mehr erhöhen, müssen

wir vermeiden. Ein konkreter Impuls wäre, zunächst die steuerlichen Rahmenbedingungen für Investitionen in den Mietwohnungsbau und den Erwerb von Wohneigentum zu verbessern. Dazu gehören insbesondere die Wiedereinführung einer *Sonder-Afa* (eine auf vier Jahre befristete 5%-ige Sonderabschreibung für energieeffiziente Wohngebäude ab Standard EH55) und eine Länderoeffnungsklausel bei der Grunderwerbsteuer, um bspw. beim Ersterwerb von selbst genutztem Wohneigentum einen Freibetrag bei der Grunderwerbsteuer von 250.000 Euro pro Erwachsenen und 150.000 Euro pro Kind einzuführen.

Die Kostenspirale muss gebrochen werden. Dafür brauchen wir eine radikale Entschlackung des Bauordnungsrechts. Es bedarf neuer Ansätze, um wieder einfacher zu bauen. Die Initiative der Bayerischen Architektenkammer für einen *Gebäudetyp E* kann hier den Weg weisen. *E* steht dabei für vieles, von experimentell bis einfach. Kundige Bauherren, Architekten, Bau- und Handwerksunternehmen sollen im Rahmen dieses Gebäudetyps rechts- und haftungssicher abweichend von den *anerkannten Regeln der Technik* innovative und nachhaltige Lösungen vereinbaren können, wobei notwendige Schutzansprüche mit vertretbar geringeren Baustandards in Einklang gebracht werden.

Auch das serielle und modulare Bauen hat erhebliche Potenziale zur Senkung von Baukosten. Was in einem Bundesland bereits genehmigt ist, sollte in einem anderen Bundesland nicht noch einmal einem kompletten Genehmigungsprozess unterzogen werden. Lange Genehmigungsverfahren können wir uns angesichts des dringenden Wohnungsbedarfs nicht mehr leisten. Dafür müssen Genehmigungs- und auch Bauprozesse schneller und digitaler werden. Medienbrüche darf es keine mehr geben, Personalressourcen müssen ausgebaut und die Potenziale etwa des Building Information Modeling genutzt werden.

Im Sinne der Nachhaltigkeit sollten wir auf wiederverwendbare bzw. wiederverwertbare Baustoffe zurückgreifen. Im Baubereich enden 30 % der eingesetzten Materialien als Bauschutt. Wir müssen die Voraussetzungen verbessern, damit diese bspw. wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden können. Vor allem aber brauchen wir Förderprogramme, insbesondere für Familien, die diesen Namen auch verdienen – für den Neubau und auch für den Erwerb von Bestandsimmobilien. Sonst wird uns weder der wichtige Klimaschutz im Gebäudebereich noch die Schaffung von dringend benötigtem bezahlbarem Wohnraum gelingen.

Fazit

Für mich persönlich und für uns als CDU/CSU ist völlig klar: Damit klimafreundlicher Bau nicht zur sozialen Frage wird, bei der nur Besserverdienende die Möglichkeit zur Schaffung von Wohnraum erhalten, bleibt uns keine Zeit. Wenn sich die Bürgerinnen und Bürger eine Wohnung nicht mehr leisten können und der Traum von den eigenen vier Wänden wie eine Seifenblase zerplatzt, dann ergeben sich gesellschaftliche Spannungen. Das Aufstiegsversprechen der sozialen Marktwirtschaft, sich mit der eigenen Hände Arbeit Wohlstand erarbeiten und sich ein kleines Häuschen leisten zu können, muss künftig wieder eingehalten werden.

Autor

Dr. Jan-Marco Luczak, jan-marco.luczak@bundestag.de
MdB, Sprecher der CDU/CSU-Bundestagsfraktion für Bauen und Wohnen
www.luczak-berlin.de



Quelle: Sigurd Steinprinz, Düsseldorf

Bild 1 Campus Rosenheim

Campus Rosenheim – nachhaltige Qualität durch partnerschaftliche Kooperation

Christian Schlüter, Laura Heidelauf, Tobias Götz, Andreas Lackenbauer, Rafael Troll, Björn Silberbauer, Hendrik Müller, Josef Huber, Peter Astner

Die wenigen neuen Gebäude, die wir uns vor dem Hintergrund des Klimawandels überhaupt noch leisten können, müssen ihre Umweltbelastung, die grundsätzlich im heutigen Kontext nicht verhindert werden kann, zumindest auf ein absolutes Minimum reduzieren. Daneben sind aufgrund der verbleibenden Belastungen die gesellschaftlichen Mehrwerte zu optimieren. Die Gebäude müssen eine auf Dauer ausgerichtete höchste Aufenthaltsqualität bieten. Die hierfür erforderlichen Werkzeuge und Methoden sind bekannt. Eine erfolgreiche Anwendung setzt aber v. a. den gemeinsamen Willen aller Beteiligten voraus. Hierbei ist ein gemeinsames Engagement oft hilfreicher als vertragliche Vereinbarungen. So lassen sich die inhärenten Zielkonflikte deutlich effizienter lösen. Höchste Ansprüche in der Nachhaltigkeit erfordern ein Miteinander und kein Gegeneinander. Die für das Projekt CampusRO (Bild 1) angestrebte Platin-Zertifizierung ist erst durch diesen Ansatz ermöglicht worden.

1 Zum Hintergrund

Nachhaltigkeit ist eine dringend notwendige, aber auch sehr komplexe Aufgabenstellung. Sie kann nicht auf einzelne Aspekte reduziert werden. Da dies aber in den letzten Jahren immer wieder

geschehen ist, kann der teils einsetzende Verdruss vieler Akteure gegenüber dem Begriff nachvollzogen werden. Außerdem belasten selbst nachhaltige Gebäude – egal, mit welchem Zertifikat sie ausgestattet werden – die Umwelt. Sie tun dies aber in erheblich reduziertem Maße. Und ebendiese weitestgehende Reduktion von Umweltbelastungen ist insbesondere für die Gebäude, die noch neu errichtet werden, von großer Bedeutung. Dass die Menge solcher Neubauten gegenüber der Bestandsnutzung massiv zu reduzieren ist, sollte selbstverständlich sein.

Für die Bewertung, aber v. a. für die Erreichung hoher Nachhaltigkeitsqualitäten stehen entsprechende Zertifizierungssysteme zur Verfügung. Deren großer Nutzen liegt hier v. a. in der kontinuierlichen Planungsbegleitung als Planungstool. Die hier vorgegebene Bewertungsmatrix ist auch bei einer individuellen Anpassung der Gewichtungsschwerpunkte hilfreich. Statt den Fokus überwiegend auf eine gleichgewichtete Ausrichtung der drei wesentlichen inhaltlichen Säulen Ökonomie, Ökologie und Soziales zu richten, können durchaus auch im Sinne eines Vorrangmodells z.B. die ökologischen Themen stärker gewichtet werden (Bild 2).

Hier wird konkret aus der Projektpraxis berichtet, wie im Planungs- und Ausführungsablauf eine Umsetzung ermöglicht wer-

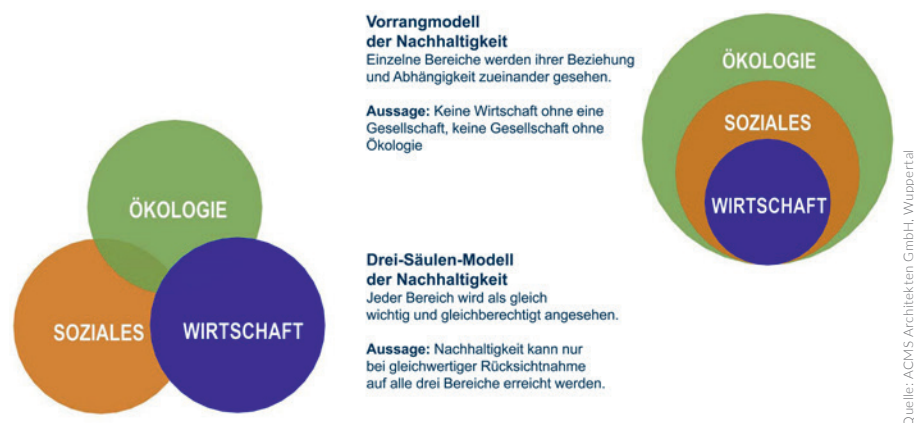


Bild 2 Modelle der Nachhaltigkeit

den kann. Wesentlicher Initiator für diesen Ansatz im Projekt war Prof. *Peter Astner* als Bauherr. Der aus Sicht der Autoren bestimmende Erfolgsfaktor ist eine partnerschaftliche Kooperation aller Beteiligten. Nachhaltigkeit und hohe Qualität können nur im Dialog entstehen. Und eine Nachhaltigkeitszertifizierung steht auch hoher architektonischer, gestalterischer Qualität nicht im Wege. Aus Sicht der Verfasser bedingen sich diese Aspekte gegenseitig: Wir bauen Gebäude für den Aufenthalt von Menschen – aber das müssen wir mit deutlich weniger Umweltbelastung erreichen.

2 Das Projekt

Die Stadt Rosenheim liegt im Alpenvorland und gehört zur Metropolregion München. Der Siedlungsdruck in der Region ist hoch, es besteht v.a. Bedarf an bezahlbarem Wohnraum. Die Schaffung von hochwertigem studentischem Wohnraum in direkter Nähe zum Campus wird von den Hochschulen zunehmend als wesentlicher Faktor im globalen Kampf um die besten Talente erkannt. In diesem städtebaulichen Entwicklungsprozess im Umfeld der Hochschule Rosenheim fallen privatwirtschaftliches, örtliches Engagement und öffentliche Interessen der Stadtgesellschaft auf idealtypische Weise zusammen. Auf einer ca. 1,4 ha großen Gewerbefläche wurde eine vorhandene Nutzung eines Metall verarbeitenden Betriebs aufgegeben. Zur Umwidmung des Gebiets gab es im Rahmen des sog. *Rosenheimer Modells* eine Vereinbarung zwischen der Stadt und einem Investor, dass – nach Kauf der Gesamtfläche durch den privaten Investor – eine Teilfläche von ca. 5000 m² zu einem festgelegten Preis an die Stadt Rosenheim veräußert wird.

Zur planungsrechtlichen Ermöglichung der Wohnnutzung wurde im Anschluss an die weiter bestehenden und auch zu erhaltenden, nicht störenden Gewerbeflächen ein Mischgebiet angeschlossen, das durch die Aufnahme eines Boardinghouse in den Nutzungsmix ermöglicht wurde. Auf den städtischen Flächen im Nordteil wurden neben einem stark kostengedämpften Wohnungsangebot für Familien ebenso kostengedämpfte Wohnangebote für dringend benötigtes Pflegepersonal der städtischen Kliniken vorgesehen.

Als wesentliches qualitätssicherndes Verfahren wurde ein gemeinschaftlicher internationaler Wettbewerb mit internationaler Jury unter Beteiligung von studentischen Vertretern ausgelobt. Insbesondere die Nutzerperspektive war für die Preisvergabe und die anschließende Auswahl des Konzepts von ACMS Architekten aus Wuppertal von entscheidender Bedeutung.

Das gesamte Areal liegt in unmittelbarer Nähe zur Hochschule und muss mangels stadträumlicher Bezüge seine Qualität als Wohn- und Lebensraum aus sich selbst heraus entwickeln. So entstand ein durchmischtes Wohngebiet unterschiedlichster gesellschaftlicher Gruppen, das die soziale Integration stärkt. Durch die vielfältigen vernetzten Bezüge der baulichen Ausprägung (Bilder 3, 4) wurden zahlreiche Kommunikationsmöglichkeiten geschaffen. Die Besonderheit der offenen Erschließung im *CampusRO* (Südteil) führen die gemeinschaftlichen begrünten Treffpunkte in die dritte Dimension fort. In der Zusammenarbeit unterschiedlichster Akteure entstand ein neuer Typus eines begrünten und gestapelten Dorfs. Vor allem die Integration weiterer Funktionsbausteine, von Lernräumen über Fitnessbereiche bis hin zu gemeinschaftlich nutzbaren Multifunktionsräumen, ermöglicht vielfältige Begeg-



Bild 3 Holztafelaußenwände, geschosshoch vorgefertigt



Bild 4 Blick in den Innenhof



Quelle: Sigurd Steinprinz, Düsseldorf

Bild 5 Eine DGNB-Zertifizierung im Platin-Standard wird angestrebt

nungen. Ein im Bereich des Boardinghouse platziertes Café und ein Restaurant dienen als Treffpunkt. Das auf dem 6. Obergeschoss mit herausragendem Blick auf die Bergwelt angesiedelte Café mit Dachterrasse wird zum Anziehungspunkt für die Stadtgesellschaft. Eine ebenso integrierte, allgemein zugängliche Paketstation erhöht den Nutzungskomfort und trägt den unterschiedlichen Lebensmodellen und Erreichbarkeiten Rechnung.

Durch die gemeinsame Entwicklung von Nord- und Südteil konnte v. a. die notwendige Erschließungsstruktur des Gebiets auf eine kurze, gemeinsam genutzte Stichstraße reduziert werden. Der Entwurf für den *CampusRO* umfasst den Neubau von 211 Apartments für Studierende sowie eines Boardinghouse mit 40 weiteren Apartments im KfW-40-plus-Standard. Die Wärmeversorgung des gesamten Quartiers erfolgt über die Fernwärme der Stadt Rosenheim.

Zur Erreichung höchster Nachhaltigkeitsanforderungen müssen komplexe Fragestellungen und vielfältige Zielkonflikte zwischen

den unterschiedlichen Säulen der Nachhaltigkeit von Ökologie, Ökonomie und sozialkulturellen Fragestellungen bearbeitet und verhandelt werden. Die in diesem Projekt angestrebte und mit einem aktuellen Zwischenstand der Erfüllung von über 80 % weiterhin avisierte Zielvorstellung einer DGNB-Zertifizierung im Platin-Standard (Bilder 5, 6) erfordert daher eine besonders enge Zusammenarbeit aller Planungsbeteiligten. Somit wäre der *CampusRO* Deutschlands erstes Quartier für Studierende im DGNB-Platin-Standard.

Vor allem bei sehr flächensparenden Grundrisskonzeptionen mit einer Vielzahl von sanitären Einrichtungen ist die frühzeitige Integration der technischen Gebäudeausrüstung eine besondere Herausforderung. Aber auch die angestrebten sehr hohen Energiestandards eines KfW-40-plus-Hauses auf Basis des Passivhausstandards mit einer damit erforderlichen kontrollierten Wohnraumlüftung führten zu weiteren Schnittstellenfragen. Dies alles musste vor dem Hintergrund einer aus ökologischen Gründen gewünschten elementierten Holzbauweise gelöst werden.

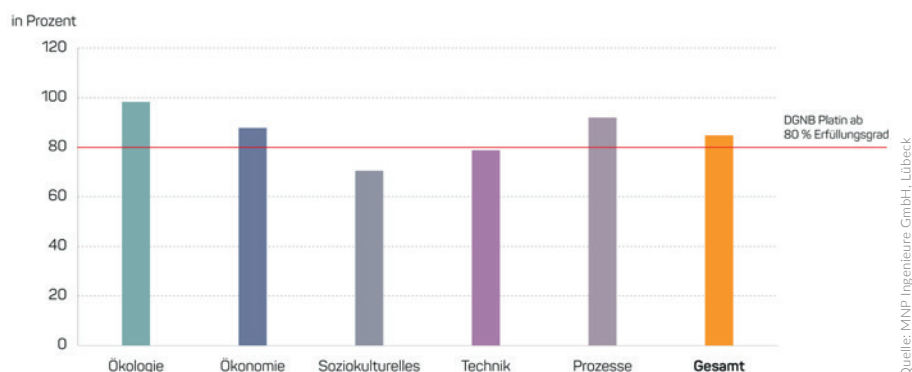


Bild 6 Aktueller Status DGNB-Zertifizierung

Durch den partnerschaftlichen Ansatz des Bauherrn wurden auch die maßgeblichen ausführenden Unternehmen bereits in der Planungsphase fest in den Entwicklungsprozess eingebunden. So konnte neben vorgefertigten Sanitäreinheiten in einer Kooperation von Rohbau- und Holzbauunternehmen eine hybride Gebäudestruktur mit tragenden Holzwänden und Holz-Beton-Verbunddecken entwickelt werden.

Maßgebliche Teile der technischen Infrastruktur der dezentralen Lüftungslösung wurden in den vorgefertigten Holztafelbau integriert. Die wesentlichen Fragen von Wärmebrückenfreiheit und hoher Luftdichtheit konnten zwischen Architektur, Tragwerksplanung, TGA-Planung und ausführenden Unternehmen optimiert werden. Vor allem die Abstimmung der Bauabläufe der unterschiedlichen vorgefertigten Module (Bild 7) erforderte eine intensive Beschäftigung mit den jeweiligen Füge- und Montagetechniken und der Baulogistik. Die erarbeiteten digitalen Modelle dienten dabei auch dem hochgradig digitalisierten Betrieb des Gebäudes. Frühzeitig wurde das digitale Betreibermodell in die Elektroplanung integriert. Die energetische Performance des Gebäudes mit einer über 70%igen Eigenstromversorgung durch PV-Elemente ist für alle einsehbar. Hierbei wurde die Flächenkonkurrenz der attraktiven Dachflächen – zwischen direkter Nutzung als Dachterrasse, Regenwasserspeicherfähigkeit durch Gründächer und benötigten PV-Aufstellflächen – bereits in der Konzeptphase gemeinschaftlich durch unterschiedliche Rechenmodelle geprüft und in Abstimmung mit dem ebenso frühzeitig eingeschalteten spezialisierten DGNB-Auditor rückgekoppelt. So konnte dieses Projekt nur mithilfe eines zuvor erstellten BIM-Modells (Bild 8) und der Erweiterung des kooperativen Planungsteams um die ausführenden Unternehmen und deren Kompetenz zur Bauausführung realisiert werden.

Der integrale Planungsansatz wird somit hier um eine weitere Dimension hinsichtlich neuer partnerschaftlicher Modelle mit der Ausführungsseite gekoppelt. Durch die ständige Begleitung des DGNB-Auditors konnten die jeweils unterschiedlichen Planungsvarianten monetär wie auch im Hinblick auf die Nachhaltigkeitszertifizierung optimiert werden.

Bei der Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes spielt der Einsatz von Holz aufgrund seiner CO₂-Speicherfähigkeit eine große Rolle. Darüber hinaus trägt der Baustoff durch eine werkseitige Vorfertigung der Holztafelelemente zur Bauzeitverkürzung bei. Im Vergleich zu einer Massivbauweise konnten rd. 1250 t CO₂ eingespart werden. Über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren spart das Projekt im Vergleich zu einem Referenzgebäude in herkömmlicher Bauweise sogar 6350 t CO₂ ein. Das verwendete Holz stammt aus bayerischen und österreichischen Wäldern. Die PEFC-Zertifizierung garantiert eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. Mit Blick auf die knappen werdenden Ressourcen wird klar, dass Aspekte der Kreislaufwirtschaft am Bau stärker berücksichtigt werden müssen. Eine alte, ungenutzte Gewerbehalle, die zuvor auf dem Grundstück stand, wurde rückgebaut. 100 % der geprüften und geeigneten Altmasse aus der ehemaligen Lagerhalle wurden im *CampusRO* wiederverwendet. Der Abtransport des Abbruchmaterials und die Produktion von neuen Baustoffen und ihre Anfahrt fielen dadurch teilweise weg. Auch das sorgt für eine deutlich verbesserte CO₂-Bilanz.

Auf dem Grundstück entstanden zahlreiche kühlende Grünflächen mit Rasen, Bäumen und Sträuchern. Außerdem wurden Bienenweiden und Nistkästen für Vögel geplant, sodass sich



Bild 7 Werkseitige Vorfertigung

Tiere dort ansiedeln und Schutz finden können. Regenwasser wird sowohl über die begrünten Dachflächen und die begrünten Hofbereiche als auch über unterirdische Rigolen mit Versickerungsmöglichkeit möglichst lange auf dem Grundstück gehalten. Die städtische Kanalisation wird somit bei Starkregenereignissen vor starken Zuläufen geschützt. Vorrangiges Ziel des Entwurfs war es, den Bewohnern nicht nur ein Dach über dem Kopf zu bieten, sondern einen innovativen, bereichernden, inspirierenden Lebensraum für diesen prägenden Zeitabschnitt. Das gesamte Quartier ist daher in einer Siedlungsstruktur konzipiert, die das Miteinander fördert.

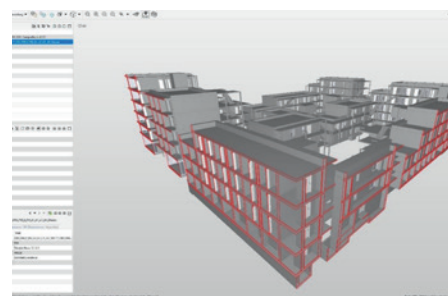
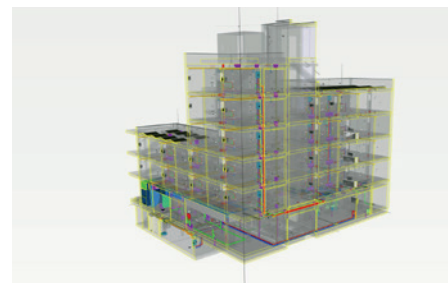
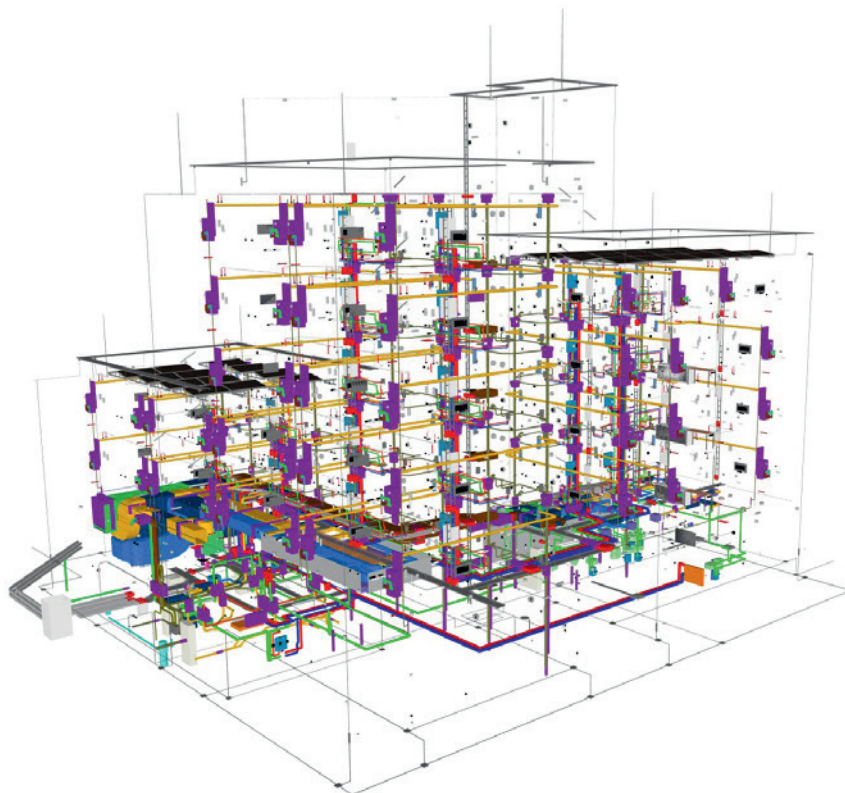
Die Umsetzung höchster Qualitätsmaßstäbe erfordert von allen Beteiligten ein gemeinsames Verständnis der Projektziele und einen intensiven Dialog auf Augenhöhe. So werden die unterschiedlichen Perspektiven nicht zum Problem, sondern befördern die Lösung. Aus Sicht der jeweiligen Akteure stehen dabei unterschiedliche Teilaspekte im Fokus.

2.1 Tragwerksplanung Holzbau

Das Planen und Bauen mit Holz verlangt von allen Planungsbeteiligten einen sehr intensiven Austausch v.a. in den sehr frühen Leistungsphasen 2 und 3. Zu diesem Zeitpunkt werden – anders als im Massivbau – die wesentlichen Parameter der Architektur, der Konstruktion sowie der Technik festgezurr. Alle Planer und v.a. auch der Bauherr wirken vollumfänglich daran mit, damit die optimalen Lösungen gemeinsam gefunden werden können.

Im Hinblick auf das Tragwerk und die Konstruktion wurden mannigfaltige Untersuchungen angestellt. Vor allem im Bereich der Deckenkonstruktion wurde sorgfältig abgewogen, welcher Konstruktionstyp sich am besten für das Bauwerk eignet. Hier wurden mittels einer Bewertungsmatrix aus Wirtschaftlichkeit, Ökologie, Bauteildicke, Leitungsführung, Holz sichtbarkeit u. v.m. sehr unterschiedliche Deckenbauteile gegenübergestellt, um die im Sinne des Projekts bestmögliche Konstruktion gemeinsam auszuwählen. Der Begriff *gemeinsam* ist an dieser Stelle deshalb wichtig, weil die Auswahl nicht allein durch die Tragwerksplaner getroffen werden konnte, sondern eben nur als Team, um die Anforderungen aus der Architektur, der Statik, des Schallschutzes, des Brandschutzes, den Aspekten der Leitungsführung und v.a. auch der Ökologie wie Ökonomie zu erfüllen. Schlussendlich einigte man sich gemeinsam auf eine Holz-Beton-Verbunddecke, da diese hinsichtlich der Spannweite, des Ressourcenverbrauchs von Holz und gleichermaßen Beton sowie der bautechnischen Anforderungen aus Brandschutz und Schallschutz den maximalen Erfüllungsgrad erreichte. Im Bereich der Außenwände wurde auf eine maximal vorgefertigte Holztafelbaukonstruktion als dämmende Hülle zu-

Quelle: CampusRO Projektentwicklungs GmbH & Co. KG; Tobias Straßer – SKAZ Films



Quelle: PONNIE Images, Aachen (o. r.); ACMS Architekten GmbH, Wuppertal

Bild 8 Abgleich BIM-Modell

rückgegriffen, die Zwischenwände der einzelnen Studentenwohnungen wurden mittels Brettsper Holz wänden in Vollholzbauweise erstellt. Die Auswahl der völlig unterschiedlichen Bauteile aus Holztafelbau, Brettsper Holz und Holz-Beton-Verbund zeigt die gemeinsame Optimierung des Tragwerks mit dem Ziel, die nachhaltigste, wirtschaftlichste und ressourceneffizienteste Konstruktion zu generieren.

2.2 Technische Gebäudeausrüstung

Das Gesamtareal wird gemeinsam über einen Hausanschluss mit Fernwärme und Trinkwasser versorgt.

Die Gebäude haben keinen Keller, eine Laubengangerschließung und keine Möglichkeit für Technikräume innerhalb der Etagen. Die von IBL vorgesehene haustechnische Erschließung erfolgt deshalb über Technikgänge unter den Gebäuden.

Die vorgenannten Anforderungen und Rahmenbedingungen erforderten ein dezentrales Versorgungskonzept für Warmwasserbereitung (über Frischwasserstationen) sowie die Ausstattung mit wohnungsweisen Lüftungseinheiten mit Wärmerückgewinnung.

Durch die Haustechnik wird der durch die Gebäudekonzeption und den vorgefertigten Holzbau vorgegebene Weg konsequent weiterverfolgt. Hier war von IBL eine Auftragsteilung vorgesehen: Alle für Bauzeit und Schnittstellen wesentlichen Technikanteile wurden zu Baugruppen zusammengefasst und vorgefertigt. Dies betraf insbesondere:

- Fertigbad mit Heizungsverteilung
- Sanitär- und Heizungsstrang
- Lüftungsvormontage im Fassadenelement

Die Bäder und Stränge wurden durch ein Fertignasszellenwerk vorgefertigt. Die Lüftungsinstallation innerhalb der Fassade war im Leistungsumfang des Holzbauers enthalten.

Diese Schnittstellenwahl ermöglichte einerseits eine risikominierte Vorfertigung sowie andererseits eine lokal kompetenzorientierte Firmenauswahl für Restinstallation, Inbetriebnahme und Facility Management.

Die haustechnische Montagezeit auf der Baustelle konnte auf ein Minimum reduziert werden.

2.3 Bauphysik

Die konsequente Ausrichtung des Projekts begann bereits bei der schalltechnischen Verträglichkeitsuntersuchung zum Immissionschutz auf der grünen Wiese im Rahmen des Architekturwettbewerbs. Der Entwurf von ACMS Architekten hat sich wohl auch deshalb durchgesetzt, da auf die Lärmsituation am Standort – in unmittelbarer Nähe der Bahngleise – besonders Rücksicht genommen wurde. Die Baukörper schirmen den Schienenlärm wirksam ab und erschaffen einen lärmberuhigten Innenhof, der sogar natürliche Fensterlüftung zur Nachtzeit ermöglicht.

Auch aus energetischer Sicht wurden keine Kompromisse eingegangen. Das selbst gesteckte Ziel, die thermische Hülle der Gebäude in Passivhausqualität zu planen sowie den höchsten förderfähigen Effizienzhausstandard 40 Plus zu erreichen, wurde konsequent umgesetzt. Neben sehr guten U-Werten wurde insbesondere auf wärmebrückenarme Planung geachtet. Der detaillierte Wärmebrückennachweis ergab Zuschläge deutlich unter 0,02 W/m²K, bei gleichzeitig wirtschaftlichen Bauteilaufbauten.

Seitens der Anlagentechnik wurde der Fernwärmeanschluss um effiziente dezentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und größtmöglicher PV-Anlage ergänzt. Dadurch konnten die strengen Anforderungen eines Effizienzhauses 40 an den Primärenergiebedarf sogar deutlich unterschritten werden.

2.4 BIM-Management

Das Projekt *CampusRO* hat einmal mehr gezeigt, dass einer der elementarsten Bausteine für ein erfolgreiches BIM-Projekt ein motiviertes und engagiertes Planerteam ist. Erfahrung aus bereits durchgeführten BIM-Projekten ist wünschenswert, aber absolut kein Muss. Grundsätzlich hat sich die partnerschaftliche Zusammenarbeit wie ein roter Faden durch das Projekt gezogen. Ein ständiger Austausch zwischen den Projektbeteiligten auf Augenhöhe wurde gelebt mit dem Ziel, dass Aufwand und Nutzen – insbesondere in Bezug auf die BIM-Thematik – immer im Verhältnis stehen. Hervorzuheben ist, dass die Planer nicht vertraglich zu einer BIM-Planung verpflichtet waren, diesen Weg jedoch gemeinsam gehen wollten.

2.5 DGNB-Audit

Für das BV wird die DGNB-Zertifizierung im System Neubau Wohnen 2018 als Platin-Zertifikat umgesetzt. Dies erfordert außerordentlich hohe Qualitäten in allen 35 DGNB-Kriterien, die das Gebäude ganzheitlich mit Anforderungen belegen. Neben ökologischen und ökonomischen Aspekten sind daher auch soziokulturelle und technische Anforderungen zu erfüllen.

Die Herausforderung der Platin-Zertifizierung liegt v. a. darin, dass im Grunde in allen Themenfeldern der Nachhaltigkeit gute Lösungen geplant und umgesetzt werden. Nur so lassen sich über 85 % der Anforderungen erfüllen. Dadurch müssen die beim Planen und Bauen immanenten Zielkonflikte – welche durch das DGNB-System transparent werden – an sehr vielen Stellen gelöst werden.

Die Platin-Zertifizierung stellt an die Beteiligten zusätzlich die Anforderung einer besonders sorgfältigen Dokumentation und Nachweisführung. Weiterhin sind zahlreiche Messungen zur Kontrolle der gebauten Qualität erforderlich.

Das Bauvorhaben weist eine sehr geringe Umweltwirkung auf, die für die DGNB-Zertifizierung mittels einer Ökobilanz für die Konstruktionen und die Nutzung ermittelt wurde. Es wird dabei ein sehr klimafreundlicher Gesamtfußabdruck CO_2/m^2 in Höhe von $10,5 \text{ kg}/\text{m}^2\text{a}$ erreicht. Dieser Wert entspricht einer Reduzierung der Umweltwirkung von 2/3 gegenüber einem Standardgebäude. Selbst der für die strenge BEG 40-NH-Förderung erforderliche Wert von $24 \text{ kg}/\text{m}^2\text{a}$ wird noch um mehr als 50 % unterschritten.

Die sehr geringe Umweltwirkung wird dabei durch zwei Strategieteile erreicht. Sowohl Konstruktion als auch Energiebedarfe in der Nutzung wurden dazu hinsichtlich der Umweltwirkungen optimiert.

Vorwiegend wurde in der Konstruktion der Baustoff Holz eingesetzt, der eine bessere CO_2 -Bilanz als bei konventionell errichteten Gebäuden bewirkt. Beton wurde lediglich an Stellen eingesetzt, an denen Holz nicht das richtige Baumaterial ist, um bspw. hohe Anforderungen an Lastabtrag, Brandschutz, Standsicherheit usw. zu erfüllen. Die so entstandene Holzhybridbauweise reduziert den CO_2 -Fußabdruck um mehr als 50 % gegenüber einer konventionellen Bauweise.

Eine auf den Dächern installierte Photovoltaikanlage erzeugt weitgehend CO_2 -neutralen Strom, der für die Energieversorgung des Quartiers verwendet wird. Der vor Ort produzierte PV-Strom kann auch von den Mietern der Studentenwohnungen bezogen werden.

Zusätzliche Schwerpunktthemen beim *CampusRO* sind folgende Nachhaltigkeitsqualitäten:

Biodiversität

Umsetzung von Maßnahmen für Lebensräume von Pflanzen und Tieren am Gebäude: Grünflächen, Nistkästen und Bienennährstauden, Vermeidung von Lichtverschmutzung.

Ressourcenschonung

Altbaumaterial der alten Gewerbehalle wurde im Neubau recycelt.

Schadstoffvorgaben

Sicherstellung von gesundheitsbewusstem Bauen, schadstofffreie Innenräume, methodische Erweiterung der LVs, Erfassung und Dokumentation aller verbauten Produkte.

Baustoffkataster

Alle Bauprodukte wurden systematisch mit ihrem Einbauort in einem digitalen Bauteilkatalog erfasst. Für das spätere Recycling stehen somit wertvolle Informationen zur Verfügung.

Messungen Schallschutz

Sicherstellung einer hohen Ausführungsqualität von Anschlüssen und Bauteilen.

Für die DGNB-Platin-Zertifizierung braucht es eine methodische Suche nach besten Lösungen. Dies konnte nur gelingen, da alle Projektbeteiligten kooperativ und zielorientiert zusammenarbeiten konnten. Im Sinne eines Miteinanders statt eines Gegeneinanders konnte diese doch komplexe Aufgabe erfolgreich bewältigt werden.

2.6 Holzbauausführung

Bereits in einer frühen Projektphase erfolgte vom Investor der Auswahlprozess zu den wichtigsten Baupartnern, darunter auch der Holzbau. Huber & Sohn hat daher das Projekt als Holzbauunternehmen ab einer sehr frühen Planungsphase begleiten dürfen. Das Vertrauen auf das gegebene Wort beruhte dabei auf Gegenseitigkeit – erst mit Abschluss der Leistungsphase 4, nach vielen Beratungsstunden, kam über einen LOI auf Basis einer Kostenermittlung die erste vertragliche Bindung zustande.

Danach erfolgte in gemeinsamen Holzbauworkshops ein vorbildlicher Planungsprozess mit den Architekten und den Tragwerksplanern. Hier wurden Details und Bauteile (Bild 9) nach technischen, architektonischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten unter Beachtung eines möglichst hohen Vorfertigungsgrads gemeinsam von Architekten, Fachingenieuren und Holzbauunternehmen ausgearbeitet. Dabei wurden in dem gesamten Prozess immer auch die Anforderungen für die geplante Zertifizierung nach DGNB Platin mit berücksichtigt. Nach Abschluss dieses Planungsprozesses erfolgte die endgültige Preisermittlung und im Anschluss die Erteilung des Bauauftrags.



Bild 9 Sichholz-Oberflächen schaffen eine natürliche Wohnatmosphäre

Aufgrund der frühzeitigen Auswahl der wichtigsten Baupartner – wie Rohbauunternehmen und Holzbau inkl. Fenster und Fassade – konnte das Projekt trotz Coronapandemie und der Verwerfungen am Rohstoffmarkt plangemäß umgesetzt werden. Da den Beteiligten viele Schnittpunkte zwischen den Gewerken aufgrund der frühzeitigen Einbindung der Unternehmen bekannt waren, reduzierten sich die sonst üblichen Überraschungen während der Ausführung auf ein sehr überschaubares Minimum.

Nach Abschluss der Planungen wurde im Juli/August 2020 das Angebot für den Bauvertrag für das studentische Wohnen erarbeitet. Hier war die Basis die zu diesem Zeitpunkt weit fortgeschrittene Planung unter Einbeziehung der Ergebnisse der Holzbauworkshops.

AG und AN haben sich dann in sehr offenen Gesprächen auf einen Vertragspreis geeinigt.

Betrachtet man nun den Zeitplan, ist die Einbindung des Holzbaus keinesfalls zu früh erfolgt. Bei einer späteren Einbindung mit einem Angebot erst im Sommer 2020 wäre die terminliche Vorgabe nur schwerlich zu schaffen gewesen. Aufgrund der Sicherheit des LOI konnte mit der Arbeitsvorbereitung begonnen und entsprechende Personalkapazitäten vorgehalten werden, ohne einen Bauvertrag zu haben. Darüber hinaus wurden die wichtigsten Materialien bei den Lieferanten vorreserviert.

Der beim Campus gegangene Weg der frühzeitigen partnerschaftlichen Zusammenarbeit hat nach Meinung der Autoren deutlich mehr Vor- als Nachteile – sowohl für den Auftraggeber wie auch für den Auftragnehmer. Dazu der Projektinitiator und Bauherr Peter Astner: „Für mich stand der gemeinsame Projekterfolg immer im Vordergrund, nicht einzelne Personen oder Firmen. Kooperativ sollte es laufen, nicht konfrontativ. In diesem Sinne hatte ich in alle Bauverträge, die wir im Zusammenhang mit unserem Vorhaben CampusRO geschlossen haben, folgende Klausel aufgenommen:

CampusRO Projektentwicklungs GmbH & Co. KG verfolgt einen partnerschaftlichen Ansatz, der im Interesse der Optimierung der Baumaßnahme die Kooperation der Vertragsparteien und Projektbeteiligten in den Vordergrund stellt. Ziel ist der gemeinsame Projekterfolg. Dieses Ziel soll durch frühzeitige Einbindung der Ausführungskompetenz der Unternehmer in die Planungsphase, gemeinsame Festlegung des Bau-Solls, Herbeiführung einer identischen Bau-Soll-Auslegung

zwischen Bauherr und Unternehmern vor Vertragsabschluss, ausgewogene Vertragsgestaltung und Risikominimierung für Bauherr und Bauunternehmer, transparente Zusammensetzung der (pauschalierten) Vergütung und gemeinsame Festlegung der Projektablaufstrukturen, erreicht werden. In diesem Sinne wurde der vorliegende Vertrag geschlossen und soll dieser durchgeführt werden.

Ich freue mich, dass ich Partner gefunden habe, die diesen Ansatz mitgelebt haben, und dass der Erfolg uns allen Recht gegeben hat, dass dieser Weg der richtige war.“

Projektbeteiligte

Bauherr:

CampusRO Projektentwicklungs GmbH & Co. KG,
Pullach i. Isartal

Architektur:

ACMS Architekten GmbH, Wuppertal

Landschaftsarchitektur:

studio grüngrau, Düsseldorf

Statik Holzbau, Bauakustik und Brandschutz:

Pirmin Jung Deutschland GmbH, Augsburg

Statik Massivbau und Architektur ab LP 6:

Guggenbichler + Wagenstaller GbR, Rosenheim

Bauphysik und Wärmeschutz:

LEICHTphysics GmbH, Bad Aibling

Heizung-Lüftung-Sanitär:

Ingenieurbüro Lackenbauer GmbH, Traunstein

Elektroplanung:

pgt Planungsgruppe Technik GmbH & Co. KG, Traunstein

Landschaftsarchitektur ab LP 5:

Landschaftsarchitektur Stiegler, Rosenheim

DGNB-Zertifizierung:

MNP Ingenieure GmbH, Lübeck

BIM-Koordination:

ODE – office for digital engineering, Wien

Holzbau:

Huber & Sohn GmbH & Co. KG, Eiselfing

Fotografie:

Sigurd Steinprinz, Düsseldorf

Wettbewerbsvisualisierung:

PONNIE Images, Aachen

Autor:innen

Prof. Christian Schlüter, c.schluter@acms-architekten.de

Laura Heidelauf, L.Heidelauf@acms-architekten.de

ACMS Architekten, Wuppertal

www.acms-architekten.de

Tobias Götz, tobias.goetz@pirminjung.de

PIRMIN JUNG Deutschland, Remagen

Andreas Lackenbauer, gf@lackenbauer.de

Ingenieurbüro Lackenbauer, Traunstein

Rafael Troll, office@leichtphysics.com

LEICHTphysics, Bad Aibling

Björn Silberbauer, office@ode.or.at

ODE – office for digital engineering, Wien

Dr. Hendrik Müller, mueller@mnp-ing.de

MNP Ingenieure, Lübeck

Josef Huber, info@huber-sohn.de

Huber & Sohn, Eiselfing

Peter Astner, info@campus-ro.de

CampusRO Projektentwicklung

Norm zur Bemessung von tragendem Lehmsteinmauerwerk verabschiedet

Kann Lehmsteinmauerwerk energieintensive Mauerwerksbaustoffe ersetzen?

Johanna Baier, Christof Ziegert

Im Dezember des Jahres 2022 wurde der Normenentwurf E-DIN 18940:2022-10 Tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung einstimmig vom DIN-Ausschuss NA 005-06-08 AA verabschiedet [1]. Die Veröffentlichung der Norm erfolgt im April 2023 [2]. Mit der bauaufsichtlichen Einführung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) ist im Laufe des Jahres 2024 zu rechnen. Die Einführung der Bemessungsnorm stellt einen wichtigen Schritt für die Anwendung klima- und ressourcenschonender Bauweisen dar. Gebäude mit einer maximalen Höhe von 13 m (Gebäudeklasse 4) lassen sich nun in tragender Lehmsteinbauweise ausführen.

1 Einführung

Das Bauen mit Lehmsteinmauerwerk zählt zu den ältesten Bautechniken weltweit und war auch in Europa weitverbreitet [3]. Im Zuge der Industrialisierung im 19. Jahrhundert wurde es jedoch nahezu vollständig durch Mauerwerk aus künstlichen Steinen wie gebrannten Ziegeln oder Kalksandsteinen ersetzt. In den letzten Jahrzehnten hat Lehmsteinmauerwerk, bestehend aus Lehmsteinen und Lehmmauermörtel, in Deutschland wieder an Bedeutung gewonnen. Hintergrund für das wachsende Interesse an Lehmbaustoffen im Allgemeinen ist ihre hervorragende Ökobilanz. So ist im Vergleich zu anderen mineralischen Baustoffen das Treibhauspotenzial (GWP) von Lehmbaustoffen deutlich geringer. Hinzukommt, dass andere Baustoffe wie Beton am Ende ihres Lebenszyklus nur zu minderwertigen Bestandteilen für neue Materialien recycelt werden können. Lehmbaustoffe hingegen können vollständig wiederverwendet werden [4].

Die Bauindustrie verursacht etwa 11 % der weltweiten CO₂-Emissionen und fast die Hälfte des allgemeinen Rohstoffverbrauchs in Europa fällt auf die Bauindustrie [5]. Demgegenüber steht ein immer weiter steigender Bedarf an Wohnraum in Deutschland. Laut der Wohnungsmarktprognose 2030 des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumentwicklung (BBSR) [6] gilt es in Deutschland im nächsten Jahrzehnt eine Nachfrage von 230.000 neuen Wohnungen pro Jahr zu decken. Generell werden derzeit rd. 73 % aller Wohngebäude in Mauerwerkbauweise errichtet, v.a. aus Ziegel (42 %), Porenbeton (30 %) und Kalksandstein (23 %) [7]. Lehmsteinmauerwerk weist ähnliche Tragfähigkeiten wie Porenbeton auf und stellt damit v.a. in Bereichen, in denen keine hohe Materialfestigkeit gefordert ist, eine umweltfreundliche und ressourcenschonende Alternative zu Mauerwerk aus künstlichen Steinen dar.

Grundlage für die Bemessung, Konstruktion und Ausführung von tragendem Lehmsteinmauerwerk bildet ab April 2023 die DIN 18940:2023-04 [2]. Nach einer baurechtlichen Einführung durch das DIBt, mit der 2024 zu rechnen ist, lassen sich Gebäude mit einer maximalen Höhe von 13 m (Gebäudeklasse 4) nun in tragender Lehmsteinbauweise ausführen.



Quelle: ZKS Ingenieure, Christof Ziegert

Bild 1 Lehmsteinmauerwerk mit einem Sockel aus Kalksandstein im Spritzwasserbereich, DRK-Kita Garz, Rügen

2 Vorstellung der neuen Norm DIN 18940 Tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung

Bisher erfolgt die Bemessung von tragendem Lehmsteinmauerwerk in Deutschland nach den *Lehmbau Regeln* [8], welche in allen Bundesländern Bestandteil der *Listen der Technischen Baubestimmungen* (LTB) sind. Das in den *Lehmbau Regeln* verankerte Bemessungskonzept basiert auf dem globalen Sicherheitskonzept und entspricht damit aus sicherheitstheoretischer Sicht nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik. Weiterhin wird der Einfluss der Materialfeuchte auf die Festigkeitsgrößen nicht explizit berücksichtigt.

Im Rahmen eines durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsvorhabens konnten ausreichend Grundlagen zusammengetragen werden, um ein neues Bemessungskonzept basierend auf Teilsicherheiten zu entwickeln. Ausgehend von experimentellen Untersuchungen der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) sowie numerischen Betrachtungen der TU Darmstadt wurde von den Autor:innen der

Normenentwurf E-DIN 18940 *Tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung* [1] erarbeitet. Das Bemessungskonzept lehnt sich an die Grundprinzipien der *Vereinfachten Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten* nach DIN EN 1996-3/NA [9] an und berücksichtigt dabei die materialspezifischen Eigenschaften von Lehmsteinmauerwerk, insbesondere den Einfluss der Feuchte auf die Festigkeits- und Verformungskenngrößen.

2.1 Anwendungsbereich der DIN 18940

Während nach den *Lehmbau Regeln* [8] maximal zweigeschossige Gebäude in der Gebäudeklasse 2 zulässig sind, ermöglicht die neue Norm die Bemessung von tragendem Lehmsteinmauerwerk in Gebäuden mit einer maximalen Höhe von 13 m (Gebäudeklasse 4). Die tragenden Lehmsteinwände erfüllen dabei auch die Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer von 60 min gemäß Gebäudeklasse 4. Lehmsteinmauerwerk ist konstruktiv vor direkter Bewitterung zu schützen, was in Form von WDVS, Fassadenbekleidungen, Putz etc. normativ vorgeschrieben wird. Aufgrund der Wasserlöslichkeit von Lehmsteinmauerwerk ist die Anwendung in Überschwemmungs- oder Hochwassergebieten im Rahmen der Norm explizit ausgeschlossen.

2.2 Bauprodukte

Für tragendes Lehmsteinmauerwerk nach DIN 18940 sind Lehmsteine nach DIN 18945 [10] sowie Lehmmauermörtel nach DIN 18946 [11] zu verwenden. Die Baustoffnormen für Lehmbaustoffe schließen die Beimengung von Stabilisierungsmitteln wie Zement oder Polymerdispersion bewusst aus, da sich diese negativ auf die Ökobilanzierung und das Raumklima auswirken würden. Auch ohne Stabilisierungsmittel können Bauprodukte mit ausreichenden Festigkeiten für die Gebäudeklasse 4 erreicht werden. Die charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit beträgt je nach Druckfestigkeitsklasse der Lehmsteine zwischen 1,9 N/mm² und 2,8 N/mm² und ist damit vergleichbar mit der Festigkeit von Mauerwerk aus Porenbetonsteinen.

Auch das Vermauern von Lehmsteinen mit anderen Mauermörteln wie Kalkzementmörtel ist im Rahmen der Norm nicht geregelt, da diese bei den stark saugenden Lehmsteinen zum Verbrennen neigen, damit nicht ausreichend abbinden und somit geringere Festigkeiten entwickeln. Außerdem lässt sich im Falle des Rückbaus der Mörtel nicht gut separieren. Ebenfalls nicht Bestandteil der DIN 18940 ist Mauerwerk aus konventionellen Mauersteinen wie Ziegeln oder Kalksandsteinen in Kombination mit Lehmmauermörtel. Unter dem Gesichtspunkt des Recyclings dieser Steinarten ist die Kombination mit Lehmmauermörtel aber zukünftig durchaus von Interesse. Es ist grundsätzlich anzunehmen, dass das Bemessungsverfahren für Lehmsteinmauerwerk auch auf Mauerwerk aus konventionellen Steinen mit Lehmmauermörtel anwendbar wäre. Allerdings liegen bisher keine Versuche vor, die diese Annahme belegen.

Derzeit nehmen mehrere Ziegel- und Kalksandsteinhersteller die hohen Energiepreise und die neue Norm für Lehmsteinmauerwerk zum Anlass, ihre Entwicklungsarbeit in Lehmsteine zu stecken. Aktuell befinden sich mehrere neue Produkte, die zum Teil auch großformatig sind, in der Erstprüfung und damit Marktfreigabe.

2.3 Besonderheiten in Konstruktion und Ausführung von Lehmsteinmauerwerk

Der wesentliche Unterschied zu anderen Mauerwerksbaustoffen ist der Einfluss der Feuchte auf die Festigkeit und Steifigkeit des Lehmsteinmauerwerks, wobei den Tragwerksplaner:innen dieser Zusammenhang aus dem Holzbau bekannt ist. Konstruktiver Feuchteschutz und ein ausreichender Witterungsschutz auf der Baustelle sind demnach sehr wichtige Punkte, die es bei der Planung, Bemessung und Ausführung von Lehmsteinmauerwerk zu berücksichtigen gilt. Die Vorgaben hierzu wurden in der DIN 18940 weitestgehend aus den *Lehmbau Regeln* [8] übernommen. Im Folgenden werden einzelne Punkte aus den Regelwerken hervorgehoben.

Lehmsteinmauerwerk ist vor aufsteigender Bauwerksfeuchte durch eine geeignete Abdichtung zu schützen. Da eine Feuchteeinwirkung im Spritzwasserbereich des Sockels nie ausgeschlossen werden kann, ist hier, wie auch im Holzbau, Lehmsteinmauerwerk durch wasserbeständiges Material zu ersetzen (Bild 1). Zudem ist aus Gründen des Havarieschutzes in jedem Geschoss bis mindestens 5 cm über OK Fertigfußboden wasserfestes Material zu verwenden.

Generell bedeutet eine nachhaltige Architektur nicht nur mit umweltfreundlichen und ressourcenschonenden Baustoffen zu planen, sondern auch den Entwurf an die Eigenschaften des Materials anzupassen. Im Lehmsteinmauerwerk bedeutet ein materialgerechtes Konstruieren z.B. Öffnungen übereinander anzuordnen. So können Wandabschnitte vermieden werden, in denen höhere Wandsdicken erforderlich sind. Zudem sollte das Öffnungsmaß über die Verwendung stehender Formate begrenzt werden, um hohe Einzellasten aus Stürzen zu vermeiden. Weiterhin ist eine ausreichende Anzahl langer aussteifender Wandabschnitte vorzusehen, wobei diese Aussage allgemein auf den Mauerwerksbau zutrifft.

Die handwerkliche Ausführung von Lehmsteinmauerwerk gleicht der von konventionellem Mauerwerk. Jedoch muss während der kompletten Bauzeit bis zur Fertigstellung des Bauwerks bei den Lehmbaustoffen und dem Mauerwerk stets der Witterungsschutz garantiert werden. Die Baustoffe und Wände sind bei Regen oben und seitlich abzudecken. Aufgrund der Frostempfindlichkeit dürfen Lehmbaustoffe außerdem nicht bei Frost verarbeitet werden und bis zur ausreichenden Trocknung des Lehmmauermörtels im Mauerwerk darf keine Frosteinwirkung auftreten.

2.4 Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit von Lehmsteinmauerwerk nach DIN 18940

Wie zu Beginn dieses Abschnitts erwähnt, konnte für Lehmsteinmauerwerk das vereinfachte Bemessungskonzept für unbewehrte Mauerwerkswände nach DIN EN 1996-3/NA [9] grundsätzlich übernommen werden, wobei einzelne Parameter im Rahmen der DIN 18940 ergänzt und angepasst wurden.

Die vertikale Traglast von Lehmsteinmauerwerk wird, wie nach DIN EN 1996-3, aus dem Produkt des Bemessungswerts der Mauerwerksdruckfestigkeit, der belasteten Fläche und dem sog. Traglastfaktor Φ_1 oder Φ_2 gebildet. Der Abminderungsbeiwert Φ_1 berücksichtigt den Einfluss von Biegebeanspruchungen an Wandkopf bzw. Wandfuß, während der Beiwert Φ_2 den Einfluss der Wandschlankheit auf die Traglast abbildet und daher in Wandhöhenmitte anzusetzen ist. Versuche und numerische Modellierungen zeigen, dass Lehmsteinmauerwerk eine geringere System-

tragfähigkeit als konventionelles Mauerwerk aus Ziegeln, Kalksandsteinen oder Porenbeton aufweist. Der Grund hierfür liegt im niedrigen Elastizitätsmodul des Lehmsteinmauerwerks, der zu einer verringerten Biegesteifigkeit und vergrößerten Querverformungen führt [12]. Deshalb wird in der DIN 18940 ein Traglastfaktor in Wandmitte Φ_2 eingeführt, der an das Tragverhalten von Lehmsteinmauerwerk angepasst wurde. Der Traglastfaktor Φ_1 am Wandkopf und Wandfuß hingegen kann aus der DIN EN 1996-3/NA übernommen werden.

Der zweite große Unterschied zur Bemessung von Mauerwerk aus künstlichen Steinen besteht in der Ermittlung des Bemessungswerts der Mauerwerksdruckfestigkeit von Lehmsteinmauerwerk. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens [13, 14] sowie weitere wissenschaftliche Untersuchungen [15–17] zeigen, dass Material- und Tragverhalten von Lehmsteinmauerwerk und seinen Komponenten stark von der Materialfeuchte abhängig ist. Deswegen ist der Kontakt mit Flüssigwasser bzw. lang anhaltender hoher relativer Luftfeuchte (RLF > 95 %) zu vermeiden. Diese Einflüsse werden durch einen ausreichenden konstruktiven Feuchteschutz und Witterungsschutz während der Bauzeit verhindert (Abschn. 2.3). Allerdings werden die bemessungsrelevanten Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Lehmsteinmauerwerk bereits im hygroskopischen Bereich mit $RLF \leq 95 \%$ stark beeinflusst. Versuche von *Wiehle* und *Brinkmann* [13] zeigen, dass eine Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % auf 80 % bei den geprüften RILEM-Körpern aus Lehmsteinmauerwerk zu einer Abminderung der Druckfestigkeit sowie des Elastizitätsmoduls bis zu 35 % führt. Generell stellen *Wiehle* et al. [14] fest, dass die Abnahme der Druckfestigkeit und des Elastizitätsmoduls mit zunehmender relativer Luftfeuchte im hygroskopischen Bereich sowohl für Lehmsteine als auch für Lehmmauermörtel durch eine lineare Beziehung beschrieben werden kann.

Aus diesem Grund werden mit der DIN 18940, ähnlich wie im Eurocode 5 [18] für die Bemessung von Holz, zwei Nutzungsklassen (NKL 1, NKL 2) und ein damit verbundener Umgebungsfeuchtefaktor M eingeführt (Tab. 1). Die Druckfestigkeit von Lehmsteinmauerwerk muss, je nach Nutzungsklasse, mit dem Faktor M abgemindert werden.

3 Vergleich der Tragfähigkeit, bauphysikalischen Eigenschaften sowie Ökobilanz von Lehmsteinmauerwerk mit Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Um einen Vergleich von Lehmsteinmauerwerk zu Mauerwerk aus künstlichen Steinen herzustellen, werden anhand eines fiktiven Beispiels erforderliche Wanddicken ermittelt. Für die Gegenüberstellung wird Mauerwerk aus Poreton, Kalksandstein und Porenbeton herangezogen. Betrachtet wird eine Innenwand ohne Öffnungen eines dreigeschossigen Wohngebäudes mit Massivholzdecken. Die Randbedingungen und Lastannahmen sind in Bild 2 dargestellt, die erforderlichen Wanddicken je Material und Geschoss werden in Tab. 2 zusammengefasst.

– Wandhöhe $H = 2,75 \text{ m}$ – Lasteneinzugsbreite Decken $L_{eb} = 6,0 \text{ m}$ – Lasten		
	Eigengewicht + Ausbau	Nutzlast
Geschossdecke	$g_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$	$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$
Dachdecke	$g_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	$q_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Bild 2 Gewählte Randbedingungen für Bemessungsbeispiel

Die erforderlichen Wanddicken sind bei Lehmsteinmauerwerk im Vergleich zu Porenbeton, Kalksandstein und Poreton etwas höher. Neben der Tragfähigkeit bestimmen jedoch oft weitere Kriterien wie Brand- und Schallschutz die Wanddicke. Diese werden ebenfalls in Tab. 2 aufgeführt. Handelt es sich bei der Innenwand z.B. um eine Trennwand zwischen zwei Nutzungseinheiten, wäre zur Einhaltung des Mindestschallschutzes bei Mauerwerk aus Poreton eine Wanddicke von 24 cm erforderlich, während beim Lehmsteinmauerwerk eine Dicke von 17,5 cm ausreichend ist. Porenbetonmauerwerk müsste sogar eine Wanddicke von 42 cm aufweisen oder alternativ eine Vorsatzschale erhalten. Auch aus Brandschutzgründen wären je nach Feuerwiderstandsklasse größere Wanddicken bei Mauerwerk aus Porenbeton und Poreton erforderlich.

Im Anbetracht des Klimawandels und der damit verbundenen jährlichen Zunahme der Tage mit Temperaturen über 30 °C in Deutschland spielt nunmehr neben dem winterlichen auch der sommerliche Wärmeschutz eine wichtige Rolle. Die hierfür maßgebliche bauphysikalische Kenngröße ist die wirksame Wärme-

Tab. 1 Umgebungsfeuchtefaktor zur Abminderung der Druckfestigkeit von Lehmsteinmauerwerk in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse nach DIN 18940

Nutzungsklasse Beispiele		Umgebungsbedingungen	Umgebungsfeuchtefaktor M
NKL 1	Innenwände von beheizten Räumen	Gekennzeichnet durch eine Ausgleichsfeuchte im Lehmsteinmauerwerk, die einer RLF von $\leq 65 \%$ entspricht. Es sind nur kurzzeitige Überschreitungen zulässig.	0,80
	Außenwände von beheizten Räumen mit außenliegender Wärmedämmung		
NKL 2	Innen- und Außenwände von unbeheizten Räumen	Gekennzeichnet durch eine Ausgleichsfeuchte im Lehmsteinmauerwerk, die einer RLF von $\leq 90 \%$ entspricht. Es sind nur kurzzeitige Überschreitungen zulässig.	0,55

Tab. 2 Gegenüberstellung erforderlicher Wanddicken von Mauerwerk aus Lehmsteinen, Porenbeton, Poroton und Kalksandstein unter Berücksichtigung der Randbedingungen und Lasten gemäß Bild 2

erf. Wanddicke für ...		Lehmstein-MW (LS-3-1,8-M2,5)	Porenbeton-MW (PP-2-0,5-DM)	Poroton-Hzl-T-MW ¹⁾ (Poroton-Hzl-T-20-1,2-DM)	Kalksandstein-MW (KS-XL-16-1,8-DM)
					
Tragfähigkeit je Geschoss	2. OG	17,5 cm ²⁾	11,5 cm	11,5 cm	11,5 cm
	1. OG	17,5 cm	17,5 cm	11,5 cm	11,5 cm
	EG	24,0 cm	17,5 cm	11,5 cm	11,5 cm
Mindestschallschutz (≥ 53 dB) Trennwand zwischen zwei Nut- zungseinheiten		17,5 cm (55,0 dB)	42 cm (53,2 dB) oder Vorsatzschale	24 cm (53,8 dB)	17,5 cm (55,0 dB)
Brandschutz einseitige Beanspruchung REI 30 / REI 60		17,5 cm / 24cm ³⁾	11,5 cm / 15 cm ⁴⁾	17,5 cm / 17,5 cm	11,5 cm / 11,5 cm

¹⁾ nach Zulassung Z-17.1-868

²⁾ Mindestdicke von tragenden Lehmsteinmauerwerkswänden, Auslastung bei 21 %

³⁾ jeweils mit beidseitigem Putz

⁴⁾ mit beidseitigem Putz auch 11,5 cm möglich

Bildquellen: Lehmstein – CLAYTEC, Porenbeton – Xella, Poroton – Wienerberger, Kalksandstein – KS-Original

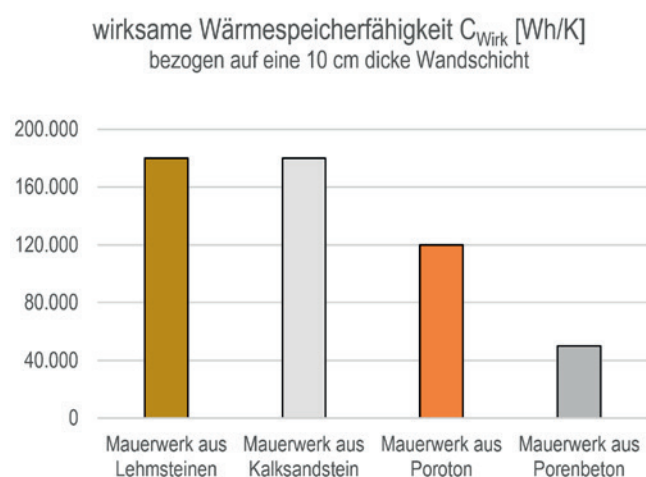


Bild 3 Gegenüberstellung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit C_{Wirk} von Mauerwerk aus Lehmsteinen, Kalksandstein, Poroton und Porenbeton

speicherfähigkeit C_{Wirk} . Generell gilt: Je größer die wirksame Wärmespeicherfähigkeit der einzelnen Bauteile, die einen Raum umschließen, desto langsamer erwärmt sich der Raum bzw. kühlt er aus [19]. Damit trägt die Größe maßgeblich zu einem stabilen Raumklima bei. In Bild 3 wird die wirksame Wärmespeicherfähigkeit von Mauerwerk aus Lehmsteinen, Poroton und Porenbeton für eine effektive Wanddicke von 10 cm gegenübergestellt. Wie schon beim Schallschutz schneiden Lehm- und Kalksandstein auf-

grund ihrer hohen Rohdichte deutlich besser ab als die anderen beiden Steine.

Ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal von Lehmbaumaterialien ist außerdem das gute Feuchtepuffervermögen, d. h. deren Eigenschaft, bei hohen relativen Raumluftfeuchten Feuchte aufzunehmen und entsprechend wieder abzugeben, wenn die Luftfeuchte im Raum sinkt (Bild 4). Diese Eigenschaft beeinflusst, wie im vorhergehenden Abschnitt erläutert, zwar die Festigkeitskenngrößen von Lehmsteinmauerwerk, stabilisiert im Gegenzug – wie kein anderer Baustoff – das Innenraumklima und trägt zur Vermeidung feuchtebedingter Schimmelpilzbildung bei [15]. Vor allem bei Lehmputzen wird diese Eigenschaft hervorgehoben. Sie trifft aber auf alle Lehmbaumaterialien zu und hängt maßgeblich vom Tongehalt und den enthaltenen Tonmineralien ab. Da die Tongehalte bei Lehmsteinen höher sind als die bei Lehmputzen [14], ist das Feuchtepuffervermögen sogar noch ausgeprägter. Die täglichen Schwankungen der Raumluftfeuchte werden maßgeblich von der Putzschicht gepuffert; die dahinterliegenden Schichten wirken dann stabilisierend für Schwankungszyklen, die über das tägliche Maß hinausgehen, wie trockene Perioden im Winter.

Das stärkste Argument für die Verwendung von Lehmsteinmauerwerk liefert allerdings ein Vergleich der Ökobilanz der Mauerwerksbaustoffe (Bild 5). Im Allgemeinen beschreibt eine Ökobilanz die umwelt- und klimabezogenen Auswirkungen eines Produkts während seines gesamten Lebenswegs – vom Ausgangsstoff über das Werkstor bis hin zu allen Prozessen am Ende ihres Lebenszyklus. Die Datengrundlage einer Ökobilanz bilden Umweltproduktdeklarationen (EPD), in denen u. a. konkrete Um-

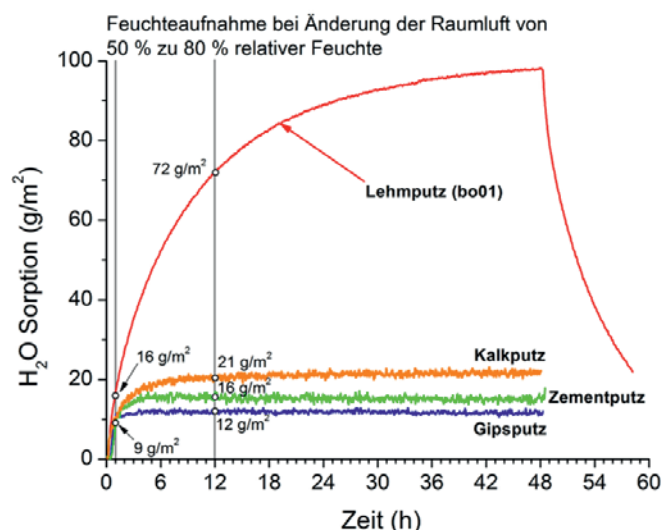


Bild 4 Feuchteadsorption von Lehm- (bo01), Kalk-, Gips- und Zementputz nach einer Erhöhung der Lagerungsfeuchte von 50 % auf 80 % RLF (bei 23 °C) [15]

weltindikatoren wie das globale Treibhauspotenzial (Global Warming Potential GWP) des jeweiligen Produkts angegeben werden [20].

Dank einer Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) konnte der Dachverband Lehm e.V. (DVL) eine aktuelle Muster-EPD für Lehmsteine [21] erarbeiten, die in den nächsten Wochen auf der Website des DVL veröffentlicht wird. Entscheidend für die Umweltbilanz von Lehmsteinen ist das angewandte Trocknungsverfahren bei der Herstellung. Nach der Muster-EPD liegt das globale Treibhauspotenzial in der Herstellung (Module A1-A3 der Ökobilanz) von technisch getrockneten Lehmsteinen

bei 55 g CO₂eq/kg. Werden die Lehmsteine hingegen freiluftgetrocknet, fällt das GWP weit geringer aus.

Lehmbaumstoffe können vollständig recycelt werden [4]. Im Rahmen der Ökobilanz von Lehmsteinmauerwerk sind deshalb die Rückgewinnungspotenziale (Module D1-D3) von größter Bedeutung. Während bei anderen Baustoffen hierzu oft keine Daten vorliegen, wurden im Rahmen der Muster-EPD mithilfe von Abbruchversuchen an der FH Potsdam [22] die Rückgewinnungspotenziale für Lehmsteine experimentell erprobt und bilanziert. Bei einer Betrachtung vom Werkstor bis zum Ende ihres Lebenszyklus kompensiert die Verwendung von Mauerwerksbruch die negativen Umwelteffekte der primären Herstellung von Lehmsteinen vollständig (Bild 5). Im Sinne einer zirkulären Bauwirtschaft stecken hierin die größten Umweltentlastungspotenziale des Lehmbaus. Unter diesem Gesichtspunkt ist außerdem der Anhang A der DIN 18940 zu nennen. Als erste Bemessungsnorm regelt die DIN 18040 den Rückbau und das Recycling von Lehmsteinmauerwerk.

4 Aktuelle Beispiele aus der Praxis

Die neue Bemessungsnorm DIN 18940 wird bereits im Entwurfsstadium angewendet. Zum Beispiel wird derzeit in Bad Aibling ein Mehrfamilienhaus aus tragendem Lehmsteinmauerwerk errichtet. Weitere Projekte sind in Planung, u.a. ein Mehrfamilienhaus mit 22 Wohneinheiten in Kirchheim bei München. Im Folgenden werden die zwei Projekte näher vorgestellt.

4.1 Forschungshäuser 2 – drei Wohnungsbauten von Florian Nagler Architekten in Bad Aibling

Das Projekt *Einfach Bauen* [24], in dessen Rahmen im Jahr 2020 drei Forschungshäuser in Bad Aibling entstanden, geht in die zweite Runde. Wie schon beim Vorgängerprojekt, werden bei den Forschungshäusern 2 drei dreigeschossige Häuser mit je sechs Wohnungen errichtet, die, um untereinander vergleichbar zu sein,

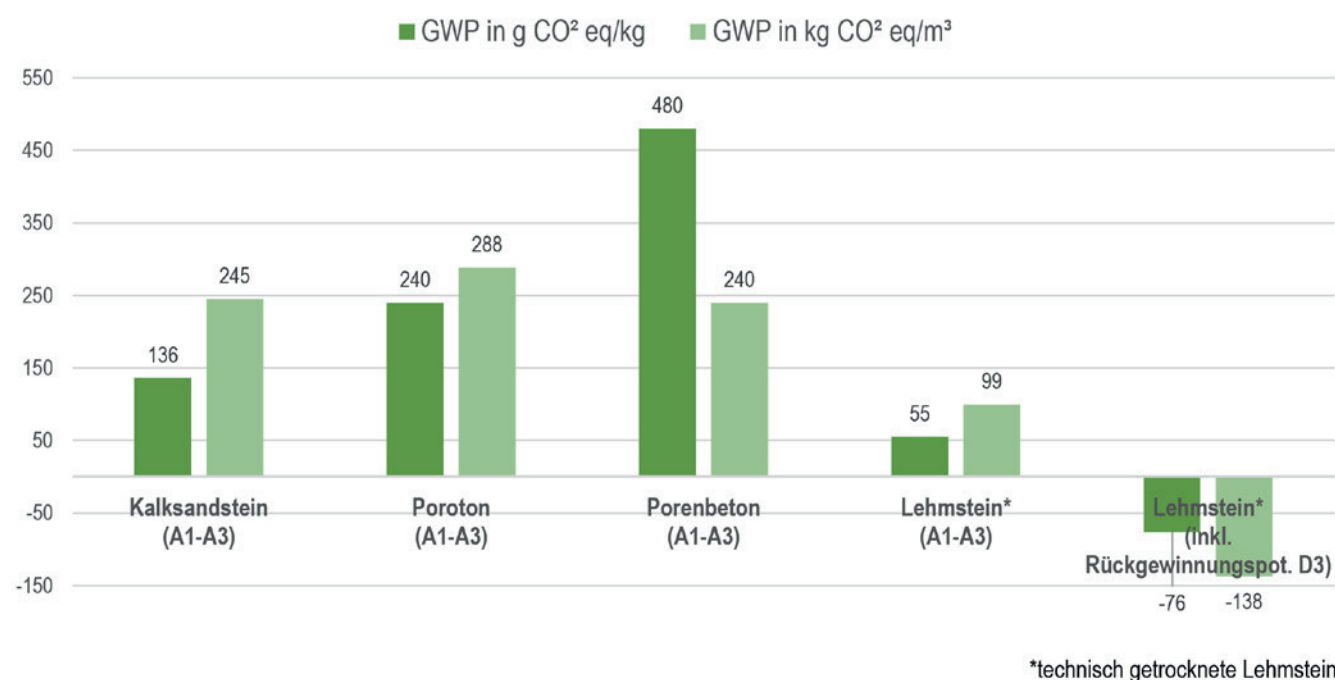


Bild 5 Globales Treibhauspotenzial (GWP 100) in der Herstellung (Module A1-A3 der Ökobilanz) von Kalksandstein, Poroton, Porenbeton und technisch getrockneten Lehmsteinen LS sowie unter Berücksichtigung der Rückgewinnungspotenziale im Modul D3 der Ökobilanz bezogen auf die Masse (kg) sowie das Volumen (m³) unter Berücksichtigung der in Tab. 2 angegebenen Rohdichten (Werte aus ÖKOBAUDAT [23], Muster-EPD Lehmsteine [21])

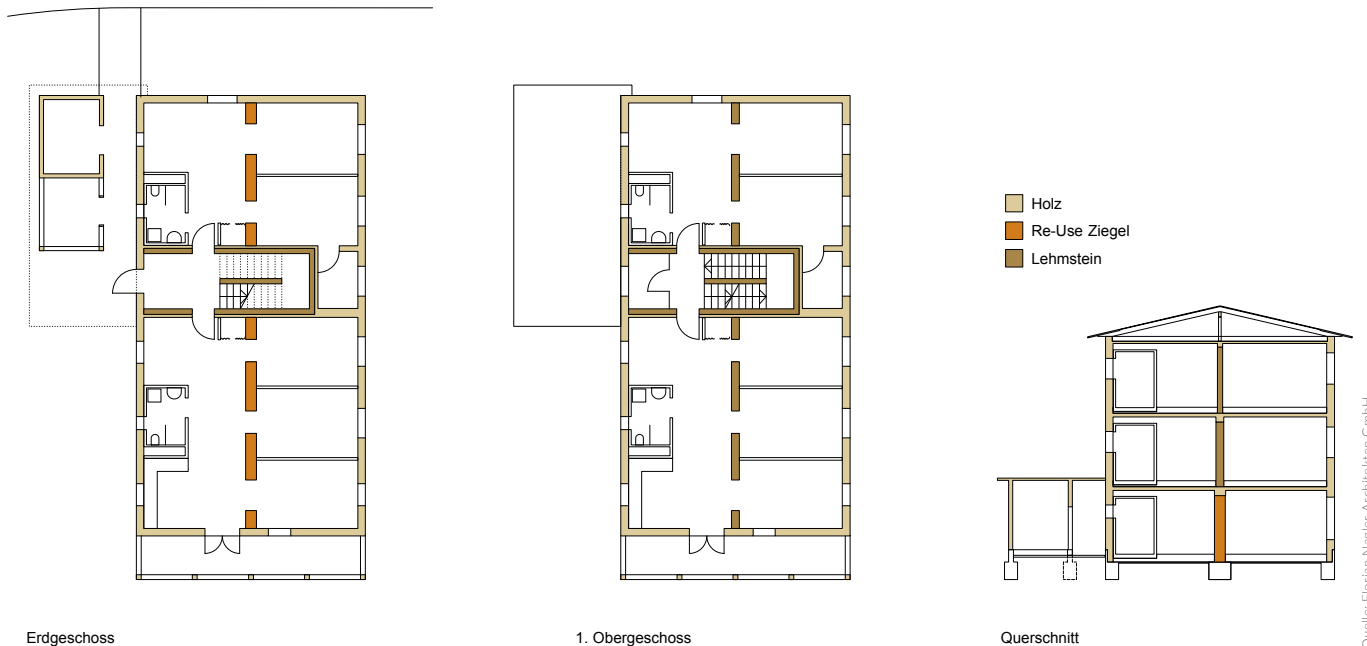


Bild 6 Grundriss und Schnitt Mehrfamilienhaus, Haus Nr. 1 mit Darstellung der verwendeten Baustoffe – Forschungshäuser 2 in Bad Aibling



Bild 7 Foto von der Baustelle der Forschungshäuser in Bad Aibling, Ausführung der Treppenhauswände aus Lehmsteinmauerwerk

in Form und Grundriss identisch sind (Bilder 6, 7). Während die ersten drei Wohnungsbauten in monolithischer Bauweise mit Holz, Ziegeln und Beton errichtet wurden, werden nun beim Bau der Forschungshäuser 2 Baumaterialien mit schlechter Umweltbilanz durch einen möglichst hohen Anteil an Holz, Lehm oder Recyclingbaustoffen ersetzt. Alle Außenwände werden bei den drei Häusern in unterschiedlichen Holzbauweisen errichtet, die Innenwände hingegen in Massivbauweisen. Zwei der drei Häuser werden mit tragenden Lehmwänden realisiert: im Haus 1 wird Lehmsteinmauerwerk eingesetzt, bei Haus 2 werden Stampflehmwände errichtet und bei Haus 3 recycelte Ziegel vermauert. Die massiven Innenwände sollen dazu beitragen, dass die Häuser im Winter wenig Wärmeenergie verbrauchen und im Sommer nicht überhitzen.

Da es sich um dreigeschossige Gebäude handelt und die neue Bemessungsnorm für Lehmsteinmauerwerk erst im Entwurf verfügbar war, war eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) für die tragenden Lehmsteinwände erforderlich. Die Erstellung des dafür notwendigen Gutachtens übernahmen die Autor:innen für ZRS Ingenieure. Die Bemessung erfolgte durch mkp Ingenieure anhand des Entwurfs der Bemessungsnorm DIN 18940 für Lehmsteinmauerwerk. Die Treppenhauswände und die Wände im 2. Obergeschoss weisen eine Wanddicke von 24 cm auf. In der Haupttragachse sind aufgrund der Öffnungen und kurzen Wandabschnitte im 1. Obergeschoss 36,5 cm dicke Lehmsteinwände erforderlich, im Erdgeschoss werden recycelte Ziegel mit Kalkmörtel in einer Wandstärke von 51 cm vermauert. Der Lehmmauermörtel und die verwendeten Lehmsteine mit einer Steindruckfestigkeitsklasse SFK 2 werden von der Firma Claytec geliefert. Ursprünglich war auch im Erdgeschoss Lehmsteinmauerwerk vorgesehen, jedoch waren zum geplanten Ausführungsbeginn keine Lehmsteine der dafür notwendigen Festigkeitsklasse SFK 3 verfügbar. Ein Zu-

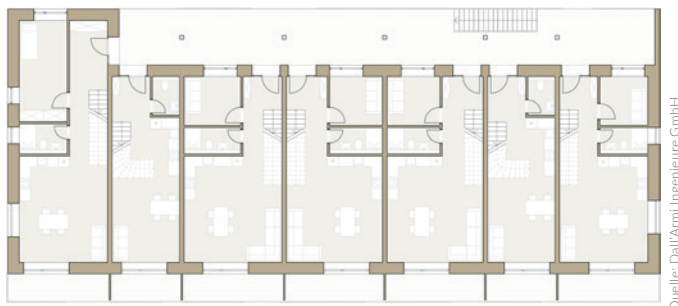


Bild 8 Ansicht und Grundriss Mehrfamilienhaus Quartier Grüner Wohnen in Kirchheim bei München

stand, der sich inzwischen geändert hat: auch Lehmsteine der SFK 4 sind inzwischen am Markt vorhanden.

Das Mauern der tragenden Lehmsteinwände wurde im Februar 2023 begonnen.

4.2 Quartier Grüner Wohnen – Mehrfamilienhäuser von Dall'Armi Architekten in Kirchheim bei München

Einfaches Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen und Lehm ist gemäß Dall'Armi Architekten der Grundsatz für das Projekt *Grüner Wohnen*, in dessen Rahmen u. a. zwei Mehrfamilienhäuser mit insgesamt 22 Wohnungen entstehen (Bild 8). Auch im Tragwerk wird dieser Ansatz umgesetzt. Die Wände des Erd- und Obergeschosses sind in tragendem Lehmsteinmauerwerk und die Geschossdecken in Brettstapelbauweise geplant. Wände, Bodenplatte und Streifenfundamente des Kellergeschosses werden größtenteils aus unbewehrtem Beton hergestellt. Die hohe speicherwirksame Masse des Lehmsteinmauerwerks verbessert im Besonderen den sommerlichen wie winterlichen Wärmeschutz der Gebäude. Auch schallschutztechnisch sind aufgrund der hohen Rohdichte der Lehmsteine keine weiteren Maßnahmen wie z. B. Vorsatzschalen erforderlich.

Für die tragenden Innenwände aus Lehmsteinmauerwerk, die gleichzeitig die Wohnungstrennwände bilden, ist eine Wanddicke von 24 cm erforderlich, die Außenwände weisen eine Wanddicke von 36,5 cm auf. Auf Grundlage des Entwurfs der Bemessungsnorm DIN 18940 konnte v. a. für die Innenwände gegenüber den *Lehmbau Regeln* eine schlankere Wanddimensionierung erreicht werden. Die Tragwerksplanung erfolgt durch das Ingenieurbüro Mender Consult, wobei die Autor:innen für ZRS Ingenieure die Fachberatung Lehmhaus übernommen haben.

Die Lehmsteine für das Bauvorhaben *Grüner Wohnen* sollen von der Firma Kimm geliefert werden. Das Unternehmen, welches bisher ausschließlich Kalksandsteine produziert, entwickelt aktuell zusammen mit der Materialforschungs- und -prüfanstalt für das Bauwesen (MFPB) Weimar klein- bis mittelformatige Lehmsteine (bis zu 16 DF). Druckversuche nach DIN 18945 zeigen, dass die Lehmsteine mit mittleren Druckfestigkeiten $f_{St} \geq 3,5 \text{ N/mm}^2$ die Steindruckfestigkeitsklasse SFK 3 erreichen.

Um die Frostfreiheit bei der Ausführung des Lehmsteinmauerwerks zu garantieren, ist der Bau der tragenden Mauerwerkswände im Frühjahr 2024 geplant.

5 Zusammenfassung

Die Einführung der DIN 18940 für tragendes Lehmsteinmauerwerk stellt einen wichtigen Schritt für die breitere Anwendung

klima- und ressourcenschonender Bauweisen dar. Dabei legt die DIN 18940 die Anforderungen, Einsatzbereiche und Leistungsmerkmale fest, die bei der Bemessung, Konstruktion und Ausführung von tragendem Lehmsteinmauerwerk beim Neubau zu berücksichtigen sind.

Generell ist Lehmsteinmauerwerk mit charakteristischen Druckfestigkeiten zwischen $1,9 \text{ N/mm}^2$ und $2,8 \text{ N/mm}^2$ keine Bauweise für *schneller, weiter, höher*. Die Gegenüberstellung mit Mauerwerk aus gebrannten, energieintensiven Steinen wie Poroton und Porenbeton zeigt dennoch das große Potenzial von Lehmsteinmauerwerk auf. Die aufgrund der geringeren Tragfähigkeit von Lehmsteinmauerwerk größeren Wandstärken werden relativiert durch wichtige positive Einflüsse auf den sommerlichen Wärmeschutz und das Innenraumklima. Zudem ist im Wohnungsbau oft nicht die Tragfähigkeit entscheidend für die Wahl der Wandstärke, sondern bauphysikalische Eigenschaften wie Schall- und Brandschutz. Vor allem im Schallschutz schneidet Lehmsteinmauerwerk aufgrund der hohen Rohdichte sehr gut ab. Die neue Muster-EPD für Lehmsteine macht überdies noch einmal den klaren ökologischen Vorteil gegenüber Mauerwerk aus Kalksandstein, Ziegel und Porenbeton deutlich.

Im Anwendungsbereich der Gebäudeklassen 1–4 könnte zukünftig ein großer Teil der energieintensiven Mauerwerksbaustoffe durch Lehmsteinmauerwerk ersetzt werden.

Dank

Die Bemessungsnorm DIN 18940 konnte dank des durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsprojekts *Schaffung von Bemessungsgrundlagen für Lehmmauerwerk auf Basis von DIN EN 1996-3/NA mittels experimenteller und numerischer Untersuchungen* entstehen. Ein besonderer Dank für die konstruktive Zuarbeit geht außerdem an Manfred Lemke vom Dachverband Lehm e. V. sowie Philipp Wiehle von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM.

Projektbeteiligte

- Forschungsvorhaben der Deutschen Bundesstiftung Umwelt: Schaffung von Bemessungsgrundlagen für Lehmmauerwerk auf Basis von DIN EN 1996/NA mittels experimenteller und numerischer Untersuchungen (2018–2022)
Projektleitung: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM
Projektpartner: Technische Universität Darmstadt
Projektpartner: ZRS Ingenieure GmbH
- Quartier *Grüner Wohnen*, Kirchheim bei München
Bauherr: DEUTSCHES HEIM WOHNUNGSBAUGESELLSCHAFT mbH
Architektur: Dall'Armi Ingenieure GmbH Denken Planen Bauen
Tragwerksplanung: Dall'Armi Ingenieure GmbH mit Mender Consult
Fachberatung Lehmhaus: ZRS Ingenieure GmbH
- Forschungshäuser II, Bad Aibling
Bauherr: B&O Gruppe
Architektur: Florian Nagler Architekten GmbH
Tragwerksplanung: merz kley partner GmbH
ZiE-Gutachten: ZRS Ingenieure GmbH

Literatur

- [1] E-DIN 18940:2022-10 (2022) *Normenentwurf Tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung*. Berlin: Beuth. Ausgabe Okt. 2022.
- [2] DIN 18940:2023-04 (2023) *Tragendes Lehmsteinmauerwerk – Konstruktion, Bemessung und Ausführung*. Berlin: Beuth. Ausgabe Apr. 2023.
- [3] Röhlen, U.; Ziegert, C. (2020) *Lehmbau-Praxis – Planung und Ausführung*. Berlin: Beuth.
- [4] Schröder, H.; Lemke, M. (2020) *Ökologische Bilanzierungen für Lehmbaumstoffe* in: Dachverband Lehm e. V. [Hrsg.] *LEHM 2020: Tagungsbeiträge der 8. Fachtagung für Lehmbau*. 8. Internationale Fachtagung für Lehmbau, Weimar, 30. Okt.–1. Nov. 2020 (abgesagt).
- [5] Pföh, S.; Schneider, P.; Grimm, F. (2015) *Leitfaden 01: Ökologische Kenndaten*. Projektplattform Energie, München.
- [6] Held, T.; Waltersbacher, M. (2015) *Wohnungsmarktprognoze 2030*. BBSR-Analysen kompakt, H. 7.
- [7] Statistisches Bundesamt Destatis [Hrsg.] (2022) *Bauen und Wohnen – Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff, Lange Reihen ab 2000*. Wiesbaden.
- [8] Dachverband Lehm e. V. [Hrsg.] (2009) *Lehmbau Regeln – Begriffe, Baustoffe, Bauteile*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [9] DIN EN 1996-3:2010-12 inkl. NA (2010; 2019) *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten*. Berlin: Beuth. Ausgabe Dez. 2012, Dez. 2019.
- [10] DIN 18945:2018-12 (2018) *Lehmsteine – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*. Berlin: Beuth. Ausgabe Dez. 2018.
- [11] DIN 18946:2018-12 (2018) *Lehmmauermörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*. Berlin: Beuth. Ausgabe Dez. 2018.
- [12] Brinkmann, M.; Graubner, C.-A. (2020) *Load-bearing capacity of slender earth masonry walls under compression* in: Kubica, J. et al. [eds.] *Brick and Block Masonry – From Historical to Sustainable Masonry: Proceedings of the 17th International Brick/Block Masonry Conference*. 17thIB2MaC 2020, Krakow, July 5–8, 2020.
- [13] Wiehle, P.; Brinkmann, M. (2020) *Tragfähigkeit von Lehmmauerwerk – experimentelle und numerische Analyse* in: Dachverband Lehm e. V. [Hrsg.] *LEHM 2020: Tagungsbeiträge der 8. Fachtagung für Lehmbau*. 8. Internationale Fachtagung für Lehmbau, Weimar, 30. Okt.–1. Nov. 2020 (abgesagt).
- [14] Wiehle, P.; Simon, S.; Baier, J.; Dennin, L. (2022) *Influence of relative humidity on the strength and stiffness of unstabilised earth blocks and earth masonry mortar*. Construction and Building Materials 342, 128026. doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128026
- [15] Müller, U.; Ziegert, C.; Kaiser, C.; Röhlen, U. (2012) *Eigenschaften industrieller Lehmbauprodukte für den Mauerwerksbau und Verhalten von Lehmsteinmauerwerk*. Mauerwerk 16, H. 1, S. 17–28. doi.org/10.1002/dama.201200527
- [16] Hansen, E. J.; Hansen, K. K. (2002) *Unfired clay bricks, moisture properties and compressive strength* in: Gustavsen, A. et al. [eds.] *Proceedings of the 6th Symposium on Building Physics in Nordic Countries*. Trondheim, June 17–19, 2002. Norwegian University of Science and Technology, pp. 453–460.
- [17] Heath, A.; Maskell, D.; Walker, P. (2012) *Modern earth masonry- structural properties and structural design*. The Structural Engineer 90, No. 4, pp. 38–44.
- [18] DIN EN 1995-1-1:2010-12 inkl. NA (2010; 2013) *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*. Berlin: Beuth. Ausgabe Dez. 2010; Aug. 2013.
- [19] Willems, W. M. [Hrsg.] (2017) *Lehrbuch der Bauphysik*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [20] BBSR [Hrsg.] (2017) *ÖKOBAUDAT Grundlage für die Gebäudeökobilanzierung*. Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis 09. Bonn.
- [21] Dachverband Lehm e. V. [Hrsg.] (2023) *Musterumweltproduktdeklaration für die Baustoffkategorie Lehmsteine (UPD LS) nach DIN EN 15804*. (noch unveröffentlicht)
- [22] FH Potsdam [Hrsg.] (2021/22) *Report Rückbaustoffe Lehm*.
- [23] BMWBS [Hrsg.] (o. J.) *BBSR ÖKOBAUDAT-Datenbank* [online]. Berlin: Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche.html
- [24] TUM [Hrsg.] (o. J.) *Einfach Bauen* (Forschungsgruppe) [online]. München: Technische Universität München. <https://www.einfach-bauen.net/#einfach-bauen>

Autor:in

Johanna Baier, baier@zrs.berlin
 Prof. Dr. Christof Ziegert, ziegert@zrs.berlin
 ZRS Ingenieure GmbH, Berlin
www.zrs.berlin

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.

Eingereicht: 23. Februar 2023; angenommen: 27. Februar 2023.

Holzbau – Sonderheft der Bautechnik

In den Sonderheften **Holzbau** der Zeitschrift *Bautechnik* erfahren Sie das neueste aus Forschung und Praxis zum modernen Holzbau. In kompakter praxisnaher Form werden Sie stets über den Tellerrand hinaus breit und kompetent informiert.

www.ernst-und-sohn.de/holzbau

Ernst & Sohn
 A Wiley Brand

Erscheint: halbjährlich
 Sprache: Deutsch
 Bestell-Nr.: 5091 0122

Chefredakteur:

Dr.-Ing. Dirk Jesse

Redaktion – Fachbereich Holzbau:

Dr. Till Vallée

Agrarische Biomasse für den klimagerechten Bau

Ein Überblick über Ressourcenpotenziale, Klimaschutzbeiträge, Anwendungen und Zielkonflikte

Jan Grossarth

Der Holzbau für Hunderte Millionen Menschen soll im Zuge der globalen Klimaschutzpolitik eine zentrale Rolle als Kohlenstoffsenke spielen. Nachwachsende Rohstoffe aus landwirtschaftlicher Produktion werden in diesem Zusammenhang noch kaum diskutiert. Dabei gibt es Gründe dafür: Getreide oder Gräser wachsen je Hektar meist schneller auf als Waldbäume. Baustoffe aus ihnen weisen insgesamt oft bessere Treibhausgasbilanzen auf. Derzeit werden Gräser, Feldreststoffe oder Pappeln aus landwirtschaftlichen Kurzumtriebsplantagen (KUP) noch in hohem Maße energetisch verwertet. Dadurch wird der in der Biomasse gebundene Kohlenstoff wieder freigesetzt. Solche agrarische Biomasse könnte deutlich vermehrt im Bau genutzt werden, was den Lebenszyklus der nachwachsenden Rohstoffe über Jahrzehnte verlängern könnte und höhere Wertschöpfung für die landwirtschaftliche Erzeugung verspricht. Damit dies gelingen kann, bräuchte es aber einen Dialog darüber in der gesamten Wertschöpfungskette, vom Landwirtschaftsbetrieb bis zum Bauunternehmen und Bauherren/Endkunden, um historisch gewachsene Pfade und Verwertungsstrukturen infrage zu stellen und – mit allen wirtschaftlichen Risiken – aufzubrechen. Der Ausbau der Rohstoffbasis unterliegt jedoch agrarökologischen Einschränkungen und einem Vorrang der Nahrungsmittelherzeugung.

1 Vom Holzbau zu agrarischen Baustoffen

Das Bauwesen muss in der Europäischen Union laut den gesetzlichen Vorgaben bis Mitte des Jahrhunderts klimaneutral werden, in Deutschland bereits bis 2045 [1]. Zu den Treibhausgasemissionen, die dem Bauwesen angerechnet werden können, zählen im Fall von Wohn-, Büro- oder Lagergebäuden auch die Emissionen der Rohstoffgewinnung, Herstellung von Baustoffen, der Bauprozess, der Gebäudebetrieb und auch der Abriss der Gebäude. Zum Staatsziel der Netto-Null-Treibhausgasemissionen in diesem Segment der Volkswirtschaft können verschiedene Pfade führen. Zu nennen sind bspw. etwa eine Vermeidung von Betonen, eine Reduktion des Klinkeranteils im Zement und damit von CO₂-Emissionen im chemischen Prozess, aber auch Vorfertigungen von modularen Gebäudeteilen aus Holz oder etwa viele weitere prozesstechnische Fortschritte – von CO₂-Speicherungen in tiefen Bodenschichten (CCS) bis zur Elektrifizierung des Transport- und Baumaschinenwesens [2]. Auch positive Energiebilanzen eines Gebäudes durch Photovoltaikanlagen könnten diesem als Beitrag zur CO₂-Reduktion angerechnet werden [3]. Der – wie auch immer politisch flankierte – Weg der Suffizienz hin zu kleinerem Wohnraum pro Kopf wäre ein weiterer Pfad, ein anderer der zunehmende Bau im Bestand [4]. Nicht zuletzt und seitens der Klimawissenschaft sehr stark propagiert ist der Holzbau.

Der Holzbau ist geeignet, einerseits Zement einzusparen und andererseits Kohlenstoff in der Gebäudesubstanz über Jahrzehnte zu speichern [5]. Nachwachsende Baustoffe weisen i.d.R. günstigere Klimabilanzen auf als mineralische [6]. Eine regionale Herkunft mit kurzen Transportwegen verbessert überdies die Lebens-

zyklus-Treibhausgasbilanzen des Bauens [7]. Die politische und wissenschaftliche Debatte konzentriert sich derzeit überwiegend auf den Holzbau. Klimawissenschaftliche Beiträge erklären den globalen Holzhausbau in den kommenden Jahrzehnten für eine wirksame Maßnahme zur Eingrenzung der Erderwärmung [5]. Holzbaustoffe wie Brettschichtholz oder auch für den Tragwerksbau höherer Bauten geeignetes Brettsperrholz (cross laminated timber, CLT) sollen dabei eine maßgebliche Rolle spielen.

Prognosemodelle rechnen utopisch anmutende Großszenarien: Demnach sollen für bis zu 90 % der bis 2100 in den globalen Städten zusätzlich lebenden Menschen neue Wohngebäude aus Holz entstehen. So könnten zusätzlich 106 Gt CO₂ in der Gebäudesubstanz gespeichert werden. Um den dafür nötigen zusätzlichen Materialbedarf zu decken, müsste sich die Anbaufläche für Holz-



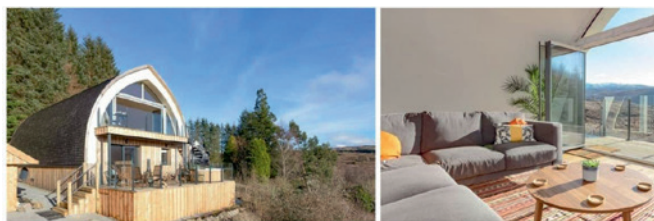
Bild 1 Bauernhaus in Ostgalizien mit Fassadendämmung aus Stroh, undatiert

Quelle: Delcampe

Parution dans «La Maison Ecologique» avril 2020

LA MAISON ECOLOGIQUE N°116
46construction
paille
enquêteTexte Mailya Belliot
Photos CNCP
(sauf mention contraire)100
ans et toute
sa paille

a)

Cottage - Stronilan, near Port William - UKC2955
Strawbale Collection - Jill Strawbale
House
★★★★★
4 2 2 07 nights from
€935
Add date for exact prices and
to see other rental options

b)

Bild 2 Ausschnitt aus der Jubiläumsbroschüre 100 Jahre Strohballenhaus in Montargis (a), Vermarktung eines Strohballenhauses für Ferien in Schottland, 2022 (b)

plantagen bis 2100 jedoch etwa verdreifachen: von derzeit rd. 137 Mio. ha auf bis Ende des Jahrhunderts mehr als 400 Mio. ha [8]. Die globale jährliche Zunahme der Plantagenfläche müsste von 2 Mio. ha auf 3,6 Mio. ha ansteigen. Flächenkonkurrenzen gerade mit der Nahrungsmittelerzeugung sind zu befürchten. Denn zugleich wächst der Kalorienbedarf der zunehmenden Weltbevölkerung [9]. Der epochale Ausbau der Holzplantagen soll angeblich ohne gravierende landwirtschaftliche Ertragseinbußen möglich sein [8]. Das Flächenpotenzial für eine groß angelegte Aufforstung auf degradiertem und dünn besiedeltem Land ist Gegenstand von wissenschaftlichem Disput, wird aber als sehr groß eingeschätzt [10].

Holzressourcen müssten zu Großteilen aus hochproduktiven Plantagen kommen. Bambus – wenn dieser auch botanisch zu den Gräsern zählt – und die (wenig trockenresilienten) Fichten werden als Kulturen genannt. Aber auch im Bau aufgrund ihrer weichen Struktur eher nicht geeignete Plantagenhölzer werden zunehmend in den Blick genommen. Dazu zählt der Eukalyptus [11]. Bioverfahrenstechniken wie der thermische oder chemische Holzaufschluss und auch biobasierte Klebstoffe erweitern die Möglichkeiten der Werkstofftechnik. Diese Techniken vergrößern zugleich die Nutzungsmöglichkeiten agrarischer Biomasse [12].

Die Landwirtschaft wird in diesen bioökonomischen Entwürfen des Zukunftsbaus hingegen ausschließlich als Flächenkonkurrentin (also Nahrungsmittelerzeugerin) erwähnt, nicht aber selbst als Baurohstoffquelle. Dabei war sie das historisch eigentlich über Jahrtausende. Stroh von verschiedenen Getreidekulturen wurde in Verbindung mit Lehm in Ausfachungen verwendet, aber mit Sand auch als Dämmmaterial der Decken in Fachwerkhäusern (Bild 1). Auch diente es für Dachdeckungen oder Wetterschutzfassaden, wenn in letzterem Einsatzfeld gewiss auch mit relativ kurzen Lebensdauern.

Aber agrarische Baustoffe sind nicht nur ein Thema der vorindustriellen Vergangenheit des Bauwesens, also nicht nur der bäuerlichen Epoche oder – wenn man so sagen will – der historischen Bioökonomie. Sie haben auch eine innovative Geschichte. Der Strohballenhausbau (Bilder 4, 5) mit Strohballen als Tragwerk ist erst durch moderne Pressen ab Ende des 19. Jahrhunderts möglich geworden [13]. Das erste moderne Strohballenhaus Europas, das *Maison Feuillette* in Montargis südlich von Paris, wurde 1921 errichtet und steht dort, wenn auch gelegentlich saniert, bis heute. Moderne Strohballenhäuser werden derweil als Luxus-Ferienimmobilien zur Vermietung angeboten (Bild 2). Moderne Hanfbauweise, die unter dem Namen Hempcrete in der Forschungsliteratur behandelt werden, sind ein weiteres Beispiel für innovative Baumaterialien vom Feld [14]. Auch Wiesengras kann im Bau als Dämmstoff Anwendung finden.

Die Klimaziele sind eine neue, zentrale Bewertungsgrundlage für das Für und Wider der Nutzung von Acker und Weide als Rohstoffquellen. Das Bauwesen steht am Beginn einer epochalen Wende. Zum maßgeblichen Faktor werden die Klimabilanzen des Baus. Stroh als Baustoff weist im Vergleich mit Brettschichtholz (BSH, engl.: Glulam) die besseren klimabezogenen Ökobilanzdaten auf [6], wobei dieser Vergleich eher illustrativ ist, da beide Baustoffe völlig unterschiedliche Eigenschaften aufweisen – das BSH mit hoher Biegezugfestigkeit ist etwa als horizontales und aussteifendes Bauteil geeignet. Für die Glulam-Herstellung wiederum geeignet könnten Pappeln oder Weiden aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) sein, was in ersten Vorstudien des Instituts für Holzbau der Hochschule Biberach erprobt wurde, aber noch nicht in der Anwendung ist [15]. Durch prozesstechnische Innovationen weitet sich auch im Holzbau der Rohstoffradius auf Agrarhölzer wie die Pappel aus. Für sie sprechen die im Vergleich mit Fichten, Kiefern oder Waldaubhölzern deutlich kürzeren Umtriebszeiten von nur etwa 4–20 Jahren bis zur Ernte. Glulam oder CLT werden meist aus weicherem Nadelholz gefertigt, aber die Verwendung von Laubholz wird seit einigen Jahren zunehmend möglich und praxisrelevant durch prozesstechnische Innovationen seit den 2000er- und 2010er-Jahren. Hersteller werben mit dem Einsatz als Tragwerk auch im Hochhausbau, mehrere Praxisprojekte sind gegenwärtig im Bau [16].

Mancher historische Pfad der Rohstoffnutzung sollte angesichts dieser Entwicklungen – der klimapolitischen, der technischen – überdacht werden. Die schnell wachsende Pappel, die rechtlich als Agrarrohstoff gilt, da sie auf Ackerflächen angebaut werden kann, etwa wird in Deutschland – aufgrund des historischen Verwertungskontexts der Energiewende – einseitig als ein *Energieholz* gesehen [17]. Im Zusammenhang mit baustofflicher Nutzung wird sie noch nicht diskutiert [18, 19]. Das ist, gerade angesichts der klimapolitischen Ambitionen, historisch zwar nachvollziehbar, aber sachlich dringend revisionsbedürftig.

Die Verwendung agrarischer Biomasse zu Bauzwecken unterliegt andererseits dem Vorbehalt der Nachhaltigkeit [20]. Die Wirtschaftlichkeit und die Umweltverträglichkeit der neuen Baustoffe sind danach gleichermaßen bedeutsam [21]. Reduktion von Mineraldünger und Pestiziden wie auch eine Diversifizierung der Fruchtfolgen und innovative symbiotische Agraransätze wie Agroforst sind ökologisch geboten wie agrarpolitisch gewollt [22]. Auch Pappel- oder Weideholz von Feldrandflächen – entweder von den europarechtlich geforderten Ökologisierungsf lächen (Greening) oder der zunehmenden Umstellung auf Agroforstsysteme – könnten verstärkt auf ihre baustoffliche Eignung hin untersucht werden. Auch diese wären aus dem Blick der holzbasierten Bioökonomie als Zellstofflieferanten zu betrachten und sind als solche vielseitig für Dämm- oder andere Bauzwecke einsetzbar [23].

In diesem Aufsatz soll aus einem klimapolitisch erweiterten Blick die Eignung wesentlicher agrarischer Rohstoffe als Baumaterialien betrachtet und Bedingungen für die zunehmende Nutzung genannt werden. So entsteht ein erster – und gewiss nicht vollständiger – Überblick, der mögliche Pfade für künftige Nutzungs- und Forschungsschwerpunkte andeuten soll. Damit wird die landwirtschaftliche Ressourcenbasis erstmals vor dem Hintergrund aktueller klimawissenschaftlich formulierter Ansprüche wie auch der politischen Emissionsminderungsziele mit der Baubranche als nachhaltiger Verwenderin in Verbindung gebracht.

1.1 Klimabilanzen agrarischer Biomasse

In einem Bauprojekt werden i.d.R. mineralische und nachwachsende Stoffe kombiniert verwendet, maßgeblich für die Umweltbewertung ist die Ökobilanz des gesamten Gebäudes über seinen Lebenszyklus [24, 25]. In die Gebäudeökobilanz fließen Umweltproduktdeklarationen (EPD) von Baustoffen ein, die wiederum auf Ökobilanzen basieren. Bäume, Gräser, Getreide oder Sträucher entnehmen der Atmosphäre während ihres Wachstums Kohlenstoffdioxid und binden es. Durch eine möglichst langfristige baustoffliche Verwendung der holzigen Biomasse lässt sich Kohlenstoff der Erdatmosphäre während der Nutzungsphase bis zur Kompostierung oder Verbrennung für mehrere Jahrzehnte entnehmen. Die Kohlenstoffbilanz eines biogenen Baustoffs wird zu einem maßgeblichen Entscheidungskriterium für die Wahl. Das gilt insbesondere auch deshalb, weil das Interesse von Investoren wie der Baubranche selbst an den Treibhausgasbilanzen durch den veränderten Finanzmarktrahmen der EU stark ansteigt [26].

Die Kohlenstoffbilanz eines nachwachsenden Baustoffs hängt von vielen Faktoren ab, wie der Schnelligkeit des Biomasseaufwuchses [27], dem Aufwand an mineralischen Düngemitteln für die Erzeugung, den Landnutzungsänderungen durch zusätzliche Nachfrage nach dem Rohstoff, der Nutzung chemischer Pestizide, dem Treibstoffaufwand der Ernte, der für den Transport aufwendigen Energie oder auch den Emissionen, die für die Baustoffverarbeitung anfallen. Hierzu zählt etwa die Energie für thermische Press- oder Klebverfahren, Trennverfahren, Reinigung, aber auch verwendete Kleb- oder Fügungstoffe. Mit Blick auf die spezifischen Transportwege ist jedes Bauprojekt gesondert zu betrachten. In Vergleichsstudien ist das Stroh herausragend [6, 28]. Das liegt einerseits an seinem schnellen Biomasseaufwuchs, andererseits am geringen Energieaufwand der Verarbeitung. In der Netto-Treibhausgasbilanz schneiden Bauholz und Bambus-Brettstichholz etwas schlechter ab als Stroh, jedoch noch besser als Hempcrete (dt.: Hanfkalk oder Hanfbeton), ein Verbundwerkstoff aus Hanf

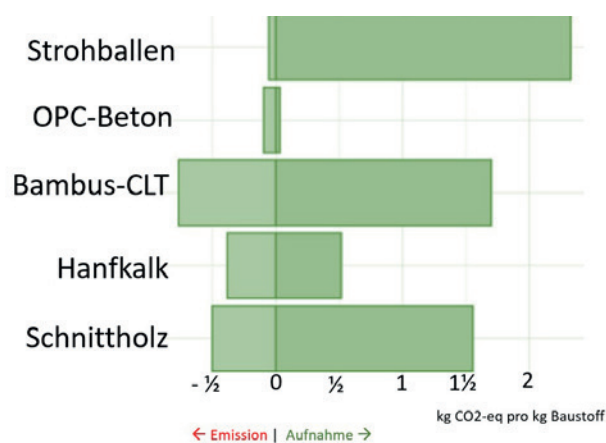


Bild 3 CO₂-Bilanzen nachwachsender Baustoffe – die Grafik hat illustrativen Charakter, sinnvollerweise müssten die Emissionswerte je kg Baustoff auch auf die funktionale Einheit der Dämmwerte oder unterschiedliche Rohdichten bezogen werden (nach [6, S. 158])

und Kalk (Bild 3). In der Ökobilanzierung kommt dem Stroh auch zugute, dass es ein Nebenprodukt der Getreide- oder Futtermittelproduktion ist. Hier entfallen bei einer rechnerischen Allokation der Energieaufwände des Anbaus und der Ernte nach ökonomischem Wert der Produkte des Landwirts nur relativ geringe Teile auf das Stroh. Hanf wird oft zum Hanfbeton oder mit Kalk zum Hanfkalk gemischt, da er meist in dieser Form baustofflich betrachtet wird, etwa als Hanfkalkstein; für die Verarbeitung zum Dämmstoff oder zur Bauplatte braucht es diese Beimischung nicht. Der Beton mit Portlandzement (OPC) hat im Saldo eine negative CO₂-Bilanz. Die geringen Ausmaße der Balken in Bild 3 erklären sich hier durch die Skalierung je kg Baustoffmasse.

Zahlreiche regionale Ökobilanzen nachwachsender agrarischer Rohstoffe liegen vor. Ein Beispiel: Im spanischen Valencia werden rd. 7500 t Reisstroh jährlich nach der Ernte verbrannt. Eine stärker in Wert setzende Verarbeitung und Verwendung des Reisstrohs als Baustoff verringerte – bei verbesserten Dämmwerten der Gebäude – die Klimabilanz über den Lebenszyklus um 78 %. Verglichen wurden tragende Holzrahmen-Wandelemente mit eingepresstem Reisstroh mit in dieser Region üblichen zweischichtigen Ziegelfassaden [29]. Ähnlich vorteilhaft wird der Massivbau mit



Quelle: Delcampe

Bild 4 Tüchtiger Bauer, tüchtiger Bauherr? – Briefmarke aus Nebraska, wo der Strohballenhausbau im 19. Jahrhundert entstanden ist



Quelle: Eiskamp Bau

Bild 5 Ein Holzverschaltes Doppelhaus, dessen Holzrahmen mit Hanfsteinen ausgefacht wurde, Baujahr 2021, Niedersachsen

Strohballen bewertet [30]. Für Strohballenhäuser wurde eine um 61 % verringerte Treibhausgasbilanz über einen 60-jährigen Gebäudelebenszyklus berechnet, im Vergleich mit einem auf übliche Weise massiv errichteten Haus [28]. Ob im Sinne der Klimagerechtigkeit Stroh oder etwa besser Sägespäne als Zuschlagstoff für Lehmziegel verwendet werden sollten, hängt entscheidend von den konkreten Transportwegen ab [31]. In der Gesamtschau aus Ökobilanzen, Rohstoffverfügbarkeit und baulichen Kriterien sind Hanfstein, aber v.a. Stroh besonders vielversprechend. „Straw bale constructions are considered as a promising solution towards the goal of decarbonisation of building sector“, resümieren etwa Koh et al. [30]. Aber gilt das auch für die Folgen einer vermehrten Nutzung von Getreidestroh für die Agrarökosysteme? Um diese wichtige Randbedingung einer vermehrten Rohstoffnutzung zu klären, ist der Weitblick auf die Agrarökologie notwendig.

1.2 Agrarökologischer Rahmen

Eine Diversifizierung von Fruchtfolgen ist im Ackerbau ausdrücklicher Wille der agrarökologisch orientierten Politik der EU und Deutschlands [22]. Neue Marktzugänge für die Landwirtschaft gelten dafür als notwendig – auch innovative Bauprodukte können diese bieten. Das kann Konsequenzen für die Anbausysteme haben. Eine Koppelnutzung kann Pfade der Reinkulturen und der Effizienzzüchtung infrage stellen. Alte Getreidesorten weisen z.B. deutlich längere Halme und weniger große Samenstände auf. Womöglich wären sie vor dem Hintergrund der baustofflichen Nutzungsmöglichkeiten wiederzuentdecken. Dann würden sich Landwirte weniger einseitig als Ernährer sehen und orientieren müssen, sondern als Produzenten einer Vielzahl an Neben- und Koppelprodukten für die Weiterverarbeitung in mehreren Branchen vor dem Hintergrund der nachhaltigen Entwicklung. Die Versorgung auch des Baustoffmarkts stellt für Agrarwirte gewissermaßen also auch eine kulturelle, kommunikative Herausforderung dar [32]. Zugleich wird die Landwirtschaft vermehrt als Carbon-Farming-Sektor betrachtet. Eine Humus aufbauende Landwirtschaftsweise ist gewollt und zunehmend lukrativ: Der Emissionszertifikatshandel eröffnet neue Geschäftsmodelle [33]. Insbesondere hier zeichnet sich ein gravierender Nutzungskonflikt ab: Um Humus aufzubauen, müssen Ernterelikte wie Getreidestroh auf dem Feld möglichst zurückgelassen werden, damit sie von den Bodenorganismen wie Würmern und Bakterien zu organischer Bodenmasse verstoffwechselt werden können. Hier ist eine offene Forschungs-

frage, ob und in welchem Maße eine nachhaltige Landwirtschaft auch drei Nutzungen erlaubt: etwa Weizenanbau für die Zwecke der Ernährung, des Strohballenbaus und zusätzlich des Carbon Farmings. Stroh schlicht als Abfall der Landwirtschaft zu bezeichnen, den man in jedem Fall möglichst weitgehend nutzen müsse und solle, greift unter Nachhaltigkeitsaspekten zu kurz [13].

1.3 Ökonomischer Rahmen

Was wären die ökonomischen Voraussetzungen dafür, dass es tatsächlich zu einem verstärkten agrarischen Baurohstoffanbau kommt? Im Zuge der zunehmenden Veröffentlichungspflichten für Unternehmen von sog. nicht finanziellen Kennzahlen zu Umwelt-, Sozial- und Gleichstellungsaspekten (ESG) muss ein stetig wachsender Kreis von Unternehmen solche Kennziffern erheben und bei Lieferanten einholen [34]. Dasselbe gilt für Bauunternehmen, die sich am Kapitalmarkt finanzieren. Weiter spielt die Ökobilanzierung von Gebäuden eine gewichtige Rolle in der Nachhaltigkeitszertifizierung, etwa durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), wie auch für die umweltbezogenen Produktdatenblätter von Baustoffherstellern (EPD). Jenseits des Finanzmarktrahmens bedürfte es kommunikativer Innovationen in der gesamten Wertschöpfungskette. Das Beispiel der Kurzumtriebsplantagen (KUP) mit Pappeln oder Weiden in Deutschland zeigt die *unerträgliche Trägheit* [35] der Veränderung: Hier waren schon vor gut zehn Jahren deutlich größere Zuwächse der Anbauflächen erwartet worden [36–38] als tatsächlich erfolgten [18]. Ökonomische Perspektiven scheinen dennoch gegeben [39]. Akteure handeln noch nicht koordiniert auf gemeinsame Nachhaltigkeitsziele. Landwirtschaftsbetriebe richten ihr Handeln an erwarteten Umsätzen, aber auch entlang gewohnter Pfade aus. Für die Getreidemärkte gibt es ausgereifte Modelle der Preisprognosen und Absicherungen für Preisschwankungen, aber auch agronomisches Wissen. Weil jährlich neu gesät wird, ist im Ackerbau die Flexibilität größer als im Falle der mehrjährig wachsenden Pappeln und Weiden aus KUP. Eine künftige Nachfrage nach *Bau-Rohstoffen vom Feld* ist überhaupt schwer vorhersehbar. Konservatismus und eine Pfadabhängigkeit der Landwirtschaft als Nahrungsmittel- und Bioenergielieferantin sind ebenfalls zu berücksichtigen, wenn mögliche Transformationsmöglichkeiten des Systems analysiert werden. Was müsste also geschehen, damit mehr Landwirte nachwachsende Baustoffe anbauen? Aufgrund der Systemträgheit erscheinen innovative Beteiligungs- und Kommunikationsformate

hilfreich. Im Grunde müssten sich alle relevanten Akteursgruppen frühzeitig an einen Verhandlungstisch setzen und nach tragfähigen Lösungen suchen: Bauunternehmen, Baustoffhersteller, Händler, Landwirte (Value-Chain-Innovation) [40]. Der Anbau von *Baupflanzen* verlangt von Landwirten, gewohnte Pfade zu verlassen, was diese aber nur langsam tun. Deshalb hat das Stroh einen weiteren Vorteil: es entsteht einfach als Nebenprodukt des Getreidebaus in großen Mengen. Denn es ist keine Pflanzenart, sondern fällt als Koppel- oder Nebenprodukt des Getreideanbaus an.

2 Ressourcenpotenziale und Nutzungskonflikte

Die steigenden Lebensmittelpreise [41] geben einen Anreiz, mehr Nahrungsmittel auf der Fläche anzubauen. Der Markt für Stroh als Nebenprodukt folgt dem Markt für Brotgetreide. Allerdings liegt das Hauptgeschäft des globalen Agribusiness im Bereich der Tierhaltung. Die Hälfte des global bebaubaren Landes ist Acker- oder Weideland, darauf wächst zu 77 % Futter für die Tierhaltung. Mais als Tierfutter wird i. d. R. komplett verfüttert, während Soja Neben- und Koppelprodukte bringt, auch potenziell baulich nutzbares Sojastroh. Weidelgras, auch potenzieller Dämmstoff, wird komplett verfüttert.

Die Biomasse der Landwirtschaft wächst insgesamt schneller nach als das Holz der Wälder. Das sog. Biomassepotenzial von Feld und Acker ist in Deutschland insgesamt deutlich größer als dasjenige der Wälder [42]. Die agrarische Trockenmasseernte in Deutschland betrug 2015 etwa rd. 137 Mio. t, aus den Forsten wurden 48 Mio. t entnommen. Jedoch wurde deutlich mehr der Holzbiomasse vom Forst stofflich genutzt (Tab. 1).

Tab. 1 Stoffliche Nutzung agrarischer und forstlicher Biomasse in Deutschland 2015 [42]

	Ernte Trocken- masse (Mio. t)	Über- wiegende Nutzung (Mio. t)	Stoffliche Nutzung (Mio. t)	Ener- getische Nutzung (Mio. t)
Agrarische Biomasse	137	89/21 Futter-/ Nahrungs- mittel	23 verarbeitete Waren	23
Forstliche Biomasse	48	34 stofflich	34	25

Auch für Deutschland stellt das Haupthindernis für verstärkten agrarischen Bau also der große Tierbestand dar. 89 von 137 Mio. t agrarischer Biomasse wurden 2015 verfüttert. Aber auch die 23 Mio. t, die energetisch eingesetzt werden, sind eine beachtliche Menge, die als Baustoff dienen könnten. Immerhin sind das etwa zwei Drittel der gesamten stofflich genutzten Holz-Biomasse aus dem Forst. Insgesamt werden erst nur 10 % der Getreideernten stofflich genutzt (Tab. 2).

Tab. 2 Anteile stofflicher Nutzung von Feldfruchtclassen [42]

Feldfruchtklasse	Anteil stofflicher Nutzung [%]
Ölsaaten	28
Getreide	10
Zuckerrüben	3

2.1 Agrarische Biomasse als Innovationsthema

Bei Weitem nicht alle Baustoffe, die benötigt werden, können nachwachsen. Neben der Ausweitung des Anbaus ist v. a. eine Vernetzung intersektoraler, biogener Stoffströme, eine kaskadierende Nutzung oder sogar ein Upcycling von Reststoffen wie Altholz notwendig – gewissermaßen eine *Bau-Bioökonomie* [43]. Ein wesentlicher Teil davon ist die konsequentere und höherwertige Nutzung von biogenen Reststoff- oder Abfallströmen. Ein zentrales Innovationsfeld ist die Nutzbarmachung von Pilzmyzelen als Baustoff [44]. Auch die Verwendung von Altpapier als Dämmmaterialien oder auch konstruktiver Baustoff ist zu nennen, etwa Honigwaben-Sandwichkerne für den Leichtbau [45]. Nachwachsende Biomasse und organische Abfallmasse lassen sich in Bio-raffinerien prinzipiell zu Polymeren umwandeln, die auch baulich nutzbar sind. Ein Beispiel ist Bioplastik aus Weidelgras, ein anderes Bioplastik aus genveränderten, hocheffizient stoffwechselnden Bakterien, die organische Abfälle (Fette) als Nährsubstrat erhalten [46]. Die Beispiele sollen den innovativen Charakter der *Bau-Bioökonomie* unterstreichen. Die Biotechnologie ist zentral. Auch Genomveränderungen nicht nur an Mikroorganismen, sondern auch im Forst- und Agrarbereich sind vor dem Hintergrund präziser und schneller Züchtungsverfahren und der Nachhaltigkeitsziele neu zu diskutieren und zu bewerten [47, 48]. Beispielsweise lassen sich etwa mittels Genom-Editierung die Lignin-, Zucker- oder Zellulosegehalte von Pappeln verändern [49]. Auch wird an biotechnologisch erhöhten Trockentoleranzen geforscht [50].

2.2 Agrarische Biomasse als ethisches Thema

Aus ethischer Sicht wären Fragen des technischen *Könnens* und des klimapolitischen *Müssens* des kohlenstoffarmen Baus im Kontext von Freiheitsrechten von Bauherren, Wirtschaftsakteuren wie auch des verfassungsrechtlich verbrieften *Klimaschutz-Freiheitsrechts* kommender Generationen zu diskutieren. Politisch wäre von Holzbauförderungen oder sogar -pflichten bis hin zu biogenen Mindestanteilen im Bauordnungsrecht zu denken. Ethisch stellt sich viel früher die Frage, ob biotechnische Expertenkreise dazu neigen, schon durch die Rede von Biomasse das Lebendige zur Verfügungsmasse zu degradieren [51]. Zur Ethik der neuen Pflanzenzüchtetechniken kommt die Ethik der Flächennutzungskonkurrenz. Gilt *Food First* bedingungslos? Wie fällt die ethische Gewichtung der Frage nach *Fleisch oder Kohlenstoffbindung* aus? Insgesamt könnte eine Verwendung des Strohs für bauliche Zwecke einerseits die problematische Flächenkonkurrenz weiter anheizen, andererseits aber den Nachfrageanstieg nach Bauholz und bremsen und damit naturnahe Wälder schonen. Die zunehmenden Ansprüche des Bauwesens an die Flächennutzung bringen hohe ethische Ambivalenzen mit sich, die für Wirtschaft wie Politik ethischer Begleitforschung bedürfen [47]. Sie sollte das Konzept der *planetaren Grenzen* berücksichtigen [48]. Agroforst, der Nahrungsmittel und Baustoffe auf einem Schlag wachsen lässt, kann eine bauwirtschaftlich willkommene Win-win-Technologie sein.

2.3 Blick auf die wichtigsten agrarischen Baustoffe

2.3.1 Getreidestroh

Die Biomasse von Getreidestroh als Nebenprodukt ist womöglich weniger kritisch zu sehen als reine Plantagen. Verwendet wird v. a. Weizen-, Dinkel-, Roggenstroh, aber auch Stroh von der Reis- pflanze oder von Triticale (BauStroh GmbH). Ein großer Vorteil des Baustrohs ist dessen hervorragende Wärmespeicherfähigkeit wie auch hohe Schallabsorption [52]. Strohballenhäuser und Stroh-Holzrahmenhäuser erreichen die U-Werte von Passivhäusern [53]. Strohballen lassen sich auch für Dachaufbauten verwenden – etwa in 36 cm Stärke – oder, auf erhöhten Schraubfundamen-ten, als Dämmstoff im Bodenfundament. Insgesamt liegt der Energiebedarf in der Materialherstellung deutlich unter dem von erdölbasierten Dämmstoffen: für die Herstellung einer Stroh-wanddämmung mit dem U-Wert $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ werden etwa nur $10 \text{ kWh}/\text{m}^2$ benötigt – eine XPS-Dämmung schlägt hingegen mit $345 \text{ kWh}/\text{m}^2$ zu Buche; eine Holzfaserdämmplatte hat einen ähn-lich hohen Wert von $329 \text{ kWh}/\text{m}^2$ [53]. Auch ist die begrenzte Verfügbarkeit des Erdöls mitzudenken.

Stroh wird etwa auch in Lehmziegeln verwendet, darin zu Anteilen von rd. 20 % bis 30 %. Hier sind aber auch Sägespäne üblich und ein mögliches Substitut des Strohs [54]. Für Lehmputze ist Stroh eine Haftgrundlage, wobei dünnes, langes Stroh verwendet wird. Ein Gemisch aus Stroh und Lehm ist der Wellerlehm, wofür wieder-um möglichst dünne Strohhalme von 30 cm bis 40 cm Länge be-nötigt werden [55]. Ein weiteres innovatives Anwendungsfeld sind Holzrahmenmodule, die 80 cm oder weniger dick mit Stroh ausgefüllt sind und sich – arbeitsökonomisch günstig – teilstan-dardisiert vorfertigen lassen (sog. Mod-Cell-Panels [56]). Hinsicht-lich der Halmerträge schneidet der Roggen, auch im Verhältnis zu den Kornerträgen, besser ab als Weizen oder Hafer (Tab. 3).

Tab. 3 Korn- und Strohertrag ausgewählter Kulturarten [57, S. 160.]

Kulturart	Kornertrag [dt/ha]	Strohertrag [dt/ha]
Winterweizen	30–55	45–75
Winterroggen	25–50	50–80
Hafer	30–50	40–55

2.3.2 Weidelgras und Miscanthus

Pflanzenfasern auch aus Gräsern lassen sich grundsätzlich als Dämmstoff, aber auch für die Weiterverarbeitung in Bioraffine-rien verwenden. Weidelgras und Miscanthus (Chinaschilf) gelten beide als Energiegräser, lassen sich aber v. a. auch als Einblas- oder Schüttdämmstoff nutzen [57]. Miscanthus lässt sich mit Erntema-schinen des Maisanbaus ernten – er ist anspruchsarm, was Bo-dengüte und Pflanzenschutz angeht [58, 59]; eine Reihe von Bau-stoffen wie Dämmplatten oder auch Ausfachsteine sind bereits am Markt, jedoch verhindern auch hier fehlende Baustoffnormen eine verbreitete Verwendung. Weidelgras (engl.: Ryegrass) ist häu-fig auf Tierweiden, aber auch in Stadtparks oder auf Sportplätzen angepflanzt und gilt als unempfindlich und mit bis zu 90 cm als schnell wie hoch wachsend; es erlaubt bis zu drei Ernten je Som-mersaison, sodass die Frischgras-Hektarerträge bei bis zu 28 t lie-gen, mehr als dem Dreifachen von Weizen oder Mais. Getrocknet ergibt das etwa 8,5 t, davon rd. 4,25 t Zellulose [57]. Das Gras er-gibt nach Trocknung und Verarbeitung etwa 15 % Zellulosefasern,

die übrigen Nebenprodukte können als Proteinfutter, Stickstoff-düngemittel oder als Lebensmittelzusätze verwendet werden. Hauptprodukt ist oft Strom und Wärme aus Grasbiomasse. Wei-delgras-Pellets werden auch zu Bioplastik gemacht, was wieder-um möglicher Baustoff sein kann. Weidelgras gilt als bestgeeig-netstes Gras für die Erzeugung chemischer Grundstoffe in sog. grünen Bioraffinerien [60]. Weniger positiv im Vergleich zum Stroh schlägt sich in der Energie- und Klimabilanz nieder, dass das feucht gemähte Weidelgras vor der Weiterverarbeitung getrock-net werden muss. Für den Brandschutz wird die getrocknete Graszellulose mit einer Borsalzlösung behandelt (auch wenn die Europäische Kommission Borsäure und Borax als besorgniserre-gende Stoffe nach REACH-Verordnung reproduktionstoxisch ein-stuft). Wiesengras-Dämmschüttung kann als Zwischensparren-dämmung, Deckenunterdämmung, Bodenplattendämmung und Innenwanddämmung hinter Vorsatzschalen eingesetzt werden (DIN 4108), aber auch als biogene Bewehrung im Gussbeton oder in Putzen. Hervorragend ist die Wärmespeicherkapazität des Wiesengrases, was es als Dämmstoff qualifiziert, weniger aber als Stützfasern (Tab. 4).

2.3.3 Hanf

Seit Jahren kehrt die Nutzpflanze Hanf auf Europas Äcker zurück, und dort hat sie eine lange Geschichte. Die Faserpflanze wächst schnell und dicht, wenige oder keine chemischen Pestizide sind nötig. Die tiefen Wurzeln können die Wasseraufnahmefähigkeit verbessern. Hauptprodukte sind meist Hanföl oder Samen, als Rohstoff für die Pharma-, Bio-Farben- oder Nahrungsmittelindus-trie, wohingegen die Schäben und Hanffasern als Dämmstoff oder Dichtstoff oder für in Ausfachungen von Häusern verwendete Hanf-Lehmsteine oder Hanf-Kalksteine verwendet werden [57]. In die Ökobilanzierung gehen allerdings relativ viele Verarbei-tungsschritte nach der Aussaat, Feldbestellung und Ernte ein: Röste, Faseraufbereitung, Kämmen, Mischen, Behandlungen für den Brandschutz, Trocknung. Für das Hanfstroh gibt es identische Einsatzmöglichkeiten, die oben diskutiert wurden. Anwendungen gibt es auch in Form von Hanfdämmplatten.

2.3.4 Pappeln und Weiden (KUP)

Pappelholz aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) wird heute im We-sentlichen, wie es im technischen Jargon der Energiepolitik so schön heißt, der thermischen Verwertung zugeführt. Eine im Lich-te der oben angeführten Zusammenhänge sinnvollere Möglichkeit der Verwertung kann die Herstellung von Brettschichtholz bzw. Brettsperrholz (cross laminated timber, CLT) aus Pappelstäbchen sein. Erste Versuche in den Laboren der Hochschule Biberach er-gaben vergleichbare Tragfestigkeitseigenschaften mit konventio-nellem Brettschichtholz. Das Herstellungsverfahren ähnelt der Herstellung von CLT auch als tragende Bauteile aus Weich- und Laubholz wie der baustofflich lange vernachlässigten Buche, die sich – von europäischer Grundlagenforschung ausgehend – seit wenigen Jahren global in der Baupraxis durchsetzt [15]. Die Pap-pel weist für dieses Vorhaben besondere Vorteile auf, denn sie ist durch europäische Baustoffnormen bereits als CLT-Rohstoff zu-gelassen (DIN EN 14080). Pappeln wachsen schnell und auch auf minderguten Böden ab etwa 30 Bodenpunkten, in KUP-Plantagen stehen zwischen 1000 und 13.000 Bäume auf 1 ha, in Agroforst-systemen aber nur 100 Bäume/ha [17]. Es gibt zahlreiche ökologi-sche Argumente für den Einsatz von Pappeln, etwa den möglichen Verzicht auf Düngung, die Tiefwurzelung, den Humusaufbau durch Laubabfall, der auf dem Boden belassen wird [37, 61].

Tab. 4 Wärmespeicherkapazität ausgewählter marktgängiger Baustoffe: spezifische Wärmekapazität C (nach [57, S. 16 f.])

Baustoff	Spezifische Wärmekapazität C [J/kgK]
Wiesengras	2200
Holzfaser	2000
Seegras	2000
Getreidegranulat	1950
Hanf	1700
Flachs	1640
Stroh	1000
Beton	880

2.3.5 Bambus

Weil Bambus gerade im globalen Blick von der Klimawissenschaft als potenzialreicher Baustoff genannt wird und weil er botanisch auch ein Gras ist, soll er hier – trotz geringer Relevanz des Anbaus in Mitteleuropa – auch erwähnt werden. Da das Bevölkerungswachstum in Asien größer ist als in Nordamerika und Europa, gilt Bambus als der global wichtigste Baustoff der Holzbauzukunft. Es gibt Hunderte Arten, Dutzende Gattungen Bambus; als Zellstoffquelle sind alle geeignet, aber nur wenige können auch als konstruktiver Baustoff verwendet werden, wie der mehr als 10 cm am Tag wachsende *Guadua angustifolia* [62]. Vielen gemeinsam ist das überragend schnelle Wachstum. Schon lange wird es auch in Europa im Bau verwendet, aber eher für die Herstellung von Bauprodukten, Böden, in Faserbeton [57]. Manche Arten wachsen am Tag 90 cm. Der Große Dornenbambus (*Bambus arundinacea*) ist eine davon. Moso-Bambus eignet sich für Parkettböden. Ökosystemisch ist zu beachten, dass Bambus sehr viel Wasser benötigt bzw. dem Boden entnimmt. Prozesstechnisch fällt Energie für die Trocknung an. Bambus-CLT wird in verschiedenen Kombinationen mit anderen Hölzern als tragender Baustoff mit großer Zukunft gesehen. Die Biegefestigkeit von gemischten Bambus-Bauholz-CLT lag in Versuchen wegen der hohen Materialelastizität mehr als 2,5-fach so hoch wie die von CLT aus Fichte und Kiefer, aber die Scherfestigkeit war geringer [63].

Auch die Dämmwerte solcher Hybrid-Bambus-CLT scheinen überzeugend zu sein [63, 64]. Im holzarmen China findet das Material besonderes Interesse, gerade auch vor dem Hintergrund der hervorragenden Klimabilanzen des Baus [63]. In Asien verwendet man Bambus auch traditionell für Gebäudeeinrüstungen (Bild 7). Die Intensivierung des noch vermehrt kleinbäuerlichen Anbaus wird hinsichtlich ihrer ökologischen Folgen beobachtet werden. Als Nutzpflanze hat Bambus in Deutschland trotz Frostresistenz noch keine Bedeutung, sein Wachstum ist langsamer als in den asiatischen Anbaugebieten.

3 Fazit und Ausblick

Der Einsatz biogener Baustoffe dürfte vor dem Hintergrund der globalen Klimaschutzpolitik stark zunehmen. Die einseitige Betrachtung des Holzes als Baustoff bedarf einer Erweiterung auf agrarische Rohstoffe, seien sie traditioneller oder innovativer Art. Insbesondere Stroh und Gräser, darunter der Bambus im asiatischen Raum, sind hier zu nennen. Viele weitere Stoffe wurden hier nicht diskutiert, sind aber zu nennen: Flachs oder Baumwolle, Kokos, Ananas, Schilf und Rohrkolben (gerade im Zusammenhang mit Moor-Renaturierungen), Brennnessel, Jute und Hopfen, Zuckerrohr. Die Verwendung steht immer im Begründungszusammenhang mit der Agrarökologie, der Flächenkonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion, aber auch einer zunehmenden hochwertigen Wiederverwertung organischer Reststoffe (umgangssprachlich: Abfallströme). Zum Beispiel wäre ein Upcycling gebrauchter Jeanshosen zum Fassadendämmstoff aus Umweltsicht einer Neuherstellung aus Baumwollfasern vorzuziehen.

In dieser Weise ist eine holzbasierte oder zellstoffbasierte Bioökonomie im System [23] zu betrachten und zu bewerten. Jede Innovation in Richtung einer Kreislaufwirtschaft senkt den Druck auf die Fläche, also den Bedarf an nachwachsenden Ressourcen. Eine ausführliche Technikfolgenabschätzung des zunehmenden Baus mit landwirtschaftlicher Biomasse ist geboten. Fachleuten der Agronomie, Ökonomie, Ökologie, Ökobilanzierung, des Bauingenieurwesens, der Architektur/Stadtplanung, des Brandschutzes und ggf. ethische Begleitforschung müssten daran mitwirken.

In Zukunft werden nicht nur innovative Kombinationen von agrarischer oder forstlicher Biomasse untereinander – wie am Beispiel des CLT sichtbar wurde – von Bedeutung sein, sondern auch derselben mit Beton, Stahl oder Ziegeln. Beton-Holz-Verbunddecken



Quelle: Hochschule Eilberach, Institut für Holzbau

Bild 6 Brettschichtholz aus jungen KUP-Pappeln



Quelle: Pixabay

Bild 7 Brücke aus Bambus in Kambodscha

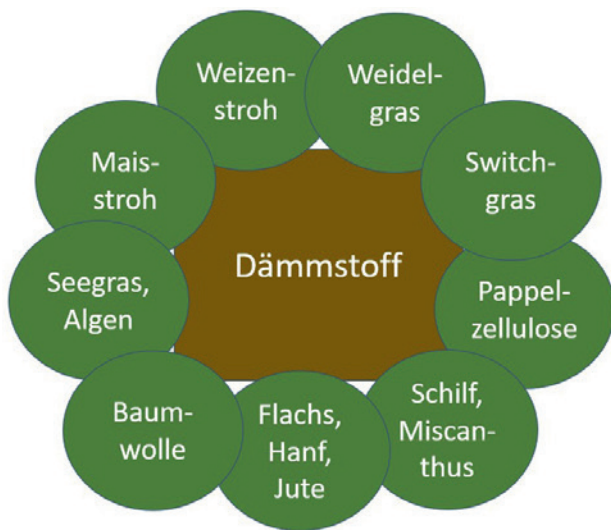


Bild 8 Agrarische und maritime Rohstoffquellen für die Dämmstoffherstellung

sind ein Beispiel für die Kombination beider Welten. Schließlich spielt auch eine Ausweitung der maritimen Bioökonomie eine bemerkenswerte Rolle, etwa weil sie die erwarteten verschärften Flächenkonkurrenzen um das Land zu entspannen imstande sein dürfte. Dämmstoffe oder auch Bioplastik aus Mikroalgen sind hier als ein Beispiel zu nennen [65].

Da der biogene Bau einen Kulturbruch mit manch einer seit mindestens 70 Jahren auf Abbruch und ressourcenintensiven Neubau eingeübten Praxis darstellt, sind zur Verwirklichung dieses Nachhaltigkeitsansatzes durchaus nicht nur materialwissenschaftliche Innovationen und Effizienzfortschritte in der agrarisch-forstlichen Rohstoffherzeugung nötig. Zielführend sind Value-Chain-Innovationen, in der sich die Akteursgruppen in ganzen Wertschöpfungsketten gemeinsam darauf einigen, wie das Ziel einer langfristigen Kohlenstoffspeicherung in der Bausubstanz gemeinsam erreicht werden kann. Solche Dialoge über Nachhaltigkeit lassen sich keinesfalls nur als Mittel zum Zweck verstehen, sondern schon als Teil der Einlösung des Versprechens, das die große, rätselhafte Metapher *Bioökonomie* neben der Nachhaltigkeit in sich trägt: Bios bedeutet *Leben(digkeit)*.

Literatur

- [1] Bundesregierung (2019) *Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050*. Berlin. Fassung Okt. 2019.
- [2] Karlsson, I.; Rootzén, J.; Johnsson, F. (2020) *Reaching net-zero carbon emissions in construction supply chains – Analysis of a Swedish road construction project*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 120, 109651.
- [3] Passer, A.; Habert, G.; Kromp-Kolb, H.; Lützkendorf, T.; Monsberger, M. (2019) *Transition Towards a Net Zero Carbon Built Environment*. The International Journal of Life Cycle Assessment 24, No. 2, pp. 362–363.
- [4] BDA [Hrsg.] (2019) *Das Haus der Erde. Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land* [online]. Berlin: Bund Deutscher Architekten. https://www.bda-bund.de/2019/08/das-haus-der-erde_bda-position [Zugriff am: 1. Dez. 2021]
- [5] Churkina, G.; Organschi, A.; Reyer, C. P. O.; Ruff, A.; Vinke, K.; Liu, Z.; Reck, B. K.; Graedel, T. E.; Schellnhuber, H. J. (2020) *Buildings as a global carbon sink*. Nat Sustain 3, No. 4, pp. 269–276.
- [6] Pomponi, F.; Hart, J.; Arehart, J. H.; D'Amico, B. (2020) *Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits*. One Earth 3, No. 2, pp. 157–161.
- [7] Roberts, M.; Allen, S.; Coley, D. (2020) *Life cycle assessment in the building design process – A systematic literature review*. Building and Environment 185, 107274.
- [8] Mishra, A.; Humpenöder, F.; Churkina, G.; Reyer, C. P. O.; Beier, F.; Bodirsky, B. L.; Schellnhuber, H. J.; Lotze-Campen, H.; Popp, A. (2022) *Land use change and carbon emissions of a transformation to timber cities*. Nat Commun 13, No. 1, pp. 1–12.
- [9] FAO (2018) *The future of food and agriculture: alternative pathways to 2050*. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nation.
- [10] Bastin, J.-F.; Finegold, Y.; Garcia, C.; Mollicone, D.; Rezende, M.; Routh, D.; Zohner, C. M.; Crowther, T. W. (2019) *The global tree restoration potential*. Science 365, No. 6448, pp. 76–79.
- [11] Seng Hua, L.; Wei Chen, L.; Antov, P.; Kristak, L.; Md Tahir, P. (2022) *Engineering wood products from Eucalyptus spp*. Advances in Materials Science and Engineering, pp. 1–14.
- [12] Frey, M.; Widner, D.; Segmehl, J. S.; Casdorff, K.; Keplinger, T.; Burgert, I. (2018) *Delignified and densified cellulose bulk materials with excellent tensile properties for sustainable engineering*. ACS Applied Materials & Interfaces 10, No. 5, pp. 5030–5037.
- [13] Chaussinand, A.; Scartezzini, J. L.; Nik, V. (2015) *Straw bale: A Waste from Agriculture, a New Construction Material for Sustainable Buildings*. Energy Procedia 78, pp. 297–302.
- [14] Yadav, M.; Saini, A. (2022) *Opportunities & challenges of hempcrete as a building material for construction: An overview*. Materials Today: Proceedings 65, pp. 2021–2028.
- [15] Espinoza, O.; Buehlmann, U. (2018) *Cross-Laminated Timber in the USA: Opportunity for Hardwoods?* Curr Forestry Rep 4, No. 1, pp. 1–12.
- [16] Stora Enso [eds.] (2021) *CLT by Stora Enso. Technische Broschüre* [online]. Helsinki: Stora Enso. <https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-brochures/wood-products/clt-by-stora-enso-technical-brochure-de.pdf?mode=brochure> [Zugriff am: 1. Dez. 2021]
- [17] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (o. J.) *Energieholz* [online]. Gülzow-Prüzen: FNR. <https://pflanzen.fnr.de/energiepflanzen/anbausysteme/energieholz> [Zugriff am: 18. Aug. 2022]
- [18] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2022) *Zwei Fliegen mit einer Klappe: Pappelholz für Biomethan und Torfersatzstoffe* [online]. Gülzow-Prüzen: FNR. <https://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/zwei-fliegen-mit-einer-klappe-pappelholz-fuer-biomethan-und-torfersatzstoffe> [Zugriff am: 19. Aug. 2022]
- [19] Faust, K.; Schirmer, R. (2022) *Hybridpappeln: Mehr als nur KUP und Vorwald*. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
- [20] Grunwald, A. (2020) *Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Bioökonomie* in: Konrad, W. et al. [Hrsg.] *Bioökonomie nachhaltig gestalten*. Wiesbaden: Springer VS, S. 19–42. doi. org/10.1007/978-3-658-29433-5_2
- [21] Wolpensinger, H.; Rid, W. (2010) *Nachhaltiger Wohnungsbau: Standards und Innovationen*. Detail, S. 122–134.
- [22] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021) *Ackerbaustrategie 2035*. Bonn.
- [23] Thrän, D.; Moesenfichtel, U. [Hrsg.] (2020) *Das System Bioökonomie*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Quelle: Grossarth

- [24] Lützkendorf, T. (2018) *Assessing the environmental performance of buildings: trends, lessons and tensions*. Building Research & Information 46, No. 5, pp. 594–614.
- [25] Lützkendorf, T.; Balouktsi, M. (2022) *Embodied carbon emissions in buildings: explanations, interpretations, recommendations*. Buildings and Cities 3, No. 1, pp. 964–973.
- [26] Deutscher Nachhaltigkeitskodex (2021) *Die EU-Taxonomie* [online]. Berlin: DNK. https://www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de/de-DE/Documents/PDFs/Sustainability-Code/Taxonomie_Factsheet_DNK_August21.aspx [Zugriff am: 17. Dez. 2021]
- [27] Ouellet-Plamondon, C.; Ramseier, L.; Balouktsi, M.; Delem, L.; Foliente, G.; Francart, N.; Garcia, A.; Hoxha, E.; Lützkendorf, T.; Rasmussen, F. N.; Peuportier, B.; Butler, J.; Birgisdottir, H.; Dowdell, D.; Dixit, M.; Gomes, V.; Da Silva, M. G.; Gómez, J. C.; Wiik, M. K.; Llatas, C.; Mateus, R.; Pulgrossi, L. M.; Röck, M.; Saade, M. R. M.; Passer, A.; Satola, D.; Seo, S.; Verdager, B. S.; Veselka, J.; Volf, M.; Zhang, X.; Frischknecht, R. (2022) *Carbon footprint assessment of a wood multi-residential building considering biogenic carbon*. Research Square Platform LLC.
- [28] Sodagar, B.; Rai, D.; Jones, B.; Wihan, J.; Fieldson, R. (2011) *The carbon-reduction potential of straw-bale housing*. Building Research & Information 39, No. 1, pp. 51–65.
- [29] Quintana-Gallardo, A.; Romero Clausell, J.; Guillén-Guillamón, I.; Mendiguchia, F. A. (2021) *Waste valorization of rice straw as a building material in Valencia and its implications for local and global ecosystems*. Journal of Cleaner Production 318, 128507.
- [30] Koh, C. H.; Kraniotis, D. (2020) *A review of material properties and performance of straw bale as building material*. Construction and Building Materials 259, 120385.
- [31] Christoforou, E.; Kylili, A.; Fokaides, P. A.; Ioannou, I. (2016) *Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of adobe bricks*. Journal of Cleaner Production 112, pp. 443–452.
- [32] Kussin, M.; Berstermann, J. (2022) *Veränderungskommunikation* in: Kussin, M.; Berstermann, J. [Hrsg.] *Agrarkommunikation*. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 295–344. doi.org/10.1007/978-3-658-36341-3_10
- [33] Vermeulen, S.; Bossio, D.; Lehmann, J.; Luu, P.; Paustian, K.; Webb, C.; Augé, F.; Bacudo, I.; Baedeker, T.; Havemann, T.; Jones, C.; King, R.; Reddy, M.; Sunga, I.; von Unger, M.; Warnken, M. (2019) *A global agenda for collective action on soil carbon*. Nat Sustain 2, No. 1, pp. 2–4.
- [34] Arvidsson, S.; Dumay, J. (2022) *Corporate ESG reporting quantity, quality and performance: Where to now for environmental policy and practice?* Bus Strat Env 31, No. 3, pp. 1091–1110.
- [35] Nassehi, A. (2020) *Die unerträgliche Trägheit des Seins*. Die Zeit, H. 36.
- [36] Burger, F. (2010) *Bewirtschaftung und Ökobilanzierung von Kurzumtriebsplantagen* [Dissertation]. TU München.
- [37] Deutsche Bundesstiftung Umwelt [Hrsg.] (2010) *Kurzumtriebsplantagen. Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz aus dem Projekt NOVALIS*. Osnabrück.
- [38] Kröber, M. (2018) *Kurzumtriebsplantagen auf Ackerland – ökonomische Bewertung einer Anbauoption mit ökologischen Vorteilen am Beispiel des Freistaats Sachsen* [Dissertation]. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- [39] Chavan, S. B.; Dhillon, R. S.; Sirohi, C.; Keerthika, A.; Kumari, S.; Bharadwaj, K. K.; Jinger, D.; Kakade, V.; Chichaghare, A. R.; Zin El-Abedin, T. K.; Mahmoud, E. A.; Casini, R.; Sharma, H.; Elansary, H. O.; Yessoufou, K. (2022) *Enhancing Farm Income through Boundary Plantation of Poplar (Populus deltoides): An Economic Analysis*. Sustainability 14, No. 14, 8663.
- [40] Devaux, A.; Torero, M.; Donovan, J.; Horton, D. (2018) *Agricultural innovation and inclusive value-chain development: a review*. JADEE 8, No. 1, pp. 99–123.
- [41] OECD; FAO [eds.] (2022) *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022–2031*. Rome: FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [42] Banse, M.; Brüning, S.; Geng, N.; Iost, S.; Jochem, D.; Machmüller, A.; Schweinle, J.; Weimar, H. (2020) *Pilotbericht | zum Monitoring der deutschen Bioökonomie Bioökonomie – Juni 2020*. TI: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- [43] Grossarth, J. (2023) *Bioökonomie und Zirkulärwirtschaft im Bauwesen. Eine Einführung*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [44] Saez, D.; Grizmann, D.; Trautz, M.; Werner, A. (2022) *Exploring the Binding Capacity of Mycelium and Wood-Based Composites for Use in Construction*. Biomimetics 7, No. 2, pp. 78.
- [45] Becker, D.; Beuleke, E.; Biesalski, M.; Biza, P.; Bülow, C.; Davydov, A.; Dintelmann, T.; Grussenmeyer, H.; Kappen, J.; Kehren, K.; Miletzky, F.; Mönch, D.; Oberndorfer, J.; Opletal, F.; Pfeiffer, T.; Polster, J. A.; Raum, S.; Schabel, S.; Schmitt, M. W.; Schulte, M.; Spies, H.; Strobel, T.; Weig, X. (2015) *FASER & PAPIER 2030. Nachwachsende Zukunft gestalten* [online]. München: Papiertechnische Stiftung. https://www.brainguide.de/upload/publication/40/2fcg9/36acbe9ca344a116c-c2e4777bd8e8bcf_1508230561.pdf [Zugriff am: 1. Dez. 2021]
- [46] Brigham, C. J.; Riedel, S. L. (2019) *The Potential of Polyhydroxy-alkanoate Production from Food Wastes*. Applied Food Biotechnology 6, No. 1.
- [47] Schleissing, S. (2018) *Bioökonomie als gesellschaftlicher Fortschritt? – Ethische Überlegungen zur Politikstrategie Bioökonomie*. FORUM Wirtschaftsethik 26, Sonderausgabe Bioökonomie, S. 70–77.
- [48] Vogt, M.; Frankenreiter, I. (2022) *Bioeconomy: The Innovative Twin of Sustainability*. Sustainability 14, No. 22, 14924.
- [49] Ahlawat, Y. K.; Nookaraju, A.; Harman-Ware, A. E.; Doeppke, C.; Biswal, A. K.; Joshi, C. P. (2021) *Genetic Modification of KNAT7 Transcription Factor Expression Enhances Saccharification and Reduces Recalcitrance of Woody Biomass in Poplars*. Front. Plant Sci. 12, 762067.
- [50] Zheng, M.; Wang, Q.; Lei, S.; Yang, D.; Liu, Y.; Feng, D.; Huang, X.; Yang, K.; Qian, J.; Hsu, Y.-F. (2022) *PtoMPO1, a negative mediator, functions in poplar drought tolerance*. Plant physiology and biochemistry : PPB 190, pp. 156–163
- [51] Gottwald, F. T.; Krätzer, A. (2014) *Irrweg Bioökonomie*. Berlin: Suhrkamp.
- [52] Ehling, R. (2020) *Strohballenbau* [Masterarbeit]. Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig.
- [53] Bernard, T.; Azra, K.; Bednar, T. (2014) *Bautechnische, ökologische und ökonomische Grundlagen der Planung von Strohballen-Gebäuden – Literaturzusammenstellung und Analyse des thermischen Leitwertes der Gebäudehülle*. Bauphysik 36, H. 3, S. 134–143. <https://doi.org/10.1002/bapi.201410024>
- [54] Illampas, R.; Ioannou, I.; Charnpis, D. C. (2014) *Adobe bricks under compression: Experimental investigation and derivation of stress-strain equation*. Construction and Building Materials 53, pp. 83–90.
- [55] Schäfer, D. (2021) *Wellerlehm* in: Schäfer, D. [Hrsg.] *Massivbauweise mit Lehm*. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 47–57. doi.org/10.1007/978-3-658-35319-3_6

- [56] Bocco Guarneri, A. (2014) *Architect Werner Schmidt's Straw-Bale Construction*. Non-Conventional Materials and Technologies for Sustainable Engineering 600, pp. 727–738.
- [57] Holzmann, G.; Wangelin, M. (2009) *Natürliche und pflanzliche Baustoffe. Rohstoff - Bauphysik - Konstruktion*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- [58] Lewandowski, I.; Clifton-Brown, J.; Trindade, L. M.; van der Linden, G. C.; Schwarz, K.-U.; Müller-Sämann, K.; Anisimov, A.; Chen, C.-L.; Dolstra, O.; Donnison, I. S.; Farrar, K.; Fonteyne, S.; Harding, G.; Hastings, A.; Huxley, L. M.; Iqbal, Y.; Khokhlov, N.; Kiesel, A.; Lootens, P.; Meyer, H.; Mos, M.; Muylle, H.; Nunn, C.; Özgüven, M.; Roldán-Ruiz, I.; Schüle, H.; Tarakanov, I.; van der Weijde, T.; Wagner, M.; Xi, Q.; Kalinina, O. (2016) *Progress on Optimizing Miscanthus Biomass Production for the European Bioeconomy: Results of the EU FP7 Project OPTIMISC*. Frontiers in plant science 7.
- [59] Moll, L.; Wever, C.; Völkerling, G.; Pude, R. (2020) *Increase of Miscanthus Cultivation with New Roles in Materials Production – A Review*. Agronomy 10, No. 2.
- [60] Institut für Technikfolgen-Abschätzung [Hrsg.] (2006) *ITA – Projektberichte*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- [61] Fortier, J.; Truax, B.; Gagnon, D.; Lambert, F. (2016) *Potential for Hybrid Poplar Riparian Buffers to Provide Ecosystem Services in Three Watersheds with Contrasting Agricultural Land Use*. Forests 7, No. 2, pp. 37.
- [62] RWTH Aachen (2001) *Bambus als Baumaterial, Beiträge des Seminars: Entwerfen mit Bambus* [online]. Aachen: RWTH Aachen. <https://bambus.rwth-aachen.de/de/referate2/baumaterial/bambusalsbaumaterial.html> [Zugriff am: 17. Feb. 2023]
- [63] Galih, N. M.; Yang, S. M.; Yu, S. M.; Kang, S. G. (2020) *Study on the Mechanical Properties of Tropical Hybrid Cross Laminated Timber Using Bamboo Laminated Board as Core Layer*. Journal of the Korean Wood Science and Technology 48, No. 2, pp. 245–252.
- [64] Shan, B.; Chen, B.; Wen, J.; Xiao, Y. (2022) *Thermal performance of cross-laminated timber (CLT) and cross-laminated bamboo and timber (CLBT) panels*. Architectural Engineering and Design Management, pp. 1–20.
- [65] Koller, M. (2020) *Bioplastics from microalgae – Polyhydroxyalkanoate production by cyanobacteria* in: Jacob-Lopes, E. et al. [eds.] *Handbook of Microalgae-Based Processes and Products*. Cambridge: Elsevier Academic Press, pp. 597–645. doi.org/10.1016/B978-0-12-818536-0.00022-1

Autor

Prof. Dr. Jan Grossarth, grossarth@hochschule-bc.de
Hochschule Biberach, Institut für Holzbau; LMU München,
Institut Technik-Theologie-Naturwissenschaften
www.jan-grossarth.de

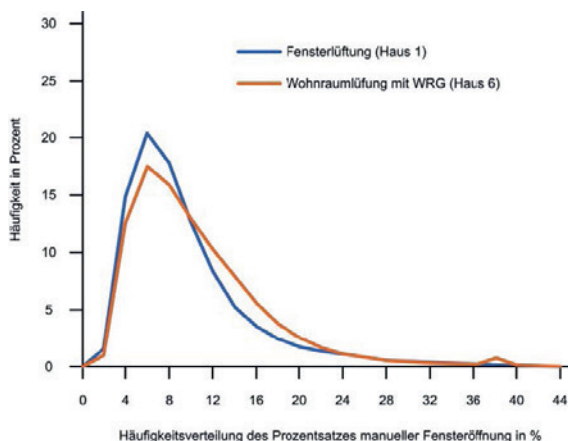
Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.

Eingereicht: 29. November 2022; angenommen: 20. Februar 2023.

Empfehlung der Redaktion

Einfach Bauen – spart eine Wohnraumlüftungsanlage Kosten und Energie?

In Bad Aibling wurden 2020 drei Wohngebäude als Forschungshäuser aus Mauerwerk, Holz und Beton errichtet. Dabei wurde die Komplexität durch einfache Konstruktion und reduzierte Gebäudetechnik verringert. Auf eine Lüftungsanlage wurde verzichtet. In den innenliegenden Bädern wurde eine präsentgeführte



Gegenüberstellung des Lüftungsverhaltens von Bewohnern in Gebäuden mit Fensterlüftung und Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Abluft eingebaut. In der Untersuchung wird der Frage nachgegangen, ob es besser gewesen wäre, eine Wohnraumlüftungsanlage in den Forschungshäusern zu installieren. Vier Varianten werden miteinander verglichen: Szenario A: Fensterlüftung und Badabluft präsentgeführt (wie gebaut); Szenario B: Fensterlüftung und Badabluft präsentgeführt mit Grundlüftung; Szenario C: dezentrale Einzelraumlüfter mit Wärmerückgewinnung; Szenario D: zentrale Wohnraumbelüftung mit Wärmerückgewinnung. Die Umweltwirkung und die Kosten der jeweiligen Lüftungssysteme wurden verursacht durch Technikeinsatz, Wartung und Betriebsenergie über den Lebenszyklus betrachtet. Szenario A (wie gebaut) schneidet in den untersuchten Dimensionen Kosten, nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhauspotenzial jeweils am besten ab. Vor allem die Varianten C und D müssten eine hohe Einsparung beim Wärmebedarf realisieren, um die negativen Umweltwirkungen durch die Wohnraumlüftungsanlagen auszugleichen. Bei Vergleichsmessungen in der Praxis konnten keine entsprechenden Einsparungseffekte ermittelt werden. Eine maschinelle Wohnraumlüftung ist nicht geeignet, um die Umweltwirkung oder die Lebenszykluskosten des Projekts zu verbessern.

Jarmer, T. (2023) *Einfach Bauen – spart eine Wohnraumlüftungsanlage Kosten und Energie?* Bautechnik 100, H. 1, S. 23–34. <https://doi.org/10.1002/bate.202200085>

Wärmeversorgung im Geschosswohnungsbau mit Wärmepumpen

Lösungsansätze und Umsetzungsbeispiele

Constanze Bongs, Jeannette Wapler, Jakob Metz, Marek Miara, Manuel Lämmle

Wärmepumpen sind eine Schlüsseltechnologie der Wärmewende. Durch die Nutzbarmachung von Umweltwärme und den Antrieb mit Elektrizität, die zunehmend aus erneuerbaren Energien gewonnen wird, kann die CO₂-Intensität der Wärmeversorgung gesenkt werden. Eine Herausforderung besteht in der Anwendung in größeren Mehrfamilienbestandsgebäuden. Lösungsansätze und beispielhafte Umsetzungen werden hierzu vorgestellt.

1 Transformationsbedarf in der Wärmeversorgung von Gebäuden

Die Umstellung von fossilen Heizsystemen auf klimagerechtere Technologien der Wärmeversorgung ist zur Erreichung von Klimaschutzziele im Gebäudesektor notwendig. In der Energiesystemanalyse besteht Einigkeit, dass die zukünftige Wärmeversorgung auf zwei Grundpfeilern ruhen muss: der netzgebundenen Wärmeversorgung sowie dem Einsatz von Wärmepumpen in der Einzelversorgung von Gebäuden. Dies muss begleitet sein von einer Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung der Wärmenetze (z. B. über Großwärmepumpen und ggf. Nutzung von zentralen Solarthermiefeldern in Fernwärmenetzen) sowie einem massiven Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung [1]. Die Notwendigkeit der Abkehr von fossiler Verbrennungstechnik zur Gebäudebeheizung ist vor dem Hintergrund der Versorgungssicherheit aktuell noch einmal deutlicher geworden und ihre Umsetzung politisch erwünscht.

Ein Blick auf die Struktur des Gebäudesektors macht deutlich, dass in der Transformation von Bestandsgebäuden die größte Herausforderung und der größte Hebel liegen. 62 % des Gebäudebestands wurden vor 1979, dem Zeitpunkt des Erlasses der ersten Wärmeschutzverordnung, errichtet [2]. Diese Gebäude verursachen rund zwei Drittel des Endenergieverbrauchs im Gebäudesektor [3]. Es ist also deutlich: Klimaschutzziele sind nicht ohne eine Umstellung der Wärmeversorgung im Gebäudebestand zu erreichen. Ein Blick auf die Altersstruktur der Anlagentechnik zeigt, dass für über 40 % der Wärmeerzeuger aufgrund eines Alters von über 20 Jahren ein baldiger Austausch ansteht. Das mittlere Alter der Anlagentechnik liegt bei 17 Jahren [4], die

jährlichen Austauschraten bei knapp 3 % des Anlagenbestands und somit höher als die Sanierungsraten der Gebäudehülle mit ca. 1 %. Daraus lässt sich ableiten, dass ein hoher Anteil des Erzeugeraustauschs ohne flankierende Maßnahmen zur Energiebedarfsreduktion am Gebäude durchgeführt wird. Dabei wurden im Gebäudebestand in den vergangenen Jahren bei der Heizungsmodernisierung immer noch sehr viele alte Heizkessel durch neue Gas- und Ölkessel ersetzt, die trotz Brennwerttechnik hohe CO₂-Emissionen über viele Jahre festschreiben (Lock-in-Effekt). Eine Erreichung von Klimaschutzziele im Gebäudesektor ist durch eine Fortführung der aktuellen Praxis ausgeschlossen.

Während Wärmepumpen in Ein- und Zweifamiliengebäuden im Neubau Standard sind und auch im Bestand inzwischen vermehrt eingesetzt werden, ist der Einsatz im Geschosswohnungsbau bisher wenig verbreitet. Bild 1 stellt die zur Wärmeversorgung genutzten Energieträger für den gesamten Gebäudebestand und zusätzlich für das Segment der Mehrfamiliengebäude unterschiedlicher Größe dar. In mittleren Mehrfamiliengebäuden (3–9 Wohneinheiten) überwiegt die Versorgung mit Gaskesseln (60 %), gefolgt von Heizölkesseln (18 %) und Fernwärme (15 %). In größeren Mehrfamiliengebäuden zeigt sich ein anderes Bild. Hier hat die Versorgung mit Fernwärme eine höhere Bedeutung (42 %). Gaskessel und Heizölkessel machen einen Anteil von 42 % bzw. 12 % aus. Die Nutzung von Elektrizität zur Wärmeversorgung – verwendet zum Antrieb von Wärmepumpen, aber auch in direkt elektrischer Nutzung – liegt jeweils bei ca. 4 %. Eine Abkehr von fossiler Wärmeversorgungstechnik ist eine gewaltige Aufgabe.

2 Wärmepumpen koppeln Umweltwärme ein

Wärmepumpen (Bild 2) nutzen einen thermodynamischen Kreisprozess, in dem ein Kältemittel auf niedrigem Druckniveau verdampft wird, dann über einen Verdichter auf ein höheres Druckniveau gebracht wird und hier bei der Kondensation im Verflüssiger Wärme abgibt. Das Kältemittel wird anschließend in einem Expansionsventil wieder entspannt, d. h. auf den (niedrigen) Verdampfendruck gebracht. Der Trick hierbei ist, dass im Verdampfer Um-

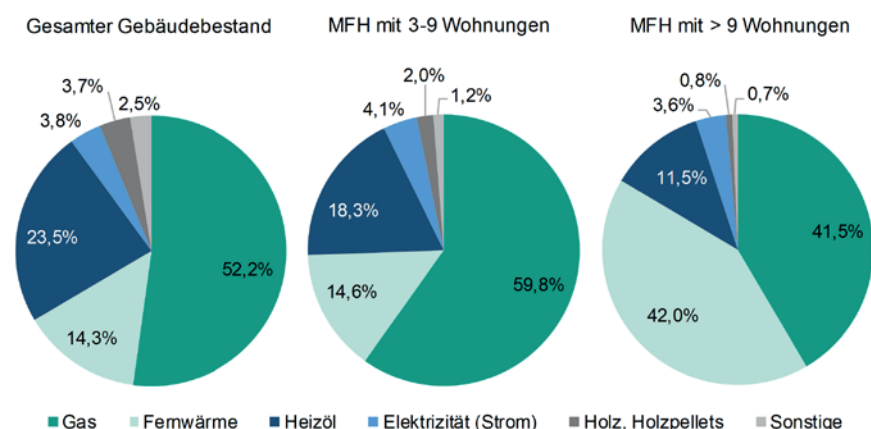
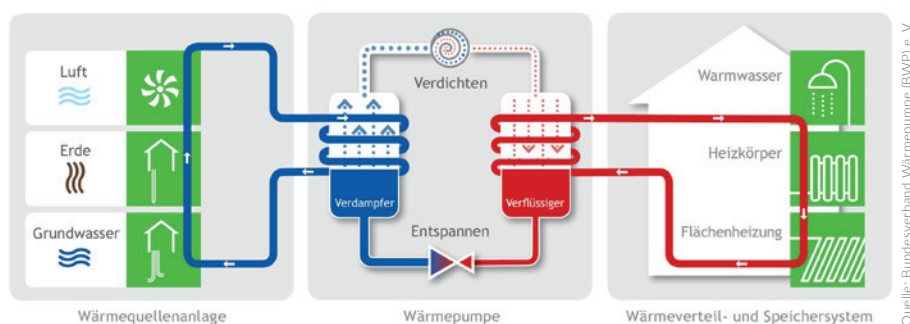
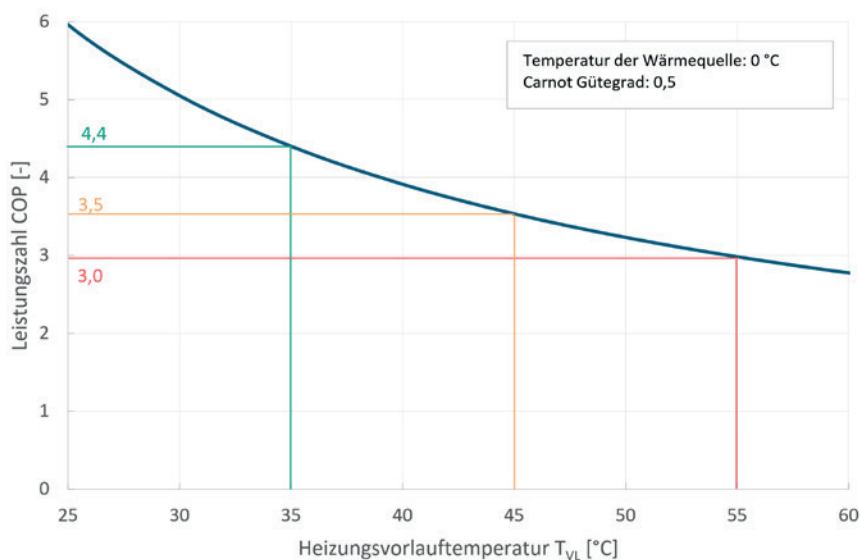


Bild 1 Hauptenergieträger im Gebäudebestand [5]



Quelle: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.

Bild 2 Funktionsweise einer Wärmepumpe



Quelle: Fraunhofer ISE

Bild 3 Effizienz einer Wärmepumpe, dargestellt bei einer Wärmequellentemperatur von 0 °C

weltwärme, die sich auf einem niedrigen Temperaturniveau befindet – üblicherweise aus den Wärmequellen Außenluft, Erdreich oder Grundwasser –, in den Kreislauf eingekoppelt wird. Die zugeführte (und bezahlte) Endenergie ist die Elektrizität zum Antrieb des Verdichters. Die Effizienz wird durch die Leistungszahl angegeben (COP – Coefficient of Performance): liegt diese bei 4,0, so liefert die Wärmepumpe mit 1 kW Antriebsleistung (Elektrizität) eine Wärmeleistung von 4 kW. Hierzu werden 3 kW der Umwelt entzogen und durch den Kreisprozess zur Wärmeversorgung nutzbar gemacht. Leistungszahlen werden für bestimmte Betriebsbedingungen angegeben (z. B. A2/W35: Außenlufttemperatur von 2 °C, Vorlauftemperatur von 35 °C).

Grundlegend gilt: die Effizienz von Wärmepumpen ist abhängig vom Temperaturhub, also der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (z. B. Außenlufttemperatur) und Wärmesenke (z. B. Temperatur im Heizkreis). Bild 3 zeigt exemplarisch die Abhängigkeit der Effizienz vom Temperaturhub. Dargestellt ist die Effizienz über der Heizkreistemperatur bei einer Wärmequellentemperatur von 0 °C und einheitlichen Güte des Kältekreis über den gesamten Temperaturbereich.

Niedrige Temperaturhübe sind vorteilhaft hinsichtlich der Effizienz und möglichst im Betrieb anzustreben. Die häufig gehörten Aussagen „Wärmepumpen gehen nicht bei hohen Vorlauftemperaturen/gehen nur mit Fußbodenheizung“ sind hingegen in der Form nicht korrekt. Ausschlaggebend für die Effizienz sind die tatsächlich im Betrieb vorliegenden Systemtemperaturen – auch Heizkörper können häufig mit abgesenkten Vorlauftemperaturen betrieben werden.

Als zweite Effizienzkennzahl wird die Arbeitszahl definiert. Diese berücksichtigt den Betrieb der Wärmepumpe über einen längeren Zeitraum und somit bei sich ändernden Betriebsbedingungen. So setzt die Jahresarbeitszahl die durch die Wärmepumpe über ein Betriebsjahr gelieferte kumulierte Wärme (Energie) ins Verhältnis zur eingesetzten elektrischen Energie. Bei der Angabe der Arbeitszahl ist es wichtig, die bei der Berechnung berücksichtigten Systemgrenzen mit anzugeben [6].

Dass Wärmepumpen auch im Bestand mit guter Effizienz eingesetzt werden können, konnte das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in umfangreichen Feldtests mit dem Schwerpunkt auf Ein- und Zweifamiliengebäuden nachweisen. So wurden zuletzt im Projekt *WPs smart im Bestand* (BMWK) 29 Außenluft- und zwölf Erdreich-Wärmepumpen im Feld in einem wissenschaftlichen Monitoring analysiert. Im Zeitraum Juli 2018 bis Juni 2019 haben die untersuchten Außenluft/Wasser-Wärmepumpen Jahresarbeitszahlen von 2,5 bis 3,8 erreicht. Der Mittelwert lag bei 3,1. Für die zwölf Sole/Wasser-Wärmepumpen wurden JAZ₃ zwischen 3,3 und 4,7 bei einem Mittelwert von 4,1 ermittelt [6]. Die hier angegebene Jahresarbeitszahl (JAZ₃) berücksichtigt den elektrischen Verbrauch von Verdichter, Steuerung, Wärmequellenantrieb sowie Heizstab. Dies wird bezogen auf die bereitgestellte Wärme vor etwaigen Speichern.

3 Herausforderungen im Bestandsgeschosswohnungsbau

Beim Einsatz von Wärmepumpen in Mehrfamilienbestandsgebäuden liegen besondere Randbedingungen vor. Technische Herausforderungen ergeben sich aus der höheren erforderlichen Leis-

Tab. 1 Herausforderungen und Lösungsansätze für Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, insbesondere im Geschosswohnungsbau

Wärmequelle	Wärmepumpe	Wärmesenke
Herausforderungen		
– Erschließung der Wärmequelle – Luft-WP: Schallemission und Aufstellort – Sole-WP: Flächenverfügbarkeit für Bohrung	– Umstellung auf klimafreundliche Kältemittel (z. B. Propan) – Bereitstellung höherer Temperaturen bei guter Effizienz – Größere Leistungsklassen	– Absenkung von Systemtemperaturen – Weiternutzung von Bestandshydraulik – Nutzerakzeptanz für niedrige Vorlauftemperaturen
Lösungsansätze		
– Quellenerschließung über die Gebäudehülle – PVT-Kombikollektoren – Multivalente Quellsysteme – Bivalente Systeme	– Weiterentwicklung von Propan-Wärmepumpen und Sicherheitskonzepten – Kaskadierung von Wärmepumpen auch unterschiedlicher Leistung	– Selektiver Heizkörperaustausch und hydraulischer Abgleich – Dezentrale Frischwasserstationen – Zentrale Frischwasserstation mit Ultrafiltration

tung des Wärmeerzeugers und der Verortung der Gebäude auch in Quartieren mit dichter Bebauung. Beide Aspekte führen dazu, dass der Erschließung der Umweltwärmequelle eine hohe Bedeutung zukommt. Weiter erfolgt die Wärmeübergabe in Mehrfamilienbestandsgebäuden zum Großteil mit Heizkörpern (auch älteren Datums), die häufig mit hohen Vorlauftemperaturen betrieben werden. Trinkwarmwasser wird ebenfalls bei hohen Temperaturen bereitgestellt (Legionellenschutz). Daher ergeben sich die zwei thematischen Bereiche *Quellenerschließung* und *Absenkung von Systemtemperaturen* als Schwerpunkte, die in der Identifikation von Lösungsansätzen zu beachten sind (Tab. 1).

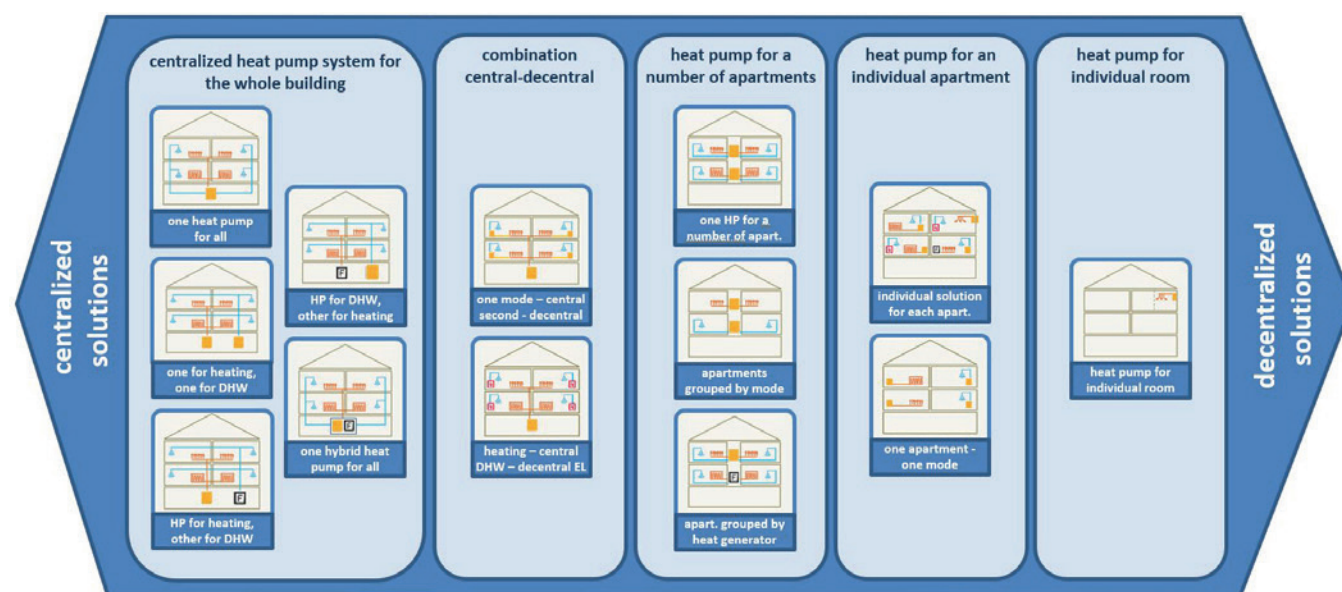
4 Lösungsfamilien für Wärmepumpen in Mehrfamiliengebäuden

Bei der Umsetzung von Wärmepumpen in Mehrfamiliengebäuden ist eine Vielzahl an möglichen Systemkombinationen denkbar. Eine Systematisierung dieses großen Lösungsraums wurde im

Rahmen der Arbeitsgruppe IEA HPT Annex 50 *Heat Pumps in Multi-Family Buildings* anhand von umgesetzten Systemen in verschiedenen teilnehmenden Ländern erarbeitet. Die Kategorisierung und vereinfachte schematische Visualisierung ermöglicht einen Überblick über die Möglichkeiten von Wärmepumpenlösungen in Mehrfamilienhäusern (Bild 4).

Ein wichtiger Punkt bei der Klassifizierung von Wärmepumpensystemen ist die Definition der Integrationstiefe in das Gebäude. Diese reicht von komplett zentralen Systemen für das ganze Gebäude über Etagenlösungen bis hin zu vollständig dezentralen raumweisen Systemen. Die Integrationsmöglichkeiten sind im Folgenden aufgelistet:

- Lösungsfamilie 1 – Zentrale Wärmepumpensysteme für das Gesamtgebäude
- Lösungsfamilie 2 – Kombination von zentralen und dezentralen Lösungen



Quelle: Fraunhofer ISE

Bild 4 Klassifizierung von Wärmepumpenlösungen in fünf Familien mit 13 Basiskonzepten [7]

- Lösungsfamilie 3 - Wärmepumpen für bestimmte Wohneinheiten
- Lösungsfamilie 4 - Wohnungsweise Wärmepumpen
- Lösungsfamilie 5 - Einzelraum-Wärmepumpe

In Deutschland dominierend sind die zentralen Systeme der Lösungsfamilie 1, in die auch bivalente Wärmepumpensysteme (Kombination Gaskessel/Wärmepumpe) fallen. Systeme, die eine zentrale Bereitstellung von Raumwärme mit einer dezentralen, ggf. auch direktelektrischen Bereitstellung von Trinkwarmwasser kombinieren, werden in die Lösungsfamilie 2 eingeordnet. Aktuell kaum von Bedeutung in Deutschland sind die stärker dezentralen Systemkonzepte der Lösungsfamilien 3-5. Hier besteht weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Eine detaillierte Beschreibung der Lösungsfamilien und ihrer Familienmitglieder findet sich auf der Website des IEA HPT Annex 50 (<https://heatpumping-technologies.org/annex50>).

5 Absenkung von Systemtemperaturen bei der Weiternutzung von Heizkörpern

Um die Effizienzpotenziale von Wärmepumpen zu heben, ist die Absenkung von Systemtemperaturen anzustreben. Wenn die Quellentemperaturen durch die Wahl der Umweltwärmequelle größtenteils festgelegt sind, besteht ein Freiheitsgrad in der Anpassung der Temperaturen für die Bereitstellung für Raumwärme. Dies betrifft insbesondere die über die Heizkurve vorgegebenen Vorlauftemperaturen. Um die praktischen Hürden beim Einsatz der Wärmepumpe zu reduzieren, wird die Weiternutzung bestehender Wärmevertei- und -übergabesysteme angestrebt. Hier stellt der Austausch einzelner unterdimensionierter Heizkörper, in Kombination mit einem hydraulischen Abgleich, eine wirksame Möglichkeit dar, die Systemtemperaturen abzusenken und damit das bestehende Übergabesystem für den Einsatz von Wärmepumpen zu ertüchtigen. Zur Identifikation der kritischen, unterdimensionierten Heizkörper sind die folgenden Berechnungsschritte notwendig:

- Berechnung der raumweisen Heizlast, z.B. nach DIN EN 12831-1:2017
- Bestimmung der installierten Heizkörperleistung bei Norm-Bedingungen (75 °C/65 °C/20 °C)
- Berechnung der Heizkörperleistung bei abgesenkten Heiztemperaturen
- Vergleich der raumweisen Heizlast mit der berechneten Heizkörperleistung

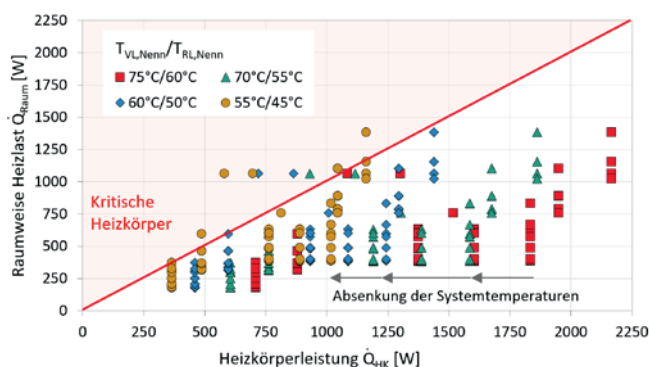


Bild 5 Raumweiser Vergleich von berechneter Heizlast und Heizkörpernennleistung bei unterschiedlichen Vor- und Rücklauftemperaturen (Praxisbeispiel) [8]

- Identifikation der unterkritisch dimensionierten Heizkörper je Nenntemperatur

Im konkreten Beispiel eines Mehrfamiliengebäudes in Karlsruhe-Durlach (Projekt *Smartes Quartier Durlach* – BMWK, Bild 5) wird eine Absenkung der Nennheiztemperaturen von 75 °C/60 °C auf 55 °C/45 °C durch einen Austausch von 7 % aller Heizkörper erzielt. Dadurch steigt die Jahresarbeitszahl für die Bereitstellung von Raumwärme um 40 %. Bei geringem Investitions- und Umsetzungsaufwand werden die verbrauchsbedingten Betriebskosten und die CO₂-Emissionen entsprechend um 40 % reduziert. Die Maßnahme weist damit eine hohe Wirtschaftlichkeit auf und ist sowohl unter ökonomischen und energetischen als auch unter ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll.

6 Quellsysteme für Wärmepumpen im Geschosswohnungsbau – beispielhafte Umsetzungen

Aufgrund der im Vergleich zu Ein- und Zweifamiliengebäuden höheren erforderlichen Heizleistung im Geschosswohnungsbau sind auch größere Entzugsleistungen auf der Wärmequellenseite erforderlich. In häufigen Fällen ist als Standardsystem der Einsatz von Luft-Wärmepumpen, häufig in Kaskadierung, möglich. Werden Propan-Wärmepumpen eingesetzt, liegt der Einsatz mit der Wärmequelle Außenluft auch aufgrund der üblichen Aufstellung außerhalb des Gebäudes nahe. Im Folgenden werden drei im Geschosswohnungsbau umgesetzte Beispiele von Wärmepumpensystemen mit weiteren Quellsystemen vorgestellt: eine Mehrquellenkombination von Außenluft und Erdreich, ein System mit Nutzung von Grundwasser und ein System mit PVT-Kombikollektoren zur quellenseitigen Einbindung. Weitere Wärmequellen sind bspw. Abwärme und Abwasser für Quartierslösungen, die hier aber nicht im Detail beschrieben werden.

6.1 Mehrquellsystem kombiniert Außenluft und Erdreich

Im Projekt *HEAVEN* (BMWK) wurde ein Mehrquellsystem zur Kombination der Wärmequellen Erdreich und Außenluft entwickelt und in einem Mehrfamilienbestandsgebäude in Karlsruhe-Durlach umgesetzt (Bild 6). Das Gebäude mit Baujahr 1963 wurde 1995 teilsaniert (Fenstertausch, Perimeterdämmung 6 cm, Däm-

Tab. 2 Kenndaten der Mehrquellen-Wärmepumpenanlage

	Wärmepumpen	Gaskessel
Einsatzbereich	Haupterzeuger für Raumheizung und Trinkwarmwasser	Zusaterzeuger
$T_{\max}$ in °C	60...68	80
Kältemittel	R410A	n. a.
Nennheizleistung in kW	42,3/28,7 (B0/W35, 100 %)	91
COP (B0/W35)	4,9/4,8	n. a.
COP (B0/W55)	3,3/3,3	n. a.

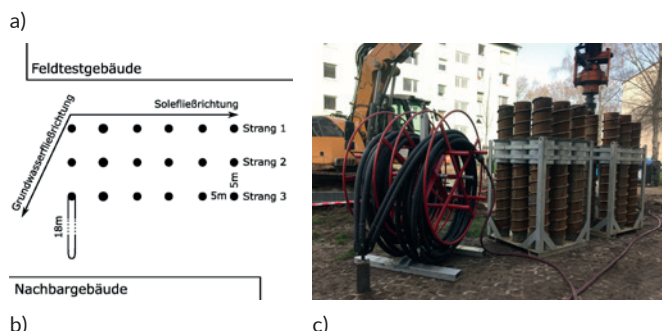


Bild 6 Mehrfamiliengebäude (Baujahr 1963) mit Mehrquellen-Wärmepumpensystem in Karlsruhe Durlach: Kombination einer Außenlufteinheit (a) und eines kleiner dimensionierten Erdsondenfelds (b) sowie Bohrschnecken und Doppel-U-Sonden bei der Installation (c)

mung von Kellerdecke und oberster Geschossdecke). Es hat eine beheizte Wohnfläche von 2107 m² bei 30 Wohneinheiten. Der Raumwärmebedarf liegt bei rd. 55 kWh/(m²a) und der Trinkwarmwasserbedarf inkl. Zirkulationsverlusten bei 29 kWh/(m²a). Zwecks Temperaturabsenkung wurde ein selektiver Heizkörper-tausch vorgenommen, bei dem ca. 7 % der Heizkörper durch größer dimensionierte Modelle ersetzt wurden.

Kernstück der Anlage ist eine neu entwickelte Mehrquellen-hydraulik mitsamt Regelungslogik (Bild 7) (Tab. 2). Der systemische Ansatz adressiert das Problem der begrenzten Flächenverfügbarkeit in städtischen Wohngebieten. Im Vergleich zu einem System mit nur einer Wärmequelle wird der Flächenbedarf des Erdwärmeeübertragers im vorliegenden Fall um 50 % reduziert. Im Demonstrator wird das Mehrquellen-WP-System von einem 91-kW_{th}-Gasbrennwertkessel unterstützt und ist als bivalent paralleles System ausgelegt. Der Gasbrennwertkessel ist dabei für die Bereit-



Bild 7 Wärmepumpenkaskade im Heizungsraum

stellung von Trinkwarmwasser oberhalb von 62 °C und für die Unterstützung der Heizwasserbereitstellung bei Außentemperaturen von unter -5 °C vorgesehen. Bild 8 zeigt die Energieflüsse im Demonstrator für die ersten Betriebsmonate Februar–September 2022. Der Wärmebedarf für Raumwärme und Trinkwarmwasser wurde zu 68 % von der Wärmepumpe gedeckt. Der Gaskessel war insbesondere für die Trinkwarmwassererzeugung zuständig.

Das Erdsondenfeld stellte rd. 36 % der Umweltwärme auf der Quellenseite bereit. Dieser Anteil wird sich voraussichtlich bei Berücksichtigung einer vollständigen Heizsaison erhöhen. Die Mehrquellenhydraulik erzielt im beobachteten Betriebszeitraum relativ hohe Quellentemperaturen. Dies führt trotz hoher Temperaturen der Wärmebereitstellung (Vorlauftemperatur für Raumwärme 55–60 °C bei 0 °C Außentemperatur) zu einer hohen Arbeitszahl des ersten Betriebshalbjahrs von 3,2 (Raumwärme, Trinkwarmwasser). Für eine Skalierung und Übertragung der Ergebnisse auf Anlagen ohne wissenschaftliche Begleitung scheint v. a. eine Standardisierung von Komponenten, Hydrauliksystemen und Regelung erfolgsversprechend.

6.2 Grundwasser-Wärmepumpen versorgen Bestandsensemble

In Freiburg im Breisgau wurde ein Wärmepumpensystem zur Versorgung eines Bestandsquartiers mit 43 Wohneinheiten unter Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle neu implementiert (Projekt *SanBest* – BMWK) und messtechnisch begleitet (Projekt *LowEx im Bestand* – BMWK). Das Ensemble mit Baujahr 2002 besteht aus zwei Mehrfamilienhäusern (11 bzw. 15 Wohneinheiten) und zwei Reihenhäuserzeilen mit je fünf Häusern und zwei Doppelhäusern (Bild 9) und umfasst eine beheizte Fläche von 3430 m². Die im Contracting-Modell implementierte Wärmeversorgung

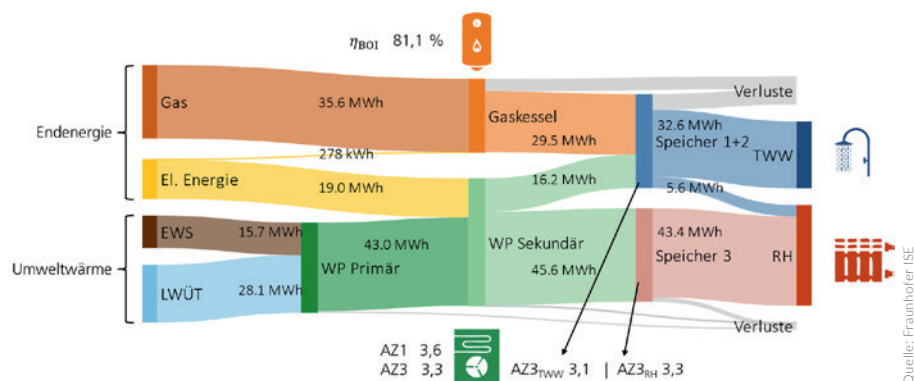


Bild 8 Energieflussdiagramm des Mehrquellen-Wärmepumpensystems für den Auswertzeitraum Februar–September 2022 – AZ1: Arbeitszahl 1 umfasst die Verdichter- und Steuerungsenergie und die Wärmeabgabe an die Speicher, AZ3: Arbeitszahl 3 berücksichtigt zusätzlich die elektrische Energie des Wärmequellenantriebs: Primärförderpumpen und Ventilatoren [9]



Quelle: Energiedienst

Bild 9 Ensemble aus zwei Mehrfamiliengebäuden und Reihenhauserzeilen (Baujahr 2002) mit gemeinschaftlicher Wärmeversorgung über ein Grundwasser/Wasser-Wärmepumpensystem



a)



b)

Quelle: a) Jörg Dengler/Fraunhofer ISE, b) Energiedienst

Bild 10 a) Wärmepumpenkaskade, b) Speicher im Heizungsraum

Tab. 3 Kenndaten und gemessene Jahresarbeitszahlen der im Ensemble eingesetzten Wärmepumpen – JAZ₁: charakterisiert den Betrieb des Wärmepumpengeräts, JAZ₂: berücksichtigt zusätzlich den Stromverbrauch des Wärmequellenantriebs und somit eine erweiterte Systemgrenze

	NT-Wärmepumpe	HT-Wärmepumpe
Einsatzbereich	Raumheizung	Trinkwarmwasser
$T_{\max}$ in °C	64	75
Kältemittel	R410A	R134A
Nennheizleistung (W10/W35, 100 %) in kW	146	77
COP (W10/W35)	5,6	5,3
JAZ ₁ (Jahr 1/Jahr 2)	5,6/5,1	2,8/2,7
JAZ ₁ der Kaskade (Jahr 1/Jahr 2)		4,0/3,5
JAZ ₃ der Kaskade (Jahr 1/Jahr 2)		3,1/2,8

erfolgt zentral (Heizung, Trinkwarmwasser) und nutzt Fußbodenheizungen für die Wärmeübergabe. Ein bestehendes ineffizientes Wärmepumpensystem wurde u. a. aufgrund mangelnder Ersatzteile ausgebaut und durch eine neue Anlage ersetzt. Das neue System besteht aus zwei zweistufigen Grundwasser/Wasser-Wärmepumpen (Bild 10). Die Wärmepumpen wurden für einen monovalenten Betrieb ausgelegt, ohne elektrische Zusatzheizung (Heizstab). Es erfolgte eine Aufteilung der Wärmepumpen nach den vorrangigen Einsatzbereichen Raumheizung und Trinkwassererwärmung und somit eine Separierung nach Temperaturniveaus über die meiste Zeit im Jahr.

Der Betrieb der Anlage konnte im Rahmen eines zweijährigen Monitorings analysiert werden (hier dargestellt: Juli 2020–Juni 2022). Die Heizwärmenutzung lag bei 59 kWh/(m²a) im ersten Auswertungsjahr (2020/2021) und 51 kWh/(m²a) im zweiten Auswertungsjahr (2021/2022). Zur Trinkwassererwärmung wurde eine jährliche Wärmemenge von 36 kWh/(m²a) bzw. 42 kWh/(m²a) benötigt. Die Wärmemenge, die am Speicherausgang im Zuge von Trinkwasserzapfungen (bei regulärem Betrieb) gemessen wird, beträgt rd. 15 kWh/(m²a). Die Wärmemenge der Zirkulation, die 24 h/d in Betrieb ist, liegt mit 19 kWh/(m²a) um ein Viertel höher.

Bild 11 zeigt die Arbeitszahl AZ₁ der Wärmepumpengeräte abhängig von der Wärmesenktemperatur (Mittelwert aus Vorlauf- und Rücklauftemperatur) als Tageswerte. Die Bilanzgrenze 1 berücksichtigt die Wärmebereitstellung direkt nach den Wärmepumpen und umfasst den elektrischen Energiebezug des Verdichters und der Steuerung. Die überwiegende Zeit wurde die Niedertemperatur-Wärmepumpe (NT) bei einer mittleren Heiz-

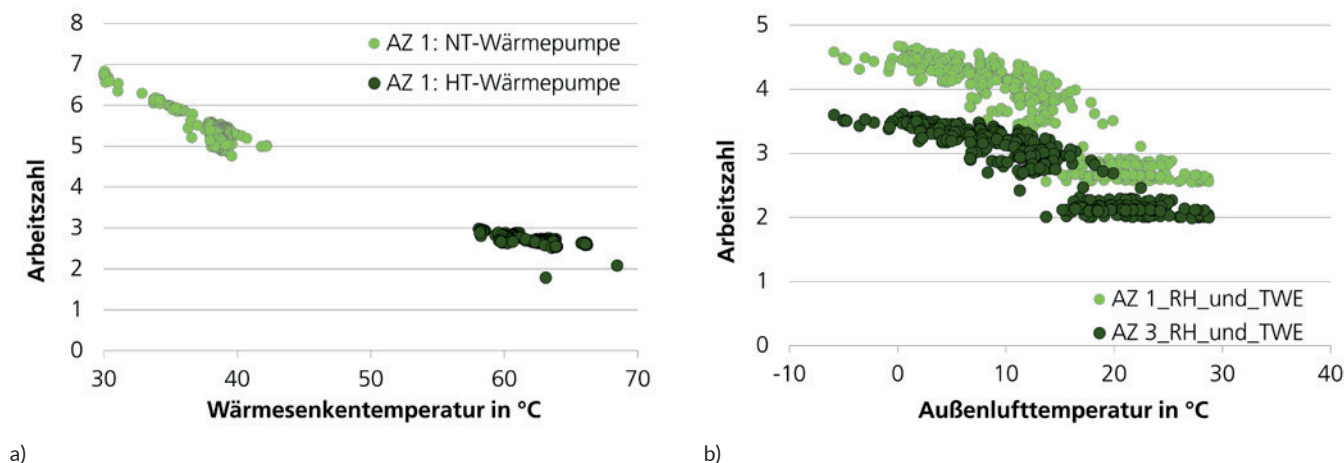


Bild 11 Tageswerte der Arbeitszahl 1 getrennt für beide Wärmepumpen über der mittleren Heizkreistemperatur (a) und Arbeitszahl beider Wärmepumpen gemeinsam für die Bilanzgrenzen 1 (beinhaltet Stromverbrauch der Verdichter und Steuerung) und 3 (beinhaltet Verdichter, Steuerung, Wärmequellenantrieb) der beiden Wärmepumpen (b)

kreistemperatur um 39 °C bei Arbeitszahlen im Bereich von 5,0 bis 5,5 betrieben. Für die Trinkwassererwärmung lag die mittlere Betriebstemperatur bis April 2021 bei 62 °C/58 °C (Vorlauf/Rücklauf der Hochtemperatur-Wärmepumpe (HT)) und wurde anschließend auf rd. 66 °C/61 °C angehoben. Die gemessenen Jahresarbeitszahlen der zwei Wärmepumpen sind in Tab. 3 zusammengefasst.

Zur Bewertung der Anlageneffizienz ist der Wärmequellenantrieb zu berücksichtigen. Dies wird mit der Bilanzgrenze 3 wiedergegeben. Der Wärmequellenantrieb besteht hier aus einer Grundwasserpumpe und einer Wärmequellenpumpe je Wärmepumpe. Der Energiebezug des Wärmequellenantriebs beläuft sich auf gut ein Fünftel des Energiebezugs der Verdichter und Steuerung der Wärmepumpen. Daher fällt die Jahresarbeitszahl JAZ_3 gegenüber der JAZ_1 signifikant ab (Tab. 3). Der hohe Energiebezug ist auf die Brunnenpumpe zurückzuführen. Diese wird mit der gleichen Drehzahl betrieben, unabhängig davon, ob eine oder beide Wärmepumpen in Teillast oder Volllast aktiv sind. Die Leistungsaufnahme beträgt 5 kW. Hier liegt eine gute Optimierungsmöglichkeit. Im Rahmen der Betriebsanalyse ist ein häufiges Takten der Wärmepumpen beobachtet worden. Für Auslegungen in zukünftigen

Wärmepumpeninstallationen lässt sich aus dieser Anlage ableiten, dass eine angepasste Dimensionierung, insbesondere eine sinnvolle Kaskadierung und Wärmepumpenmodulation, wichtige Voraussetzung ist, um einen Betrieb mit geringer Taktung zu ermöglichen.

6.3 PVT-Kombikollektoren als geräuschlose Wärmequelle zur Nutzbarmachung von Solar- und Umweltenergie

PVT-Kollektoren kombinieren die photovoltaische und thermische Energiewandlung und erzeugen so in einer Komponente Strom und Wärme. Neuartige PVT-Kollektoren ohne rückseitige Dämmung oder mit vergrößerten Wärmetauscherflächen können als alleinige Wärmequelle für Wärmepumpenanlagen eingesetzt werden. Diese Bauarten nutzen neben Solarstrahlung auch die Umweltwärme und sind daher besonders für diesen Anwendungsfall geeignet. Bild 12 vergleicht die Jahresarbeitszahl von zwei PVT-Wärmepumpensystemen mit der JAZ einer Außenluft-Wärmepumpe und einer Erdreich-Wärmepumpe. Dazu wurden Simulationen für ein saniertes Mehrfamiliengebäude mit Heizkreistemperaturen von 55 °C/45 °C und einer spezifischen PVT-Kollektorfläche von ca. 3–5 m²/kW_{th} durchgeführt. Die Effizienz

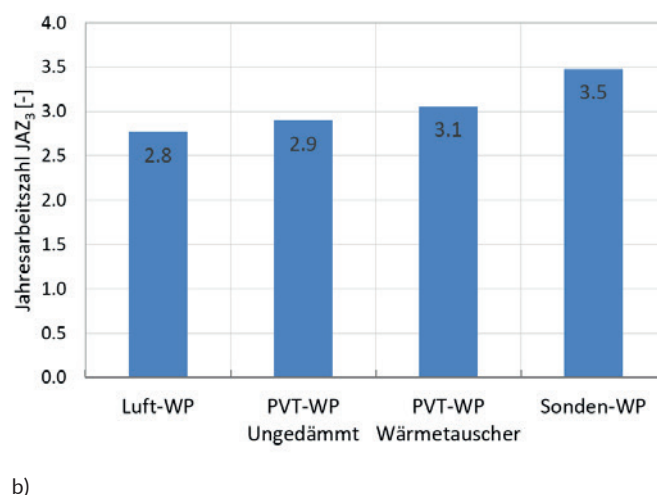
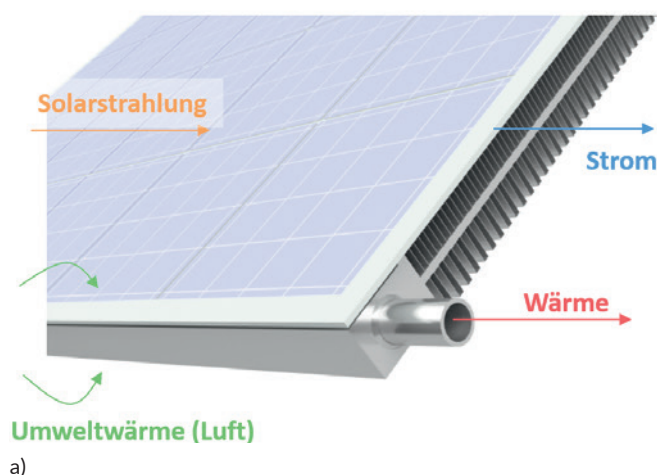


Bild 12 a) Schema eines PVT-Kollektors mit rückseitigem Luft-Wasser-Wärmetauscher, b) Simulation von Wärmepumpenanlagen mit Luft, PVT, Erdsonden als Wärmequelle

der PVT-Wärmepumpenanlagen liegt bei diesem Gebäude bei $JAZ_3 = 2,9$ (ungedämmte Bauart) bzw. $JAZ_3 = 3,1$ (ungedämmt mit rückseitigem Wärmetauscher) und liegt damit 5–10 % über der JAZ einer Außenluft-Wärmepumpe. Die Simulationen wurden mit einer marktdurchschnittlichen Außenluft-Wärmepumpe mit einem COP von 3,8 (A2/W35) und einer Erdreich-Wärmepumpe mit einem COP von 4,9 (B0/W35) durchgeführt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Wärmepumpen werden im Geschosswohnungsbau sowohl im Neubau als auch im Bestand vermehrt eingesetzt werden. Dabei sind niedrige Systemtemperaturen auch bei Weiternutzung von Heizkörpern in Bestandsgebäuden anzustreben, um die Effizienzpotenziale der Wärmepumpen gut zu heben. Hier ist der selektive Austausch unterdimensionierter Heizkörper ein häufig wirtschaftlicher und zielführender Lösungsansatz. Die Erschließung der Umweltwärmequelle kann in Gebäuden mit höherem Wärmebedarf neue Lösungsansätze erfordern, z. B. den Einsatz von Mehrquelnsystemen oder PVT-Kombikollektoren. Die vorgestellten Umsetzungsbeispiele machen die Einsetzbarkeit von Wärmepumpen im Mehrfamilienhausbestand deutlich, aber auch die Notwendigkeit individueller Planung, Installations- und Inbetriebnahmebegleitung. Eine weitere Standardisierung von Systemen und die Weiterentwicklung von Planungsgrundsätzen sind hier notwendig. Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht für Lösungen zum Ersatz von Gasetagenheizungen im Geschosswohnungsbau und bei der Weiterentwicklung von Wärmepumpen mit dem klimafreundlichen Kältemittel Propan.

Dank

Die hier dargestellten Ergebnisse wurden in den folgenden, durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags geförderten Projekten erarbeitet: *LowEx Bestand* (FKZ 03SBE0001B), *HEAVEN* (FKZ 03ET1540B), *SanBest* (FKZ 03EGB0007A), *Smartes Quartier Karlsruhe-Durlach* (FKZ 03ET1590B) und *WPsmart im Bestand* (FKZ 03ET1272A).

Literatur

- [1] Brandes, J.; Haun, M.; Wrede, D.; Jürgens, P.; Kost, C.; Henning, H.-M. (2021) *Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Update November 2021: Klimaneutralität 2045* [online]. Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html>

- [2] Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2020) *Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020*. Berlin.
- [3] Deutsche Energie-Agentur (2016) *Der DENA-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand*. Berlin.
- [4] Deutsche Energie-Agentur (2022) *DENA Gebäudereport 2022. Zahlen, Daten, Fakten*. Berlin.
- [5] Ebert, B.; Rodenbücher, B.; Hess, S.; Köhler, B.; Bongs, C.; Wagner, A. (2020) *Systematische Analyse der Mehrfamilien-Bestandsgebäude* [Forschungsbericht]. Freiburg: Institut für Nachhaltige Technische Systeme – INATECH. www.lowex-bestand.de
- [6] Günther, D.; Wapler, J.; Langner, R.; Helmling, S.; Miara, M.; Fischer, D.; Zimmermann, D.; Wolf, T.; Wille-Haussmann, B. (2020) *WPsmart im Bestand – Felduntersuchung optimal abgestimmter Wärmepumpenheizungssysteme in Bestandsgebäuden beim Betrieb im konventionellen sowie im intelligenten Stromnetz (Smart Grid)* [Abschlussbericht]. www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf
- [7] IEA HPT Annex 50 (o. J.) *Heat Pumps in Multi-Family Buildings for Space Heating and Domestic Hot Water (DHW), Solution Matrix* [online]. Göteborg: RISE Research Institutes of Sweden. <https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/solution-matrix>
- [8] Lämmle, M.; Bongs, C.; Wapler, J.; Günther, D.; Hess, S.; Kropp, M.; Herkel, S. (2022) *Performance of air and ground source heat pumps retrofitted to radiator heating systems and measures to reduce space heating temperatures in existing buildings*. Energy 242, 122952. doi.org/10.1016/j.energy.2021.122952
- [9] Metz, J.; Günther, D.; Bongs, C. (2022) *Mehrquellenwärmepumpensystem im Feldversuch*. Vortrag Deutsche Kälte- und Klimatagung 2022, Magdeburg, 16.–18. Nov. 2022. Hannover: Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein.

Autor:innen

Dr.-Ing. Constanze Bongs, constanze.bongs@ise.fraunhofer.de
 Jeannette Wapler, jeannette.wapler@ise.fraunhofer.de
 Jakob Metz, jakob.metz@ise.fraunhofer.de
 Dr.-Ing. Marek Miara, marek.miara@ise.fraunhofer.de
www.ise.fraunhofer.de
 Dr. Manuel Lämmle, manuel.laemmle@inatech.uni-freiburg.de
 INATECH – Universität Freiburg
www.uni-freiburg.de

Bundesingenieurkammer (Hrsg.)

Jahrbuch Ingenieurbaukunst

Made in Germany

- diskutiert die Zukunft des Planens und Bauens
- dokumentiert herausragende Projekte von Bauingenieur:innen aus Deutschland
- inspiriert vom Symposium Ingenieurbaukunst – Design for Construction #IngD4C

BESTELLEN
 +49 (0)30 470 31-200 · marketing@ernst-und-sohn.de
www.ernst-und-sohn.de/ingenieurbaukunst

* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland, inkl. MwSt.



Ernst & Sohn
A Wiley Brand



www.ernst-und-sohn.de/jahrbuch-ingenieurbaukunst

Nachhaltigkeit in Dänemark

Stefanie Weidner

In diesem Kurzbericht werden die individuellen Eindrücke der Autorin aus einem Jahr Leben und Arbeiten in Dänemark wiedergegeben. Der Fokus liegt dabei auf dem Vergleich (sofern möglich) der Nachhaltigkeitsthemen: Wie geht Dänemark mit den Herausforderungen der Zukunft um? Wo kann Deutschland von seinem nördlichen Nachbarn lernen? Wie können wir den länderübergreifenden Austausch verbessern?

1 Hintergrund

Dänemark gilt in vielerlei Hinsicht als Vorbild für den großen Nachbarn Deutschland. Nicht nur ist es das zweitglücklichste Land der Welt (und Kopenhagen die lebenswerteste Stadt) – Dänemark gilt auch und insbesondere im Bereich der Nachhaltigkeit als Vorzeigekind der Europäischen Union. Vor allem der letztgenannte Aspekt führte die Werner Sobek AG (und damit auch mich) Anfang 2022 in die dänische Hauptstadt, um dort eine Niederlassung unseres Büros zu eröffnen. Wir wollten hierbei zum einen von Dänemark lernen, zum anderen natürlich aber auch unsere Expertise in diesen interessanten Markt einbringen.

Neben vielfältigen, nicht unbedingt fachlichen und daher für diesen Bericht ungeeigneten Eindrücken u. a. hinsichtlich kultureller Eigenheiten konnte ich auch einige Unterschiede im Umgang mit der gebauten Umwelt identifizieren, die ich im Folgenden darlegen möchte. Dabei sei betont, dass dies meine persönliche Sichtweise ist, die sich mir über das letzte Jahr hinweg geboten hat, die natürlich aber nicht die einzig richtige sein wird bzw. kann.

2 Nachhaltigkeit in Dänemark

2.1 Umgang mit CO₂

Der Umgang mit CO₂ ist sicherlich einer der größten Unterschiede; aus meiner Sicht ist uns Dänemark hier viele Schritte voraus. Ab 2023 ist es gesetzlich für alle Neubauten verpflichtend, die CO₂-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus zu bilanzieren. Und für alle Gebäude über 1000 m² ist sogar eine bestimmte Grenze verpflichtend einzuhalten. Diese Grenze wird in regelmäßigen Abständen herabgesetzt, um die Anforderungen an die Gebäude zu erhöhen. Ab 2025 gilt sie zudem verbindlich auch für Gebäude, die kleiner als 1000 m² sind. Es ist durchaus sinnvoll, zuerst die großen Gebäude auf einen Grenzwert zu verpflichten. Meist werden diese mit einem größeren Team geplant, welches idealerweise Erfahrung mit CO₂-Berechnungen und den möglichen Optimierungsmethoden hat. So kann das System auf seine Anwendbarkeit geprüft werden, bevor dann auch kleinere Bauwerke verpflichtend die Grenzwerte einhalten müssen. Die Berücksichtigung der kleineren Gebäude ist zwingend notwendig, um die Transformation des Bauwesens auch wirklich konsequent voranzutreiben. Denn häufig sind kleinere Gebäude pro m² besonders emissionsintensiv, obgleich hier z. B. durch die Verwendung von Holz in der tragenden Struktur CO₂-Einsparpotenziale stecken.

Aus Bild 1 wird ersichtlich, dass die Grenzwerte für CO₂-Emissionen/m² kontinuierlich reduziert werden. Für Bauherren, die höhere Ambitionen haben, werden freiwillige Grenzwerte aufgezeigt,

die in Wettbewerbsverfahren auch bereits als Zielvorgaben eingesetzt werden.

Wer vermutet, dass sich die 12 kg CO₂/m²a lediglich auf die sog. grauen Emissionen beziehen, der irrt. Denn in den 12 kg CO₂ sind auch die betriebsbedingten, operativen Emissionen inkludiert. Zum Vergleich: In Deutschland liegt der Richtwert der DGNB allein für die grauen Emissionen von Büro- und Wohngebäuden gemäß der 2018er-Version des Zertifizierungssystems bei 9,4 kg CO₂/m²a. Eine Untersuchung der zertifizierten Gebäude zeigt, dass dieser Durchschnittswert auf 8,8 kg CO₂/m²a reduziert werden könnte. Eine Verpflichtung zur Einhaltung gibt es in Deutschland aber trotz lauter werdender Rufe auch aus der Baubranche bislang nicht. CO₂-Kontingente, die von Planenden und Bauenden einzuhalten sind, wären doch eine gute Idee! Der Blick in das Nachbarland, das uns dies vormacht, stellt für mich daher eine sehr wertvolle Perspektive dar.

Die HafenCity Hamburg geht einen vergleichbaren Weg, indem sie in den Grundstückskaufverträgen CO₂-Reduktionsziele fest vorschreibt. Wenn schon nicht national geordnet, so können zumindest Kommunen und Städte hier für ihre Bauvorhaben vorausgehen (oder Dänemark hinterhergehen).

Eine Studie von BUILD bzw. Zimmermann et al. [2] zeigt, dass viele Gebäude in Dänemark die 12 kg bereits jetzt schon einhalten. Das war für mich zunächst etwas überraschend, kann aber durchaus auch daran liegen, dass der dänische Strommix pro kWh nur etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen erzeugt, die pro kWh in Deutschland anfallen. Dänemark startet also nicht mit utopischen Zielen, sondern berücksichtigt den Status quo der Industrie und steigert die Anforderungen sukzessive.

Wie einfach oder schwer es letztendlich sein wird, die Grenzwerte einzuhalten und zu unterschreiten, wird sich zeigen. Es ist auf jeden Fall eine gewisse Nervosität und Unruhe bei dänischen Bauherren zu spüren, die nun darauf angewiesen sind, Nachweise zu erbringen und die Zielwerte per Gesetz einzuhalten. Das ist für mich ein sehr gutes Zeichen! Wir benötigen dringend diese Unruhe auch im deutschen Markt, denn das heißt: Es bewegt sich was!

2.2 Umgang mit Energie

Energieeinsparung war auch in Dänemark in den vergangenen Jahrzehnten das bestimmende Element beim Thema Nachhaltig-

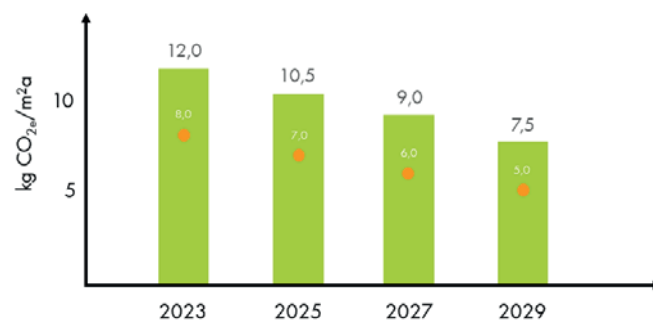


Bild 1 Zielvorgaben in kg CO₂e/m²a für Neubauten ab 2023 (erstellt nach [1])

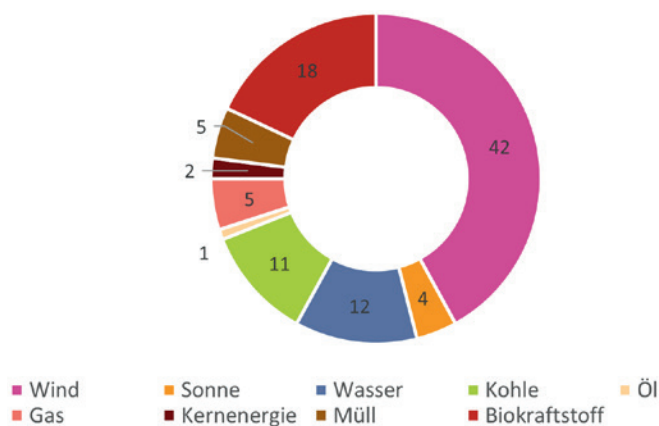


Bild 2 Strommix 2021, Angaben in % (erstellt nach [2])

keit – aber stärker mit einem Fokus auf die dabei entstehenden CO₂-Emissionen. Einen wichtigen Bestandteil der Energiepolitik stellt daher der Bezug von emissionsfreien Energieträgern dar. Bild 2 zeigt die Verteilung des durchschnittlichen Energiemixes in Dänemark für das Jahr 2021.

Daraus wird deutlich, dass Windenergie mit über 40 % den größten Anteil am Energiemix hat. Obgleich dieser Umstand sehr erstrebenswert ist und in einem CO_{2e}-Wert von 142 g/kWh [3] resultieren kann, zeigte sich im Jahr 2021 die Volatilität dieser Aufteilung. Im Vergleich zu 2020 erfuhr der CO₂-Wert pro kWh einen Anstieg um 14 %, da 2021 ein ungewöhnlich windstilles Jahr war, zudem der Energieverbrauch der Dänen anstieg und somit die Diskrepanz durch Kohle ausgeglichen werden musste. Im Vergleich zu Deutschland hat Solarenergie in Dänemark einen deutlich geringeren Anteil, was sich auch im Stadtbild ablesen lässt.



Bild 4 Schnappschuss von einem klassischen Betonfertigteil mit 30 cm mineralischer Dämmung

PV-Anlagen sucht man hier recht lang, mit Ausnahme der internationalen Schule in Nordhavn vom Architekturbüro C. F. Møller. Die 12.000 Solarpaneele wurden hier als Gestaltungselement in die Außenhaut des Gebäudes integriert und decken ca. 50 % des jährlichen Energiebedarfs ab (Bild 3). Gebäudeintegrierte PV muss zwingend auch architektonischen und gestalterischen Ansprüchen entsprechen, und das ist C. F. Møller gut gelungen.



Bild 3 Internationale Schule in Nordhavn mit 12.000 gebäudeintegrierten PV-Paneeelen; Architektur: C. F. Møller



Quelle: Stefanie Weidner

Bild 5 20 Jahre alte Transformation der ehemaligen Torpedohallen zu Wohnräumen; Architektur: Vandkunsten

Interessanterweise scheint der Nutzerstrom noch nicht überall im allgemeinen Bewusstsein angekommen zu sein. Nicht nur, dass ich abends in unserem Co-Working-Space immer die Beleuchtung in den Telefonkabinen ausmachen muss. Es stört mich auch, dass das Licht im Treppenraum meines Wohnhauses – trotz natürlicher Belichtungsmöglichkeit bei Tag – permanent an ist und kein Schalter oder Bewegungsmelder vorhanden ist. Die Belüftung während meiner Abwesenheit läuft auch durchgehend, und ich fahre häufig spät abends an komplett leeren und trotzdem hell beleuchteten Bürohäusern vorbei.

Für eine Optimierung der operativen Energieemissionen ist die Reduktion des Wärmebedarfs ein weiterer Bestandteil der dänischen Strategie. So war die letzten Jahre ein klarer Einfluss der Industrie, v. a. aus dem Bereich der mineralischen Dämmstoffe, zu verspüren. Während in Deutschland Dämmstärken im Mehrfamilienhausbau von ca. 20 cm üblich sind, liegt der Wert in Dänemark bei mindestens 30 cm, fest verpackt in vorgefertigten Elementen, wie aus Bild 4 ersichtlich. Erstaunlich ist, dass es keine divers geführte Diskussion dazu gibt, wie viel Dämmung – v. a. auf mineralischer Basis und wenig trennbar ausgeführt – tatsächlich sinnvoll ist. Eine Konsequenz dieser sehr dichten Fassaden ist die durchgehende mechanische Be- und Entlüftung sogar von wenig tiefen Wohnräumen. Muss das sein?

Ein weiterer Unterschied, der mir als Mieterin einer dänischen Neubauwohnung sofort positiv aufgefallen ist, ist die digitale Transparenz des Stromverbrauchs und Strompreises. Nicht nur lässt sich somit tagesaktuell (per App) der tatsächliche Energieverbrauch nachverfolgen, sondern es wird auch ersichtlich, dass und wie der Strompreis über den Tag hinweg variiert. Nachts und bei Flaute ist er höher, tagsüber und bei Wind niedriger. So ein einfaches Mittel ermöglicht es jedem Haushalt (der Energie und Geld sparen möchte/muss), Energie in Bezug auf die Energieverfügbarkeit zu verbrauchen. Vor allem in unserem deutschen Energiekonstrukt mit einem verhältnismäßig hohen Anteil Solarenergie wäre ein verführungsorientierter Verbrauch sehr effektiv.

2.3 Umgang mit Material

Materialien spielen auch in Dänemark zunehmend eine wichtigere Rolle. Dass die sog. grauen Emissionen gepaart mit den teilweise kritischen Materialverfügbarkeiten in der Hierarchie von Heraus-



Quelle: Stefanie Weidner

Bild 6 Wiederverwendung von Ziegel inkl. Fugenbild – Resource Rows; Architektur: Lendager Group

forderungen für das Bauwesen nun mit der Energieeinsparung mindestens gleichgezogen haben, ist auch in Dänemark angekommen. Auch hier gilt der Bestandserhalt als oberste Stufe der Nachhaltigkeit, und Sanierungen und Transformationen werden die Bauaktivitäten in den nächsten Jahren maßgeblich prägen (Bild 5).

Es kommen mir tatsächlich einige Nachhaltigkeits-Leitfäden von Stadtteilen und Bauherren unter, die ein sehr hohes Maß an Nachhaltigkeit, auch in Bezug auf Materialitäten, fordern. Auch hier ist es durchaus möglich, dass die Größe des Landes mit relativ wenig eigenen Ressourcen einen Treiber für Wiederverwendung und -verwertung darstellt.

Während sich in Deutschland nur vereinzelte Projekte in einem kleineren Gebäudemassstab an den Themen des Recyclings und der Wiederverwendung versuchen, ist die Dimension in Dänemark eine ganz andere.

Eines der führenden Architekturbüros in diesem Rahmen ist das verhältnismäßig kleine und junge (sehr viele Architekturbüros in Kopenhagen haben eine 60–120 Jahre Tradition) Büro Lendager. Anders Lendager gilt als einer der mutigen, innovativen Köpfe der Recycling-Branche, der gerne Bauherren fordert und mit sämtlichen Abfallprodukten experimentiert. Einzig bei dem Versuch Windradrotoren wiederzuverwenden ist er bislang gescheitert. Dieses Kompositprodukt ist anscheinend für nichts weiter zu gebrauchen (ich freue mich aber über Alternativvorschläge aus der Windanlagenindustrie!).

Besonders zwei Projekte stechen dabei hervor: Upcycle Studios und Resource Rows (Bild 6). Weitere, darunter auch ein Hochhaus, befinden sich in der Entwicklung. Die Größe dieser Projekte umfasst 3000 bzw. 9000 m². Das sind tatsächlich Dimensionen, bei denen die Herausforderung deutlich größer ist als bei kleinen Experimentaleinheiten. Solche Projekte sind jedoch sehr wichtig, um Ängste und Bedenken zu nehmen und um Präzedenzfälle zu schaffen. Eine Anmerkung an dieser Stelle: Es ist nicht möglich, ein derartig innovatives Projekt umzusetzen, ohne einen mutigen, starken Bauherren an seiner Seite zu haben. Bei den beiden Projekten war dies NREP, ein dänischer Entwickler. Upcycle Studios und Resource Rows behandeln diverse Themen der Ressourceneinsparung. Beispielsweise wurden gebrauchte (post-consumer) Glasscheiben in neue Rahmen gesetzt und mit neuen Glasschei-



Quelle: Stefanie Weidner

Bild 7 Nyhavn: heute Fußgängerpromenade, früher Parkierungsfläche für Pkw



Quelle: Klaus Finner

Bild 8 Einbindung des Elements Wasser als erlebbarer Stadtraum in den Kroyer Platz; Architektur: COBE

ben kombiniert, sodass sie tatsächlich die erforderlichen Leistungen erzielen und trotzdem Primärmaterial einsparen. Ein weiteres Beispiel bezieht sich auf das Lieblingsfassadenmaterial der Dänen: Klinker. Je nach verwendetem Mörtel ist eine Trennbarkeit der Ziegel nicht rückstandslos und ohne Beschädigung der Ziegel möglich. So auch in diesem Fall des abgebrochenen Gebäudes, weshalb sich Lendager dafür entschieden hat, die Klinker im Ganzen inkl. Fugenbild in ca. 1 m² großen Stücken auszuschneiden. Die Ziegel wurden anschließend zu einem spannenden Fassadenbild gepuzzelt und als Schalung für eine dünne Betonschicht verwendet. Ein weiterer für mich hervorzuhebender Aspekt liegt in der Kommunikation zu Materialverfügbarkeiten. *Lendager* hat das Unternehmen *a:gain* gegründet, das Materialien vermittelt. So kam es, dass Ort beton, der auf einer der Metro-Baustellen der Stadt überschüssig war, in den Gebäuden von *Resource Rows* verwendet werden konnte. Ebenso wie Konstruktionsholz derselben Baustelle. Man sieht: Es reicht nicht, sich nur auf einzelne Projekte zu konzentrieren. Wie in vielen anderen Nachhaltigkeitsaspekten (Mikroklima, Energiekonzeption, soziale Integration) dürfen die Betrachtungen nicht an der Grundstücks-kante enden, sondern müssen die Umgebung einbeziehen. Daher ist es so wichtig zu wissen, welche Abbruch-/Aushub-/Sanierungsarbeiten in nächs-

ter Umgebung stattfinden, denn nur dann können Synergien wie in diesem Projekt entstehen. Vereinzelt existieren auch in Deutschland Plattformen wie z.B. *concular* oder Bauteilbörsen – ich würde das gerne auch in jeder größeren Stadt mit wöchentlichen Updates über die geplanten Bauarbeiten sehen.

In der Verwendung nachwachsender Rohstoffe (v.a. Holz) hinkt Dänemark noch etwas den skandinavischen Nachbarn hinterher. Es wird aber inzwischen stark gefördert. Wie auch in Deutschland erhofft man sich davon die Lösung aller ökologischen Probleme. Vor allem die brandschutztechnischen Normen verhindern aktuell den großflächigen Einsatz von Holz. Durch Tests wie unter Abschn. 2.6 beschrieben geht es langsam vorwärts, sodass ich erwarte, dass die Anzahl der neuen Holzgebäude weiter zunehmen wird.

Die vorherrschende Bauweise ist definitiv Betonfertigteilbau. Auch hier ist die dänische Industrie für diese bauliche Tendenz verantwortlich. Diese Fertigteilbauweise hat zwar viele Vorteile, auch ökologischer Art. Es wird weniger Beton auf der Baustelle verschwendet, die Bauteile sind höchst effizient und können sehr schnell gefügt und errichtet (und später wieder getrennt und wiederverwendet) werden. Zusätzlich profitiert die direkte Umgebung von weniger störendem Lärm und Staub auf der Baustelle. Und es bedarf weniger Facharbeiter, die bei (fast) jedem Wetter Bewehrung verlegen und Beton gießen müssen. Auf der anderen Seite wird dadurch verlernt, individuell für jedes Projekt die optimale Lösung des spezifischen Lastfalls zu entwickeln. Auch die Variabilität der Betonmischung, die durchaus hinsichtlich der CO₂-Emissionen eine große Rolle spielt, wird reduziert. Der in Deutschland vielfach angepriesene Beton mit Hochofenschlacke ist in Fertigteilen nicht (zumindest nicht wirtschaftlich) umsetzbar, da die Ausschulfristen für den Schichtbetrieb zu lang sind. Da bleibt nur die Lösung des Ortbetons.

Der Trennbarkeitsgedanke in Dänemark geht übrigens sogar so weit, dass Anschlüsse an das (Beton-)Fundament lediglich geschraubt werden können – und das sogar bei lastabtragenden Bauteilen!

2.4 Umgang mit dem Stadtraum

Kopenhagen war nicht immer eine fahrradfreundliche Stadt. Zwar ist Strøget eine der ersten autofreien Fußgängerzonen der Welt, dennoch machen wir es uns in Deutschland mit Aussagen wie „Das ist bei uns etwas anderes“ zu einfach. Auch Kopenhagen war eine Stadt, gemacht für motorisierten Individualverkehr, mit breiten, vielspurigen Straßen, in der sich zu Fuß oder auf dem Fahrrad fortbewegende Menschen in der Hierarchie weit unten standen. Wer alte Fotografien von Nyhavn (Bild 7) oder Kongens Nytorv aus den 1970er-Jahren betrachtet, wird überrascht sein, dass der nun sehr beliebte und belebte Fußgängerbereich einst ausschließlich parkenden Autos vorbehalten war. Der dänische Urbanist *Jan Gehl* hat 1971 das Buch *Life between buildings* veröffentlicht und darin das Missverhältnis zwischen Mensch, Mobilität und Bebauung aufgezeigt sowie Lösungsansätze und Inspirationen für eine menschlichere gebaute Urbanität geliefert. Sein Credo *Der Mensch als Maßstab* wurde zum städtebaulichen Leitbild Kopenhagens und führte dazu, dass radikal umgedacht und das Auto konsequent aus der Stadt gedrängt wurde.

Und dabei ist das wirklich eine Frage der Konsequenz, des politischen Muts und einer geschickten Städte- und Verkehrsplanung. Einbahnstraßen für MIV, Ampeln, die auf das Tempo von

Fahrradfahrer:innen eingestellt sind, und v. a. eine herausragende Infrastruktur für nicht motorisierten Individualverkehr führten dazu, dass das Fahrrad in Kopenhagen und anderen dänischen (Groß-)Städten zum wichtigsten Fortbewegungsmittel geworden ist. Natürlich bietet die flache Topografie einige Vorteile, zumindest die Höhenmeter betreffend. Dafür ist im Norden meist mit ordentlich (Gegen-)Wind zu rechnen. Ein Großteil der Straßen verfügt über eigene Fahrradtrassen, die – im Gegensatz zu den meisten deutschen Fahrradwegen – von der Straße durch einen Bordstein abgehoben sind. Zudem sind die Fahrradwege breit genug, um Rad-Überholvorgänge sicher und komfortabel zu ermöglichen. Und auch während der zahlreichen Bauprozesse wird die Hierarchie eingehalten; so müssen Pkw eine Spur einsparen, damit der Fahrradweg weiterhin in notwendiger Breite (und mit kantlosen Höhenübergängen!) zur Verfügung steht. Wie sonst soll die Entmotorisierung der Städte gelingen, wenn nicht durch eine Veränderung der Hierarchie?

Deutsche Kommunen und Bauherren agieren hier meiner Auffassung nach zu langsam und zu zaghaft. Denn was war zuerst? Der fehlende Platz für ein parkendes oder sich bewegendes Auto oder weniger MIV-Aufkommen? Nun, die Dänen haben gezeigt, dass es sich lohnt, forsch zu sein, Autos aus den Städten zu drängen und Alternativen (z. B. auch den Ausbau der Metro) zu fördern. Wozu benötigt ein Neubau in urbaner Lage langfristig pro Wohneinheit immer noch eineinhalb bis zwei Stellplätze? Vor allem Tiefgaragen verfügen über ein denkbar geringes Wiederverwendungspotenzial, wenn die Flächen spätestens in zehn bis 15 Jahren zu einem großen Teil überflüssig werden. Umbauter Raum, gebundene Ressourcen, ohne Mehrwert. Was ich in meiner Mietwohnung in Kopenhagen nicht anmieten konnte, ist ein Pkw-Stellplatz. Nein, ich zahle einen pauschalen Anteil für eine einladende Fahrradstellplatzinfrastruktur.

Ein weiterer Aspekt der nachhaltigen Außenraumgestaltung bezieht sich auf die aktive Belebung von öffentlich zugänglichen Flächen. Potenziale zur soziokulturellen Interaktion werden überall in der Stadt geschaffen, auch in den artifiziellen Neubauwohnvierteln. Sei es durch die gekonnte Integration von Wasser und Wassererlebnisflächen in das Stadtleben (Bild 8) oder die Verwendung eines Parkhauses (ja, es gibt auch ein paar Stellplätze) als Spielplatz (Bild 9). Oder einfach das intrinsische Bedürfnis, aktive Flächen für alle Arten der Bewegung oder des Aufenthalts zu gestalten. Vermutlich verschafft genau diese Blickweise auf die stadträumlichen Qualitäten den dänischen Architekturbüros einen kleinen Wettbewerbsvorteil auch außerhalb der eigenen Landesgrenzen. Wir benötigen mehr davon!

Natürlich gibt es auch Negativbeispiele. Auf eines davon muss ich jeden Tag hinabblicken (Bild 10). Der sehr lieblos geplante Søren Kierkegaards Plads an eigentlich sehr prominenter Stelle bietet keinerlei Aufenthaltsqualitäten oder -möglichkeiten, nur vollständig versiegelte Fläche. Zum letztjährigen Großevent, dem Auftakt der *Tour de France*, wurden provisorisch einige Pflanzentröge und Verschattungselemente installiert – langfristig verbessert hat sich durch diese zweimonatige Verschönerung jedoch nichts.

Zum Glück sind mir von derartigen Problemzonen bislang nicht allzu viele begegnet.

2.5 Gleichberechtigung

Wenn auch nicht direkt mit dem ökologisch nachhaltigen Bauen verbunden, so gilt sie doch als ein wesentlicher Aspekt der sozia-



Quelle: Stefanie Weidner

Bild 9 Bespielte und frei zugängliche Dachfläche auf dem Parking House Lüders; Architektur: JAJA Arkitekter



Quelle: Stefanie Weidner

Bild 10 Søren Kierkegaards Plads, rechts neben der Fahrbahn

len Nachhaltigkeit: die Gleichberechtigung unterschiedlicher Geschlechter wie auch Nationalitäten und Kulturen (nicht nur Verkehrsteilnehmer:innen).

Zunächst zum Thema Gleichberechtigung der Geschlechter. Hier fällt eines sehr früh auf, und zwar spätestens nach einigen Tassen Kaffee (Dänemark hält übrigens weltweit Platz 4 im Kaffeeconsum pro Person). Und zwar, dass Toilettenräume in Büros oder Restaurants sehr häufig unisex sind. Während das für unbedarfte Deutsche zunächst ungewohnt erscheint, gewöhnt man sich sehr schnell daran und eines – hier kommt die Nachhaltigkeit auch aus ökologischer Sicht ins Spiel – fällt auf: Das Zusammenlegen von Toilettenräumen spart Platz – und damit konsequenterweise wertvolle Ressourcen. So können z. B. Vorräume, Waschbecken und auch Kabinen inkl. der ver- und entsorgenden Haustechnik eingespart werden. Die Frage, wo Wickelmöglichkeiten angeordnet werden, stellt sich dadurch im Übrigen auch nicht. Ich halte es für ein valides Modell, welches auch bei uns durchaus Anwendung finden und in der Arbeitsstättenrichtlinie beachtet werden sollte. Es stellt die oberste Stufe der Optimierungsskala dar. Denn Reduktion kann nicht nur auf Bauteilebene erzielt werden, viel effektiver ist sie auf Gebäudeebene, z. B. eben durch die Reduktion von individualisiertem Raum, hier: Toiletten.

Obgleich Dänemark im Bereich der Aufteilung von sog. Care-Arbeit sehr ausgewogen erscheint – schon allein aufgrund der horrenden Lebensunterhaltskosten ist es unverzichtbar, dass beide Partner möglichst Vollzeit arbeiten –, ist es dennoch erstaunlich, wie wenige Frauen in Partner- oder geschäftsführender Position in Architekturbüros begegnet sind. Hervorzuheben in diesem Rahmen sind die weiblichen CEOs von BIG sowie white arkitekter. Die bekannteste unter den Frauen in Führungsposition ist sicherlich *Dorte Mandrup* vom gleichnamigen Büro. Eine beeindruckende und meinungsstarke Frau, die genau auf diesen Missstand in der Baubranche unermüdlich hinweist. Wie kann es sein, dass bei ausgewogenem Studierenden- und auch Mitarbeitendenverhältnis die Führungsebenen dennoch vorrangig männlich besetzt sind? Und das sogar in einem sozialen Vorzeigeland wie Dänemark. Ermunternd ist in diesem Kontext aber z.B. die neue Doppelspitze bei COBE, wo sich seit Herbst 2022 tatsächlich zwei Frauen die CEO-Position teilen. Gleichberechtigt, zu gleichen Teilen, mit gleichem Stimmrecht. Ein zukunftsfähiges Konzept, das sich hoffentlich weiter durchsetzt.

Bezüglich Gleichberechtigung von Nationalitäten möchte ich mir eine kleine kritische Anmerkung erlauben: Mit seinen 5,5 Mio. Einwohner:innen und den knapp 43.000 km² Landfläche (ohne Grönland) ist Dänemark kein großes Land. Neben der Abhängigkeit von Importen von Rohstoffen u. a. für die Bauaktivitäten ist es auch abhängig vom Wissenstransfer über nationale Grenzen hinweg. Eine Institution der Metropolregion Kopenhagen (Copenhagen Capacity) ist sich dieses Umstands bewusst und hält gezielt Ausschau nach internationalen Firmen, die den kleinen, bislang relativ geschlossenen dänischen Markt bereichern sollen. So ist im Übrigen auch die Werner Sobek AG nach Dänemark gelangt. Die Unterstützung, die wir beim Start in Kopenhagen erfahren haben, war groß und sehr hilfreich; worauf wir jedoch nicht ausreichend vorbereitet wurden, war die Skepsis, die nicht dänischen Firmen entgegengebracht wird. Durch einen Dschungel von Regularien, Dokumentationsverpflichtungen und Qualifizierungsverfahren wird es internationalen Firmen schwer gemacht, sich zu etablieren. Ein Netzwerk von lokal ansässigen Firmen als Kooperationspartner ist dadurch unerlässlich. Zum Glück lieben es Dänen, zu netzwerken!

2.6 Umgang mit Information

Neben dem Netzwerken, welches in Dänemark durch die meiner Auffassung nach überdurchschnittlich häufigen Jobwechsel sehr schnell geht, ist das Teilen von Informationen und Erkenntnissen ein sehr wichtiges Gut. Weil Dänemark ein kleiner Markt ist, müssen sich die verschiedenen Stakeholder hier umso besser austau-

schen. Beispielsweise hat in dem Projekt UN17 der Entwickler NREP (die Gleichen wie beim Thema Recycling) wichtige Untersuchungen und Tests hinsichtlich Brandverhalten von Holzfassaden abgehalten. Wie selbstverständlich wurden die Informationen in der gesamten Baubranche detailliert geteilt, sodass alle davon profitieren können.

Auch die beiden erwähnten Recycling-Projekte wurden durch ausführliche Berichte auf eine sehr transparente Art und Weise aufgearbeitet und Lessons Learned abgeleitet. Die Ergebnisse sind allen frei zugänglich.

3 Fazit

Alles in allem lässt sich über unser nordisches Nachbarland sagen, dass es in einigen Themenfeldern der Nachhaltigkeit deutlich konsequenter agiert, als wir es in Deutschland tun. Es ist nicht in allen Bereichen die Nummer 1 (z.B. bezüglich der Reduzierung von Nutzerstrom und mineralischen Dämmstoffen), geht aber viele Aspekte konsequent an: CO₂-Grenzwerte, Einsatz von wiederverwendeten Bauteilen, Autos aus der Stadt drängen. Damit das überhaupt möglich ist, bedarf es v.a. Mut aufseiten der Bauherren, der Kommunen und der Landespolitik. Es ist wahr, dass die dänische Bevölkerung grundsätzlich sehr zufrieden ist. An manchen Stellen, wie z.B. bei der Diskussion über Dämmstärken oder dem Einsatz von Betonfertigteilen, würde ich mir einen konträren geführten Meinungsaustausch wünschen – aber vielleicht ist auch genau das etwas, das wir aus Deutschland mitbringen können.

Literatur

- [1] *Aftale mellem regeringen (Socialdemokratiet) og Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti og Alternativet om: National strategi for bæredygtigt byggeri*. København: Indenrigs og boligministeriet. 5. marts 2021. <https://im.dk/Media/C/4/Endelig%20aftaletekst%20-%20B%C3%A6redygtigt%20byggeri%20-%205.%20marts%202021.pdf>
- [2] Zimmermann, R. K. et al. (2020) *SBI 2020:04: Klimapåvirkning fra 60 bygninger Svensson*. København: Polyteknisk Boghandel og Forlag ApS.
- [3] Øyen, M. (2022) *Danskernes strøm blev mere sort i 2021* [online]. København: Altinget. www.alinget.dk/artikel/danskernes-stroem-blev-mere-sort-i-2021

Autorin

Dr.-Ing. Stefanie Weidner, stefanie.weidner@wernersobek.com
Werner Sobek AG, Kopenhagen/Stuttgart
www.wernersobek.com

nbau NEWSLETTER

NACHHALTIG BAUEN

Jetzt den kostenlosen nbau Newsletter abonnieren und exklusive Inhalte zu den Ausgaben direkt in Ihr E-Mailpostfach bekommen. Der nbau Newsletter informiert über:

- Highlights aus dem aktuellen Heft
- Hintergrundinfos zu den Beiträgen
- persönliche Empfehlungen des Chefredakteurs

Ernst & Sohn
A Wiley Brand



JETZT ANMELDEN
www.nbau.org

Materialgeschichten

Nora Iannone, Marie Heyer

3 Recyclinghöfe – Metalle

Um die Thematik rund um Recyclinghöfe besser zu verstehen, haben wir all jene in und um Weimar herum besucht. Auf den Wertstoffhöfen (Bild 1) landen laut Wikipedia-Definition „Stoffe, die nach ihrem Gebrauch wieder genutzt, zu anderen Produkten umgewandelt oder in Rohstoffe aufgespaltet werden können“ [1], also alle Wertstoffe, welche man wiederverwerten und zurück in den Wirtschaftskreislauf bringen kann.

Wir haben viel Sperrmüll entdeckt, aber auch Altholz, Metallschrott, Grünschnitt, Bauabfälle, Elektrogeräte, Altpapier, Glas, Textilien, Leuchtstofflampen, Starterbatterien und vieles mehr. Die Sekundärstoffe werden getrennt, verwertet und dürfen dann erst sachgemäß beseitigt werden. Metallisches Material zum Beispiel wird sehr hochwertig hergestellt, lässt sich bei sortenreiner Trennung ohne Qualitätsverlust recyceln und wird daher gern auf den Höfen gesehen. Die Herstellung bzw. Einschmelzung ist allerdings sehr energieintensiv. Viel graue Energie, also jene, die wir auf den ersten Blick durch Gewinnung, Herstellung, Verarbeitungsprozess sowie Einschmelzung nicht sehen, muss aufgebracht werden. Daher, und auch weil in Unmengen vorhanden, haben wir uns einige Metallrohre sowie ausrangierte Aluminiumflansche geschnappt (Bild 2). Gemäß dem höchsten Urban-Mining-Credo Weiterverwenden als erste Wahl!

Auf Nachfrage, was mit dem Container passiert, dessen Inhalt „nicht wiederverwendbar“ ist (Bild 3), werden wir freundlicher-



Quelle: Iannone/Heyer

Bild 2 Aluminium-Rohrverbindungen



Quelle: Iannone/Heyer

Bild 1 (Neu-)Ware auf dem Werkstoffhof



Quelle: Iannone/Heyer

Bild 3 „Müll“-Container

weise auf das *Kreislaufwirtschafts Gesetzbuch KrWG* hingewiesen. „Was auf der Deponie endet, ist Abfall und kann, ja darf sogar, nicht wiederverwendet werden.“ Es wird Zeit, dass sich bei der Definitionsfrage einiges ändert!

Ein großes Danke geht an die W.K.W. Recycling GmbH in Apolda, welche uns die Flansche auf Leihbasis mitgegeben hat. Sofern der Aluminiumpreis innerhalb der Frist nicht steigt, haben wir ein gutes Geschäft gemacht. Wenn doch, zahlen wir die Differenz!

Literatur

[1] Wikipedia (o. J.) *Wertstoff* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation Inc. <https://de.wikipedia.org/wiki/Wertstoff> [Zugriff am: 12. Apr. 2022]

4 Weimarer Weingut – Naturkorken

Durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit sowie hervorragende Schallschutzeigenschaften stellt Kork eine gesunde und nachwachsende Alternative zu herkömmlichen Dämmmaterialien dar. Zudem ist er leicht, langlebig, elastisch, wasserdicht, feuerhemmend und zu 100 % wiederverwendbar. Regelmäßig geerntete Korkreihen speichern drei- bis fünfmal mehr CO₂ als solche, die nicht geerntet werden. Aktuell warten im Umweltamt der Stadt Weimar 4 x 120-l-Säcke gesammelter Korken auf eine Nachnutzung. Wir haben auf die Naturkorken des einzigen Weinguts Weimars (Bild 4) zurückgegriffen.



Bild 4 Blick auf die Weinreben am einzigen Weingut Weimars

Agnes und Andreas Freyer haben uns netterweise einen ganzen Sack voll zur Verfügung gestellt, da sie jedes Jahr für ihre 0,7 ha Weinreben 4000 Korken bestellen, aber jedes Jahr nur 3600 davon brauchen. Wenn sie keine genormte Stückzahl bestellen, wird's teuer! Also leider 400 Korken Überfluss, die hart und unnutzbar werden (Bild 5).

Entgegen allen Vorurteilen erzählt *Andreas*: „Die Korkrinden schälen sich praktisch von selbst, es ist genug vorhanden.“

Wir danken dem kleinen Familienbetrieb für die Weinkorken-Spende!

Autorinnen

Marie Heyer

Nora Iannone

info@materialgeschichten.org

Bauhaus Universität Weimar

Fakultät Architektur und Urbanistik

<https://materialgeschichten.org>

Materialgeschichten auf Instagram



Bild 5 Naturkorken im Überfluss

Umweltproduktdeklarationen (EPD)

Diana Fischer, Dominik Pyschny

Umweltproduktdeklarationen (engl. Environmental Product Declarations – EPD) dokumentieren die Umwelt- und Gesundheitswirkungen von Bauprodukten und sind quasi eine Darstellung der Ökobilanz auf Baustoffebene. Sie werden vom jeweiligen Produzenten erstellt und nach erfolgreicher unabhängiger Verifizierung veröffentlicht. Wichtigster EPD-Programmhalter in Deutschland ist das Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU). Dieses lässt eine unabhängige Verifizierung der EPDs nach ISO 14025 durch externe Dritte durchführen und garantiert damit eine hohe Qualität der angegebenen Informationen.

EPDs basieren auf Normen und Regeln

Der Aufbau von Umweltproduktdeklarationen wird in verschiedenen Normen und Regeln vorgegeben. DIN EN 15804 [1] fungiert als Basis-Norm und gibt den grundsätzlichen Aufbau von EPDs vor. Sie definiert auch, welche Umweltwirkungen und Lebenszyklusphasen in EPDs deklariert werden müssen. Weiterhin enthält sie Anforderungen an die Berechnung der Umweltdaten.

Für die meisten Produktgruppen gibt es harmonisierte Normen, die produktspezifische Anforderungen und Berechnungsvorgaben enthalten. Sie definieren bspw., welche Einheit (m^2 , m^3 , kg usw.) bei der Deklaration einzuhalten oder wie viel Verschnitt bei der Berechnung der Umweltdaten einzuberechnen ist.

Schließlich gibt es auch noch vom EPD-Programmhalter entwickelte sog. Produktkategorieeregeln (engl. Product Category Rules – PCR). Diese orientieren sich an den genannten Normen und geben den EPD-Erstellern vor, welche Angaben in welchen Kapiteln enthalten sein müssen und welche Vorgaben bei der Deklaration zu beachten sind.

Wesentliche Inhalte

Basis jeder EPD ist eine Ökobilanzierung, bei der die Umweltwirkungen der Produkte, bspw. ihr Treibhauspotenzial und ihr Primärenergiebedarf, berechnet werden. Darüber hinaus enthalten EPDs Zusatzinformationen, die dabei helfen, die Umwelt- und Gesundheitsfreundlichkeit eines Produkts einzuschätzen. Hierzu gehören neben der Produktdefinition das Anwendungsgebiet des Produkts sowie u. a. Angaben zu Grundstoffen, technischen Daten, Informationen zur Nutzungsdauer und Nachnutzungsphase wie Sammelrate oder Recyclingrate und Nachweise zur Güte- und Qualitätssicherung. Der Umfang der EPDs kann je nach EPD-Art, Programmhalter und Hersteller schwanken. Kern-EPDs beinhalten nur die in EN 15804 geforderten Informationen. Die Programmhalter verlangen in ihren PCRs häufig Zusatzangaben wie z. B. zu besonders besorgniserregenden (SVHC) oder gesundheitsschädlichen (CMR) Stoffen oder Ergebnisse von Emissionsmessungen, die u. a. für Nachhaltigkeitszertifizierungen relevant sind.

EPDs sind keine Zertifikate

Im Gegensatz zu anderen Umweltzeichen, bspw. dem Blauen Engel, sind EPDs keine Zertifikate. Sie beschreiben die Produkte hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen, bewerten sie aber nicht. Das Vorhandensein einer EPD sagt demnach nichts darüber aus, ob das Produkt aus ökologischer und gesundheitlicher Sicht gut oder schlecht bzw. besser oder schlechter als vergleichbare Produkte ist.

Anwendung

Die Erstellung einer EPD ist eine freiwillige Leistung der Hersteller und dient im Wesentlichen dazu, Bauherren, Planenden und anderen umfassende Informationen zu umwelt- und gesundheitsrelevanten Aspekten der von ihnen hergestellten Produkte übersichtlich darzustellen.

Die in der EPD deklarierten Umweltwirkungen werden u. a. von Planern und Nachhaltigkeitsexperten zur Erstellung bzw. Berechnung der Ökobilanz eines Gebäudes oder eines Bauwerks verwendet. Die Gebäude-Ökobilanz wird dann z. B. verwendet, um ein Nachhaltigkeitszertifikat für das Gebäude (z. B. BNB, DGNB, LEED, QNG) zu erhalten. Die Ökobilanz, welche eine Grundlage für EPDs ist, wird von den Herstellern auch genutzt, um ihre Produktion zu optimieren und Produkte mit besseren Umwelteigenschaften zu entwickeln.

EPDs dienen nicht dazu, Baustoffe untereinander zu vergleichen. Die Bewertung der Produkte sollte nur auf Bauwerksebene durchgeführt werden und muss stets auch die technischen Eigenschaften berücksichtigen. Ein Vergleich von Baustoffen auf Basis ihrer EPDs ist nur in Ausnahmefällen sinnvoll, bspw. bei technisch identischen Produkten unterschiedlicher Hersteller, und sollte nur von Expert:innen vorgenommen werden.

Das gesamte Glossar ist zu finden unter www.nbau.org/glossar.

Literatur

- [1] DIN EN 15804 (2022) *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte*. Berlin: Beuth. Ausgabe März 2022.



Detleff Schermer, Eric Brehm (Hrsg.)

Mauerwerk-Kalender 2023

**Schwerpunkte: Instandsetzung;
Erdbeben; Lehmbau**

- **Instandsetzung und Sanierung von Mauerwerk**
- **Erdbebenachweise nach DIN EN 1998-1**
- **aktuelle Beiträge zur Berechnung und Bemessung von Lehmbauwerken**

Das Nachschlagewerk zum Mauerwerksbau im 48. Jahrgang: Schwerpunkte sind die Instandsetzung und Sanierung von Mauerwerk sowie die der konstruktive Lehmbau. Weitere Beiträge behandeln die Erweiterung von Eisenbahngewölbebrücken und die digitale Transformation im Bauwesen.



2 / 2023 · ca. 348 Seiten ·

ca. 188 Abbildungen · ca. 140 Tabellen

Hardcover

ISBN 978-3-433-03373-9 ca. € 159*

Fortsetzungspreis ca. € 139*

eBundle (Print + ePDF)

ISBN 978-3-433-03374-6 ca. € 194*

Fortsetzungspreis eBundle ca. € 169*

Bereits vorbestellbar.

Jetzt
auch als
eBundle



BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3373



Der beige-graue Boden bildet die Bühne für die fein komponierte Neugestaltung der Büroflächen im ehemaligen Lichtspielhaus CAMERA: großes Kino für Mitarbeitende und Kunden der Agentur SCRIPT im Frankfurter Westen – und ein großer Auftritt für DISBON-Bodensysteme

11 x Indoor Air Comfort Gold für DISBON-Bodenbeschichtungen

Eurofins prämiert Produkte für ein gesundes Raumklima

Im Bestreben, Produkte zu entwickeln, die einen Beitrag zu einem gesunden Innenraumklima leisten, hat DISBON einen wichtigen Meilenstein erreicht: Gleich elf Bodenbeschichtungen der unter dem Dach der DAW agierenden Profimarke wurden mit dem Indoor Air Comfort Gold – Europas Best-in-Class-Label – ausgezeichnet. Es bestätigt, dass die Beschichtungen frei von schädlichen Emissionen sind und die strengsten europäischen Anforderungen für ein gesundes Raumklima erfüllen.

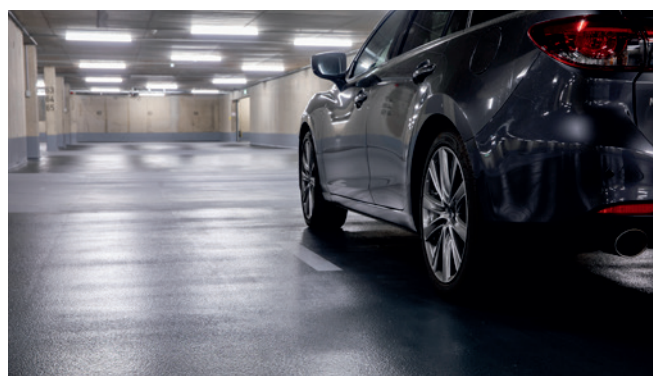
Eurofins ist die weltweit führende Organisation im Bereich der Produktemissionsprüfungen. Für den Nachweis, dass alle produktbezogenen Gesundheitskriterien an Produktemissionen hinreichend erfüllt werden, hat Eurofins die Zertifizierung *Indoor Air Comfort Gold* (Eurofins IAC Gold) ins Leben gerufen.



Das Label stellt die Summe der schärfsten Anforderungen aller europäischen Label in Bezug auf VOC-Emissionen dar. Neben der reinen Prüfung des Produkts beinhaltet es auch die Absicherung eines konstanten und überwachten Herstellprozesses für emissionsarme Produkte. Dazu gehören regelmäßige Audits in Herstellwerken, jährliche Wiederholungsprüfungen der Produkte sowie ein umfassender Zertifizierungsprozess.

Mehr als nur ein Label: Kriterien von LEED, DGNB und BREEAM vereint

Eurofins IAC Gold bestätigt den hohen Qualitätsanspruch von DISBON und dessen Beitrag zu einem gesunden Innenraumklima.



Im Schwarzbach-Quartier in Ratingen hat das Unternehmen Fujifilm drei Etagen des neuen Bürogebäudes *The Squire* bezogen; zu dem modernen Gebäude gehört auch eine Tiefgarage, in der geprüfte Bodenbeschichtungssysteme der Marke DISBON speziell für Stell- und Fahrflächen in Tiefgaragen verwendet wurden – sie schützen den Betonboden vor Verschleiß und verhindern das Eindringen von Schadstoffen wie Tausalz



Die von Eurofins ausgezeichneten DISBON-Produkte erfüllen die gesetzlichen VOC-Vorschriften an emissionsarme Produkte



Bahn frei für ein innovatives Indoor-Verkehrssystem in den B.O.C.-Läden: Hier haben Fahrradinteressierte freie Bahn und kommen Fußgänger:innen nicht in die Quere – planebene, seidenmatte Oberfläche mit dem Mattsiegel DISBON DisboPUR 459; für die Bodengestaltung mussten große Unebenheiten ausgeglichen werden

Denn: Mit diesem Label ausgezeichnete Produkte erfüllen die gesetzlichen VOC-Vorschriften an emissionsarme Produkte in den europäischen Ländern und stellen somit sicher, dass Emissionen in Innenräumen auf ein Minimum reduziert werden. Darüber hinaus garantieren sie, dass die Produkte die Anforderungen für nachhaltige Gebäude gemäß LEED, BREEAM international, BREEAM NOR, DGNB, Well Building und der italienischen CAM Edilizia erfüllen.

11 x die höchste Auszeichnung

Die von Eurofins ausgezeichneten DISBON-Produkte sind:

- DisboFLOOR 320 rapid
- DisboFLOOR 326 rapid
- DisboPUR W 357
- Disbon 404 ELF
- DisboPOX 420 E.MI PLUS
- DisboPOX W 442
- DisboPOX W 447
- DisboPUR W 458
- DisboPUR W 459
- DisboPOX W 468 THIX
- und DisboFLOOR 475 E.MI PLUS

Damit steht dem Verarbeiter für nahezu jeden Anwendungsbereich die richtige Bodenbeschichtung zur Verfügung – von der Lebensmittelindustrie über die Lagerlogistik bis hin zu Park-, Gewerbe- und Wohnbauten.

Entwickelt für maximale Performance

Neben den geringen Emissionen sind die prämierten DISBON-Produkte nahezu geruchsfrei und damit ideal auf eine angenehme Verarbeitung und die Applikation im laufenden Betrieb optimiert. Viele der Produkte sind hinsichtlich ihrer Begehrbarkeit auf eine schnelle Aushärtung, teilweise auch unter widrigen Witterungsverhältnissen hin entwickelt worden. Zudem stehen die Produkte je nach Anwendungsbereich für höchste mechanische und chemische Beanspruchungen zur Verfügung.

Breites Sortiment an AgBB-geprüften Bautenschutzprodukten

Die Eurofins-Zertifizierung ist für DISBON ein bedeutender Schritt auf dem Weg, Produkte zu entwickeln, die zu gesünderen Lebensräumen beitragen. Gleichzeitig ist sie eine wichtige Ergänzung der bestehenden Zertifikate, denn die Bodenbeschichtungen von DISBON sind fast ausnahmslos AgBB-konform. Das AgBB-Siegel hilft, bedenkenlose Bodenbeschichtungen zu erkennen. Produkte, die das Siegel tragen, erfüllen alle Auflagen des vom Umweltbundesamt eingesetzten Ausschusses für die Beurteilung von Baustoffen.

Die hier beschriebenen Bodenbeschichtungen und Systeme sind in einer neuen, ansprechenden und informativen Broschüre zusammengefasst und auf der Homepage abrufbar unter CAP-22201_BRO_DISBON_Emission_Gesundheit.pdf.

www.disbon.de

Von Grund auf effizient

Vor etwas mehr als einem Jahr brachte Mayer Schaltechnik die FLUXX Bodenschiene auf den Markt und mit ihr eine smarte Alternative zu den konventionellen Abschalungsmethoden von Bodenfügen im Bereich der Hohlwände. Sie überzeugt, wie das bereits über eine Dekade lang erfolgreiche FLUXX-Wandschienen-Pendant, mit unkomplizierter und zeitsparender Montage und daraus resultierender Reduzierung des Lohnaufwands von mindestens 50 %. Eine raffinierte, passive Haltevorrichtung, welche beidseitig einsetzbar ist, sorgt außerdem für eine erhebliche Einsparung beim Material.

Bereits im gesamten Bundesgebiet im Einsatz

Das vom Mayer-Entwicklungsteam kreierte und durchdachte System, welches entgegen der üblichen Stoßabschalungsmethoden ganz ohne Vorarbeiten und spezielles Werkzeug auskommt, hat bereits im gesamten Bundesgebiet Einzug auf den Baustellen gehalten. Vom Erzgebirge bis ins Saarland, vom Schwarzwald bis an die Kieler Fjorde begeistert – wegen der regional oft unterschiedlichen und wechselhaften Wettergegebenheiten – v.a. auch die Witterungsunabhängigkeit des Systems die Bauunternehmen.

Den ökologischen Zeitgeist treffen

Der gestiegene Holzpreis sowie häufig notwendige Nacharbeiten sorgen inzwischen immer häufiger für ein Umdenken seitens der Baubranche – weg von konventionellen Methoden. Genau dieses Optimierungspotenzial möchte Mayer Schaltechnik mit der FLUXX Bodenschiene als neuen Gamechanger nutzen, um sich am Markt einmal mehr als innovatives Pionierunternehmen zu beweisen. Im Zeitalter des immer stärker im Fokus stehenden Umweltschutzes punktet die FLUXX Bodenschiene außerdem durch die massive Reduzierung von Baustellenabfällen. Neben diesem sofort gegebenen Aspekt ist es außerdem auch die auffallend lange Lebensdauer, welche langfristig nicht nur wirtschaftlich, sondern auch ökologisch wertvolle Zeichen setzen wird.

Dieselbe Erfolgsschiene fahren

All diese Punkte lassen auch Andreas Seit, den Leiter des Außendienstes bei Mayer Schaltechnik, positiv in die Zukunft blicken: „Wir haben mit der Wandschiene bereits jahrelang im gesamten Bundesgebiet bis ins europäische Ausland beweisen können, dass



Quelle: Mayer Schaltechnik GmbH

Mit nur einer Arbeitskraft lässt sich das FLUXX Bodensystem einfach und schnell installieren und sorgt für technisch einwandfreie Abschalgergebnisse

65



Quelle: Mayer Schaltechnik GmbH

Dank witterungsunabhängigem Aluminiumprofil ist die Bodenschiene nicht nur äußerst robust, sondern auch sehr handlich

wir mit unseren Produkten Bauprojekte vereinfachen und wirtschaftlich nachhaltiger gestalten. Daher bin ich guter Dinge, dass wir diese Erfolgsschiene auch mit der FLUXX Bodenschiene weiterfahren können. Zumal sich in der Praxis gezeigt hat, dass die Einsparung nochmal größer ist als bei der bereits sehr erfolgreichen Wandvariante.“

www.mayerschaltechnik.de

FLUXX Stoßabschalungssystem für Doppel-/Hohlwände

DIE TECHNISCH EINWANDFREIE LÖSUNG

MAYER
Schaltechnik **MAXimal**
innovativ

PROFITIEREN SIE VON:

- Mindestens 50% Einsparung der Arbeitszeit beim Ein- und Ausschalen
- Extrem reduzierten Kosten durch langlebige, robuste Materialien
- Witterungsunabhängigkeit und sofortiger Einsatzfähigkeit
- Weniger Abfall auf der Baustelle
- Wegfall von Nacharbeiten
- Einsparung an Holzzuschnitt



mayerschaltechnik.de

Holz-Metall-Elementfassade HMEF 2020

Die neue, komplett vorgefertigte Glasfassadenlösung von Schindler kombiniert auf innovative Weise die Vorteile von Holz- und Aluminiumbauteilen. Zugleich senkt sie das Treibhauspotenzial (GWP) im Vergleich zu einer herkömmlichen Aluminium-Elementfassade um mehr als die Hälfte.

Nachhaltigkeit und Ökologie

Ein sparsamer und verantwortungsvoller Umgang mit den natürlichen Ressourcen zählt zu den wichtigsten Aufgaben unserer Zeit. Diese Prämisse stand am Anfang der Entwicklung der Holz-Aluminium-Elementfassade HMEF 2020. Aluminium zählt zu den Materialien, die in heutigen Wertstoffkreisläufen nahezu vollständig recycelt und wiederverwertet werden. Es verfügt bei geringem Eigengewicht über hervorragende statische Eigenschaften – bspw. eignet es sich ideal für Leichtbaukonstruktionen, die das Fassadengewicht minimieren und so die Ausbildung schlanker, materialsparender Gebädetragwerke erleichtern. Aluminium ist außerdem extrem witterungsbeständig. Zusammen bilden diese Materialeigenschaften die Grundlage für langlebige und somit wirklich nachhaltige Fassaden.

Durch den Einsatz von Holz im Bereich der innenliegenden Pfosten und Riegel konnte Schindler den Aluminiumanteil in der Fassade weiter reduzieren. Im Vergleich zu herkömmlichen geschlossenen Aluminium-Elementfassaden waren Materialeinsparungen

von bis zu 50–70 % möglich. Der nachwachsende, ebenfalls hoch tragfähige Baustoff Holz trägt gleichzeitig maßgeblich dazu bei, die CO₂-Bilanz zu verbessern. Eine eigens für die Holz-Aluminium-Elementfassade HMEF 2020 erstellte produktspezifische Umwelt-Produktdeklaration (EPD) bestätigte, dass sich das Treibhauspotenzial (GWP) durch diese Materialkombination um mehr als die Hälfte reduzieren lässt. Produktspezifische EPDs bilden die Grundlage für Gebäudeökobilanzen und können das Gesamtergebnis von LEED- oder DGNB-Zertifizierungen dadurch positiv beeinflussen.

Hochfester Verbund von Holz und Aluminium

Das Zusammenspiel von Holz und Aluminium ergibt nicht nur in ökologischer Hinsicht eine ideale Lösung für Glasfassaden. Durch die statisch wirksame Verbindung der Materialien entstehen hochfeste Fassadenelemente, die identische Bauteiltiefen im Vergleich zu Aluminium-Elementfassaden erlauben. Das gilt auch dann, wenn aufgrund steigender energetischer, schallschutz- oder sicherheitstechnischer Anforderungen Dreifach-Isolierverglasungen vorzusehen sind. Solche Verglasungen bringen enorm hohe Glasgewichte mit sich, die von der Fassadenkonstruktion in das Gebädetragwerk eingeleitet werden müssen.

Den Tragfähigkeitsnachweis für die Holz-Aluminium-Elementfassade HMEF 2020 hinsichtlich der maximalen Glaslasten und der



Quelle: Schindler Fenster + Fassaden GmbH

Die Holz-Aluminium-Elementfassade HMEF 2020 vereint die Vorteile von Holz- und Aluminiumbauteilen



Quelle: Schindler Fenster + Fassaden GmbH

Durch die Materialkombination lässt sich das Treibhauspotenzial um mehr als die Hälfte reduzieren

Eckverbindungen erbrachte das Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Aus dem Prüfbericht des KIT geht hervor, dass ein maximales Gewicht je Füllungselement von ca. 500 kg abgetragen werden kann. Weitere Tests zu Luftdurchlässigkeit, Wasserdichtigkeit, Schlagbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit bei Windlast bestätigten, dass die Elementfassade sowohl die Forderungen der EN 13830 als auch die Standards des britischen Centre for Window and Cladding Technology (CWCT) erfüllt. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang insbesondere der hervorragende Wert für die Schlagregendichtigkeit (1350 Pa) sowie Wärmedämmwerte im Passivhausstandard ($U_{cw} \geq 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Vorfertigung zur Qualitätssicherung und effizienten Montage auf der Baustelle

Um zu gewährleisten, dass sämtliche Vorteile der patentierten Holz-Aluminium-Elementfassade HMEF 2020 beim Einbau im Gebäude tatsächlich zum Tragen kommen, werden die Elemente im eigenen Werk vorgefertigt – unter geschützten Werkstattbedingungen und bei gleichbleibender Qualität. Anschließend werden sie auf die Baustelle transportiert, mit dem Kran eingehoben und mittels Koppeldichtungen verbunden. Die Vorfertigung bietet Kunden nicht nur die völlige Kostenkontrolle, sie reduziert auch die Montagezeiten vor Ort und erleichtert im Sinne einer dauerhaft nachhaltigen Fassadenlösung den richtigen Einbau der Elemente.

www.schindler-roding.de

Das Wichtigste direkt zur Hand

KLB-Infoschrift zur Planung und Ausführung von Effizienzhäusern aus Leichtbeton

Im Hochbau gilt es für Architekten und Fachplaner nach wie vor, komplexe Vorgaben und Schutzziele bestmöglich zu erfüllen. Dabei spielt die Energieeffizienz von Gebäuden eine essenzielle Rolle – nicht erst seit Einführung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) oder dem Beschluss des neuen Klimaschutzgesetzes, welches die Treibhausgasneutralität bis 2045 vorschreibt. Warum massives Mauerwerk aus Leichtbeton für die Umsetzung von Niedrigenergie- und Passivhäusern besonders gut geeignet ist, zeigt die 60-seitige Broschüre Das Wichtigste für Planung und Ausführung von KLB Klimaleichtblock (Andernach, Rheinland-Pfalz). Darin sind nicht nur energieeffiziente Mauerwerks- und Schornsteinsysteme sowie ergänzende Bautabellen des Herstellers aufgeführt: Die Infoschrift beinhaltet zudem das Gebäudeenergiegesetz, die geänderten Konditionen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie aktualisierte DIN-Vorgaben wie etwa beim Schallschutz.

Neuregelungen und Gesetzesänderungen bestimmen die deutsche Wirtschaft – und machen auch vor der Baubranche nicht halt. 2020 trat bspw. das Gebäudeenergiegesetz, kurz GEG, in Kraft. Ebenso wurden die erhöhten Anforderungen an den baulichen Schallschutz im Hochbau im Rahmen der DIN 4109-5 über-

zambelli

Das Metaldach zum Bepflanzen.



**SOFORT
ABNAHME-
FERTIG**

Ein nachhaltiges Gründach?
Ein Metaldach in Leichtbauweise?

Wählen Sie RIB-ROOF Metaldachsysteme von Zambelli und Sie erhalten beides.

Mit unserem Gründach-Komplettsystem können Sie extensiv begrünte Dachflächen schnell, sicher und wirtschaftlich realisieren.

Neugierig?

Fragen Sie uns einfach unter
rib-roof@zambelli.com
oder lassen Sie sich
persönlich unter
09931 895 90-0
beraten!

 **BAU 2023**
17.-22. April, München
Halle B2, Stand 321

 **EINFACH
MACHEN.
AUS
METALL.**

www.zambelli.com/gebaeudehuelle



Umweltbundesamt,
Dessau



Fassadenlösungen
façade solutions

www.schindler-roding.de



Gelsenwasser,
Gelsenkirchen



LALUX Assurances,
Leudelingen/Luxemburg



Quelle: KLB Klimaleichtblock

Die aktualisierte Infoschrift *Das Wichtigste für Planung und Ausführung* von KLB Klimaleichtblock zeigt, dass Leichtbetonsteine besonders gut für den Bau von Niedrigenergie- und Passivhäusern geeignet sind

arbeitet. Beides nahm sich Leichtbeton-Hersteller KLB Klimaleichtblock zum Anlass, seine zentrale, 60-seitige Infoschrift *Das Wichtigste für Planung und Ausführung* zu überarbeiten. Dabei hält sie, was sie verspricht: Dank ihr haben Bauprofis alle benötigten Details zu Produkten oder Themenkomplexen schnell zur Hand.

Von A wie (Rohstoff-)Abbau bis Z wie Zulassung

Einleitend erfahren Leser:innen alles Wissenswerte über den mineralischen Baustoff Leichtbeton – angefangen beim Abbau des Rohstoffs Bims bis hin zu den bestehenden Umweltproduktdeklarationen (EPDs) des Instituts Bauen und Umwelt (IBU, Berlin), welche die ressourcenschonende Produktion, Nutzung und Entsorgung zugelassener KLB-Leichtbetonsteine bestätigen. Den Großteil der Infoschrift macht eine detaillierte Beschreibung des gesamten KLB-Produktsortiments inkl. wichtiger Kennwerte und Formeln aus. „Damit möchten wir Planern und Bauunternehmern zeigen, was alles mit KLB-Leichtbeton umsetzbar ist. Unser Portfolio umfasst dabei neben modernen Mauerwerkssystemen auch Ergänzungsprodukte sowie Schornsteinsysteme“, erklärt Dipl.-Ingenieur *Andreas Krechting*, Geschäftsführer von KLB-Klimaleichtblock. Zudem legt die Infoschrift ein besonderes Augenmerk auf Schutzziele im Hochbau, dessen Anforderungen sich aufgrund aktualisierter oder gänzlich neuer Regelungen oftmals verändern.

Massiver Pluspunkt in Sachen Schallschutz

„Dies betraf in letzter Zeit insbesondere den Wärme- und Schallschutz aufgrund des Gebäudeenergiegesetzes sowie der aktualisierten DIN 4109-5. Beide Themenkomplexe haben wir in der



Quelle: KLB Klimaleichtblock

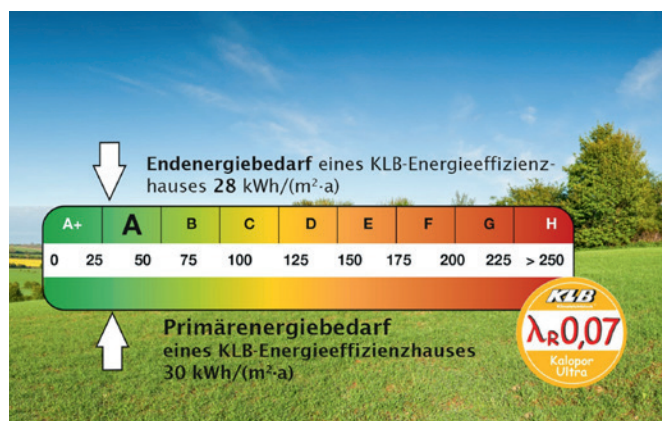
Energieeffizientes und ruhiges Wohnen: aufgrund ihrer Beschaffenheit sorgen mineralische KLB-Leichtbetonsteine für Bestwerte in Sachen Wärme- und Schallschutz



Quelle: KLB Klimaleichtblock

Lösungen für das komplette Haus: neben Leichtbetonsteinen umfasst das KLB-Sortiment auch Ergänzungsprodukte sowie Schornsteinsysteme

Broschüre entsprechend überarbeitet", ergänzt *Krechting*. So punktet Leichtbeton bspw. beim Schallschutz im Vergleich zu anderen Mauerwerkskonstruktionen mit einem 2-dB-Bonus. Doch auch in Sachen Energieeffizienz spielt der massive Wandbildner seine Vorteile aus: Er ermöglicht u. a. die Errichtung von Wohngebäuden, die einen Jahres-Primärenergiebedarf von 55 % des Referenzgebäudes erreichen – also den EH-55-Standard, der gemäß GEG-Novelle seit Januar 2023 für alle Neubauten verbindlich ist. Um den Mietwohnungsbau für Investoren wieder attraktiver zu gestalten, wurde derweil die lineare AfA von 2 % auf 3 % angehoben. Darüber hinaus gilt seit Jahresbeginn zusätzlich eine Sonder-AfA von 5 %, sodass Neubauinvestoren in den ersten vier Jahren 32 % ihrer Investitionen steuerlich geltend machen können. Diese Sonderabschreibung ist allerdings an den EH-40-NH-Standard geknüpft – genauso wie die im März in Kraft getretene BEG-Förderung *Klimafreundlicher Neubau*. Demnach erhalten Neubauten mit dem Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) höhere Zuschüsse. Hier bietet Leichtbeton-Mauerwerk aufgrund seiner hervorragenden Ökobilanz bestmögliche Voraussetzungen für eine Qualifizierung.



Quelle: KLB Klimaleichtblock

Mit massivem Mauerwerk aus Leichtbeton lassen sich auf wirtschaftliche Art energieeffiziente Gebäude nach EH-55-Standard errichten – dieser ist seit Januar 2023 gemäß GEG-Novelle für alle Neubauten verbindlich

Die aktualisierte Infoschrift *Das Wichtigste für Planung und Ausführung* von KLB Klimaleichtblock erhalten interessierte Fachleute direkt beim Hersteller – online (www.klb-klimaleichtblock.de), telefonisch (02632-25770) oder per E-Mail (info@klb.de).

www.klb-klimaleichtblock.de

- > 230 Mitgliedsunternehmen + Verbände aus der Bauprodukte-Industrie
- > 1.800 Umwelt-Produktdeklarationen (EPD) aus allen Produktbereichen
- > 350.000 EPD-downloads pro Jahr von unserer Datenbank



Wir machen uns stark für nachhaltiges Bauen

Wir gestalten die Zukunft des Bauens. Seit nahezu 40 Jahren gehen wir fortschrittliches Bauen anders an. Als große Gemeinschaft aus allen Bereichen der Bauprodukte-Industrie orientieren wir uns heute an den Anforderungen von Morgen. Und wirken mit an der Entwicklung zukunftsweisender Standards.

Das Instrument unserer Wahl zur Definition von Nachhaltigkeit: die IBU-Umwelt-Produktdeklaration (EPD).

Third-party-verified. Objektiv. Unabhängig. Transparent.

Denn jedes Produkt kann seinen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Bauen leisten.



Das Detail im Fokus.
Das Ganze im Blick.



Quelle: ZGM Krefeld

Modulgebäude können bei Bedarf abgebaut und einem anderen Nutzungszweck zugeführt werden; wertvolle Materialien bleiben dabei größtenteils erhalten

Nachhaltiger Modulbau – der Weg der Zukunft

Nachhaltigkeit in der Baubranche umfasst den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes. Nicht nur die Energieeffizienz im Betrieb und in der Nutzung des Gebäudes spielt eine Rolle, sondern gerade die Fertigung von Baumaterial sowie der Bau bzw. Rückbau verbrauchen große Mengen an Energie. Der Fokus liegt also auf einem bewussten Umgang mit vorhandenen Ressourcen und der Reduzierung des Energieverbrauchs auf ein Minimum. Wie wird der Modulbau diesen Herausforderungen gerecht?

Cradle-to-Cradle-Prinzip bei Modulgebäuden

Der für die Konstruktion verwendete Stahl ist die Grundlage des Modulbaus und zu fast 100 % recycelbar, da der Baustoff über

einen geschlossenen Wertstoffkreislauf verfügt. Das Modulbauunternehmen SÄBU legt großen Wert auf eine nachhaltige Produktion. Durch die optimierte passgenaue Vorfertigung der Raummodule wird der Rohstoffverbrauch auf ein Minimum reduziert sowie Verschnitt und Abfall vermieden.

Ein besonderer Aspekt ist die Wiederverwertbarkeit eines Modulgebäudes, das sich auf einfache Weise umnutzen lässt. Die selbsttragenden Module und nicht tragenden Innenwände ermöglichen eine flexible und optimale Flächennutzung, bei der das Material und damit auch wertvolle Rohstoffe größtenteils erhalten bleiben. Auch ein Anbau oder eine Aufstockung lassen sich problemlos realisieren. Im Falle des Rückbaus eines Gebäudes erfolgt



Quelle: SÄBU MORSBACH

Die Raummodule werden passgenau vorgefertigt und so der Materialverschnitt auf ein Minimum reduziert

dieser einfach und rückstandslos, da die meisten verwendeten Materialien recycelt und dem Wertstoffkreislauf zurückgeführt werden können.

Energetisch auf dem neuesten Stand

Auch während der Nutzungsphase überzeugen Modulgebäude in Bezug auf Nachhaltigkeit. Durch eine hohe Wärmedämmung erreichen sie eine optimale Energieeffizienz und eine gute Schalldämmung für ein komfortables Raumgefühl.

Modulgebäude sind baukonstruktiv ausgereift und erfüllen alle energetischen Anforderungen an ein hochwertiges Gebäude. Sie unterliegen den gleichen gültigen Energiesparverordnungen und Bestimmungen wie konventionell errichtete Gebäude. Generell sind alle Energiestandards sowie die Nutzung erneuerbarer Energien umsetzbar.

Wichtig und entscheidend für die Realisierung des gewünschten Energiestandards ist die frühzeitige individuelle Prüfung und Einbeziehung in die Planung des Modulgebäudes. Wie nachhaltig das Gebäude während der Nutzung ist, entscheidet daher letztendlich jeder Bauherr selbst.

www.saebu.de









SÄBU MODULBAU.

individuell. flexibel. nachhaltig.

Innovative Gebäude aus nachhaltigem Modulbau zeigen den Weg der Zukunft.

Kurze Bauzeit ■ Festpreis ■ Hohe Qualität

www.saebu.de

modulbau@saebu.de

Bundesingenieurkammer (Hrsg.)

Ingenieurbaukunst 2023

Made in Germany

- die besten aktuellen Projekte von Bauingenieur:innen aus Deutschland
- neue Entwicklungen beim Bauen mit und im Bestand auf Bauwerks-, Bauteil- und Baustoffebene
- inspiriert vom Symposium Ingenieurbaukunst – Design for Construction #IngD4C

Das Buch diskutiert das Planen und Bauen mit und im Bestand und zeigt wichtige aktuelle Bauwerke von Ingenieur:innen aus Deutschland. Herausgegeben von der Bundesingenieurkammer werden hier die Leistungen des deutschen Bauingenieurwesens dokumentiert.

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3385

Ernst & Sohn
A Wiley Brand



2022 · 224 Seiten · 130 Abbildungen

Softcover

ISBN 978-3-433-03385-2 € 39.90*

eBundle (Print + ePDF)

ISBN 978-3-433-03386-9 € 52.90*

* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland. Inkl. MwSt.

Förderung Klimafreundlicher Neubau

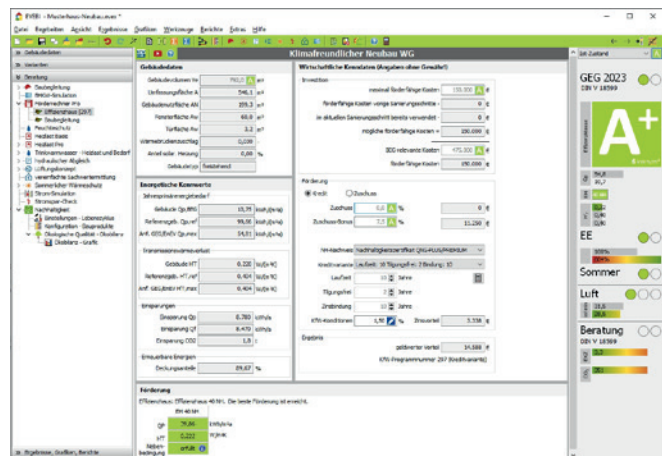
KFN – einfach nachweisen!

Ab dem 1. März 2023 können Förderungen für klimafreundliche und energieeffiziente Neubauten über das Produkt Klimafreundlicher Neubau (KFN) bei der Kreditbank für Wiederaufbau (KfW) in Anspruch genommen werden.

Damit werden Effizienzhäuser 40 und Effizienzgebäude 40, die zusätzlich den Anforderungen des **Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG)** genügen, gefördert. Hierbei genügt es, die Anforderung der Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus (Ökobilanz) QNG PLUS zu erreichen, um in den Genuss eines zinsgünstigen Kredits zu kommen. Bei zusätzlichem Nachweis eines Zertifikats QNG PLUS bzw. QNG PREMIUM erhöht sich der Aufwand, aber auch die förderfähigen Kosten erheblich. Kommunale Antragsteller können alternativ zum zinsgünstigen Kredit einen Tilgungszuschuss in Höhe von 5 % bzw. 12,5 % erhalten.

Die Energieberatersoftware EVEBI von ENVISYS ermöglicht den Ökobilanznachweis für die Inanspruchnahme dieser Förderungen.

Die Einhaltung der Vorgaben der Förderrichtlinien (technische Mindestanforderungen, maximal förderfähige Kosten etc.) wird in dem Modul **EVEBI – Förderrechner Pro** automatisch geprüft, die



Quelle: ENVISYS

Maske: Förderrechner – Klimafreundlicher Neubau

Wirtschaftlichkeit berechnet und in Berichten, Übersichten und Grafiken übersichtlich dargestellt.

Das in EVEBI ebenfalls eingebettete Modul **EVEBI – Nachhaltigkeit Ökobilanz** ermöglicht die Berechnung der Umweltwirkungen aller

Bernhard Weller, Silke Tasche (Hrsg.)

Glasbau 2023

- umfasst alle wesentlichen aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet des konstruktiven Glasbaus und der Fassadentechnik
- enthält aktuelle Beispiele ausgeführter Bauwerke
- Autor:innen sind führend in Forschung und Praxis

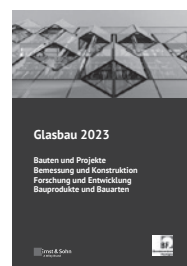
Der konstruktive Glasbau ist einer der dynamischsten Bereiche des Ingenieurbaus. Namhafte Autorinnen und Autoren berichten über Forschungsergebnisse und aktuelle Bauprojekte. Neben Fragestellungen zum Werkstoff Glas als Teil der Tragstruktur stehen energieeffiziente Gebäudehüllen im Fokus.

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236
marketing@ernst-und-sohn.de
www.ernst-und-sohn.de/3390

Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland, inkl. MwSt.

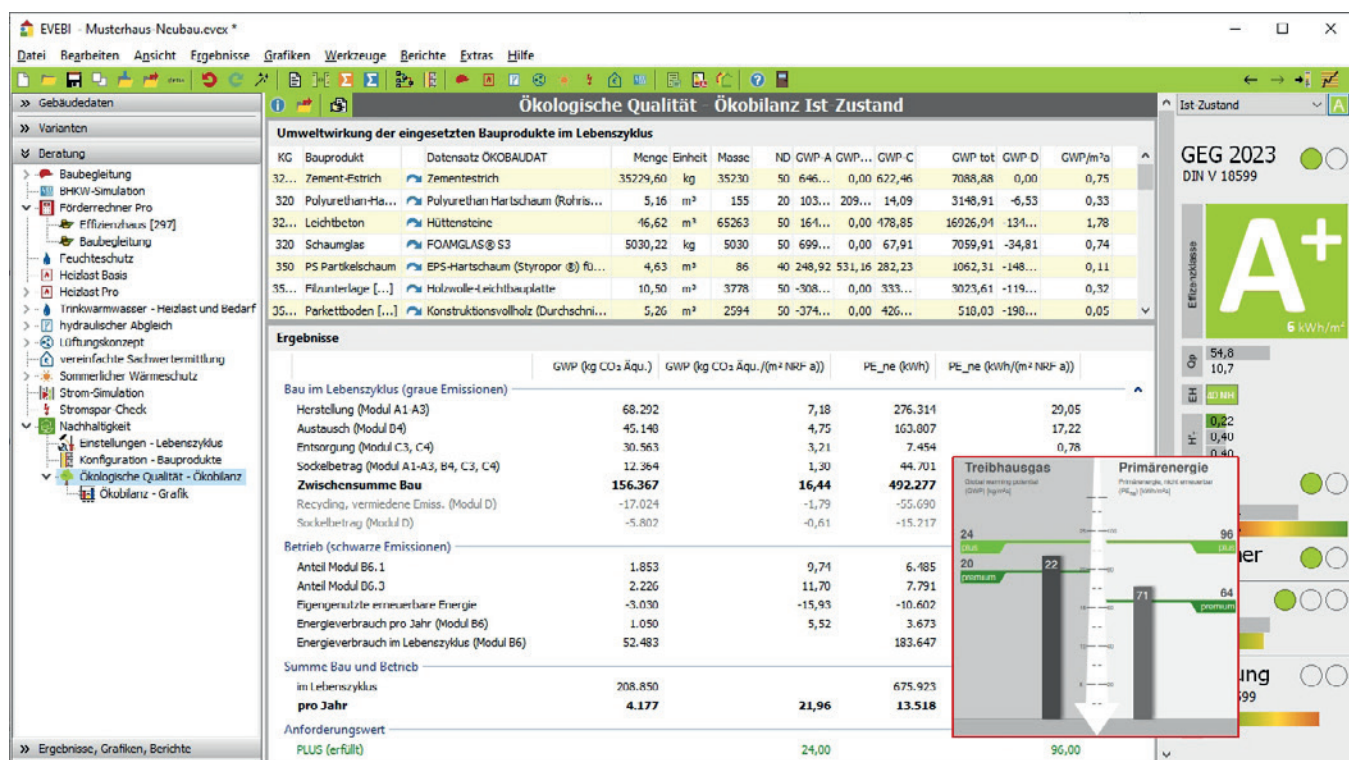
Ernst & Sohn
A Wiley Brand



2023 · 356 Seiten · 234 Abbildungen ·
51 Tabellen

Softcover
ISBN 978-3-433-03390-6

€ 49,90*



Maske: Ökobilanz Nachhaltigkeit

im Gebäude vorhandenen Konstruktionen und Anlagen für die Phasen Herstellung, Nutzung und Entsorgung. Anhand der in EVEBI bereits vorliegenden Angaben zum Projekt (Bauteile mit ihren Schichten, Anlagen, Einbauten) werden die passenden ÖKOBAUDAT-Datensätze automatisch vorgeschlagen. Die Berechnungen erfolgen gemäß den QNG-Bilanzierungsregeln für Neubauten (und Komplett-sanierungen) sowohl für Wohn- als auch Nichtwohngebäude.

Die Erarbeitung der Ökobilanz wird damit erheblich erleichtert – sie kann bei ENVISYS in einem achtsündigen Tagesseminar erlernt werden.

Die Energieberatersoftware EVEBI von ENVISYS ist seit über 30 Jahren das professionelle Werkzeug für Planung und Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden.

www.envisys.de

EVEBI / EVEBI Pro

Software für Energieberatung und -planung



KFN

Klimafreundlicher
Neubau



~ GEG 2023

~ BEG – aktuelle Förderrichtlinien /
KFN „Klimafreundlicher Neubau“

~ Ökobilanz Nachhaltigkeitsbewertung
Lebenszyklusanalyse QNG – WG und NWG

~ Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 oder
DIN V 4108/4701 – flexibles Umschalten

~ Generieren von Maßnahmenpaketen

~ Beratungsberichte auf Knopfdruck

~ Individuelle Sanierungsfahrpläne

~ Energetische Baubegleitung

u.v.m.

www.envisys.de

03 64 3 / 495 27 10

Folgen Sie uns

f **t** **in**
@ErnstundSohn

Ernst & Sohn –
Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften

Brettsperrholz-Merkblatt Februar 2023

Die Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. publiziert die Arbeitshilfe in 5. Auflage

Das *Brettsperrholz-Merkblatt* der Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. und des Fachverbands Holzindustrie Österreich ist in 5. Auflage erschienen. Es wurden Informationen zur Ausschreibung und Abrechnung ergänzt. Das Merkblatt wurde zudem vollständig aktualisiert und neu strukturiert. Die Arbeitshilfe für Planer und ausführende Firmen behandelt weiterhin die Eigenschaften und Qualitäten von Brettsperrholz, den Umgang bei Transport, Lagerung und Montage, Fragen zu Bemessung und Konstruktion sowie Holzschutz oder Rissbildung.

Brettsperrholz (BSP oder X-Lam) ist ein massives flächiges Holzprodukt. Es lässt sich in sehr großen Abmessungen produzieren und ist damit für die Herstellung tragender und zugleich raumbildender Bauteile wie Wand-, Dach- und Deckentafeln geeignet. Die Fertigung von Brettsperrholz lässt einen besonders hohen Vorfertigungsgrad zu, der bis zum Abbund mit eingefrästen Fenster- und Türöffnungen, vorinstallierten Leitungen und endbehan-

delten Sichtoberflächen reichen kann. BSP eignet sich besonders gut im mehrgeschossigen Wohnungs- und Verwaltungsbau.



Quelle: Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V.

Download unter:
www.ingenieurholzbau.de/organisation/downloads

Firmen und Verbände

Biobasierter und hocheffizienter Dämmstoff

Um den Energieverbrauch von Gebäuden zu reduzieren, hilft insbesondere eine gute Dämmung. Das Start-up aerogel-it aus Osnabrück entwickelt mit Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) einen biobasierten Hochleistungsdämmstoff. Dieser besteht aus dem Pflanzenrohstoff Lignin, das u. a. bei der Herstellung von Papier als Nebenprodukt anfällt.

Aerogele sind sog. Super-Dämmstoffe, die extrem leicht sind und fast vollständig aus mikroskopisch kleinen Poren bestehen. Aerogele können aus verschiedenen Stoffen hergestellt werden. Bisher basieren sie fast ausschließlich auf fossilen oder energieintensiv gewonnenen Rohstoffen, z. B. silikatischen Mineralen.

Das Osnabrücker Start-up hat eine ursprünglich vom Chemiekonzern BASF entwickelte Technologie weitergeführt. Als Basis dient Lignin, ein Pflanzenrohstoff und neben Zellulose der wichtigste Bestandteil von Holz, der u. a. für die Stabilität von Bäumen sorgt. Lignin fällt z. B. als Nebenprodukt bei der Papierherstellung an und wird bislang kaum sinnvoll verwertet. Mit dem Lignin-Dämmstoff will das Unternehmen nicht nur Energieverbrauch und CO₂-Emissionen reduzieren, sondern gleichzeitig (fossile) Ressourcen einsparen. Ein weiterer Vorteil: Die Aerogel-Dämmung ist im Gegensatz zur herkömmlichen Isolierung dünner und leichter. Darüber hinaus kann der biobasierte Dämmstoff nach der Nutzung wiederverwertet oder gar wiederverwendet werden.



Quelle: aerogel-it

Das DBU-geförderte Start-up aerogel-it entwickelt eine hocheffiziente Aerogel-Isolierung – zur Reduzierung von Treibhausgasen und für mehr Energieeffizienz

GEG 2020 und Änderungen GEG 2023

Leitfaden für Bauherren und Anwender: Das Gebäudeenergiegesetz mit allen Änderungen im Überblick

Der Leitfaden stellt alte und neue Regelungen im Gebäudeenergiegesetz gegenüber und richtet sich gleichermaßen an Bauherren, Behörden und Planende. Er gibt dazu einen Überblick über die wichtigsten Änderungen gegenüber den bisherigen Regelungen *Energieeinsparverordnung* und *Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz*, nimmt die Änderungen zum GEG 2023 auf und erläutert die wesentlichen Inhalte. Der vom *Arbeitskreis Nachhaltige Gebäude und Quartiere* der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau erstellte Leitfaden soll Beratung und Hilfestellung bei der Anwendung des GEG geben.



Quelle: Bayerische Ingenieurekammer-Bau

Download unter:
www.bayika.de/bayika-wAssets/docs/beratung-und-service/download/0043_bayika_geg-gebäudeenergiegesetz-leitfaden-bauherren-anwender.pdf

Politik und Verwaltung

Wie Kommunen mit Baugeboten den Wohnungsbau voranbringen

Die Arbeitshilfe des Difu gibt Empfehlungen und Tipps zur Schaffung von Wohnraum in der Stadt

Der Wohnraummangel stellt Städte und Gemeinden vor große Herausforderungen. Bei der Bewältigung dieser Aufgabe muss es jedoch nicht nur um die Schaffung neuer Baugebiete gehen. Auch innerhalb der Städte bestehen zahlreiche Möglichkeiten, den dringend erforderlichen Wohnungsbau zu forcieren. So gibt es viele Baulücken, Brachflächen oder Baugrundstücke, die derzeit nur als Parkplätze oder auf sonstige Weise nicht effektiv genutzt werden. Diese Potenziale müssen gehoben werden. Städte und Gemeinden sind gefordert, zunächst mit Kooperations- und Unterstützungsangeboten, notfalls aber auch unter Einsatz eines Baugebots dem Wohnungsmangel entgegenzuwirken. Das Aussprechen eines Baugebots ermöglicht den Gemeinden, Eigentümerinnen und Eigentümer durch Bescheid zu verpflichten, innerhalb einer Frist ihr Grundstück entsprechend den Festsetzungen des Bebauungsplans zu bebauen oder ein vorhandenes Gebäude an bestimmte Kriterien anzupassen.

Bislang haben Kommunen Baugebote nur selten angewandt. In einer Arbeitshilfe, welche das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) für das BBSR erstellt hat, wird aufgezeigt, in welchen Fällen und auf welche Weise das Baugebot einen Beitrag zur Schaffung von Wohnraum leisten kann. „Viele Städte scheuen den vermeintlich hohen Verwaltungsaufwand bei der Aktivierung ungenutzter Baulücken für den Wohnungsbau. Bei der Entwicklung der Arbeitshilfe ging es uns daher darum, Wege für ein effizientes und zugleich rechtssicheres Vorgehen aufzuzeigen“, so Prof. Arno

Bunzel, stellvertretender Direktor und Bereichsleiter Stadtentwicklung, Recht und Soziales am Difu.

Häufig reicht es bereits aus, die Option Baugebot im Umgang mit Eigentümerinnen und Eigentümern von Grundstücken zu kommunizieren. Erfolgreich sind laut Arbeitshilfe Strategien, die über den Einzelfall hinaus vorhandene Potenziale identifizieren, Schwerpunkte setzen und diese Potenziale durch ein gestuftes – informelle und formelle Handlungsoptionen nutzendes – Vorgehen systematisch erschließen. Die Publikation zeigt darüber hinaus, was zur rechtssicheren Anwendung des Baugebots erforderlich ist.



Bunzel, A.; Hanke, S.; Krusenotto, M.; Michalski, D. (2023) *Baugebote für den Wohnungsbau – von der kooperativen Aktivierung bis zur Anordnung. Arbeitshilfe für die kommunale Praxis*. Deutsches Institut für Urbanistik – Difu, Berlin. https://doi.org/10.34744/difu-impulse_2023-1



Neues zum Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude QNG

Zum März 2023 hat das BBSR Dokumente hinzugefügt und überarbeitet

Mit dem Start des Förderprogramms *Klimafreundlicher Neubau* KFN hat das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung – BBSR zahlreiche Dokumente für das *Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude* QNG zum 1. März 2023 überarbeitet bzw. ergänzt. Leider gibt es vom BBSR keine systematische Darstellung der Änderungen.

Für die Ökobilanzierung sind zwei Dokumente neu hinzugekommen: die *Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023 (*.xlsx)* und das *Begleitdokument Ökobilanzierung – Rechenwerte 2023*. In Teil A der Tabelle werden Rechenwerte für Bauprodukte (Materialien, Bauteile und technische Systeme inkl. ihrer Komponenten) zum nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand und zum Treibhausgaspotenzial im Lebenszyklus für die Ökobilanz-Module A1–A3, C3, C4, D1 angegeben. Die Herkunft der Werte ist nicht ausgewiesen. Offenbar stammen diese aber aus der ÖKOBAUDAT-Datenbank bzw. aus ausgewählten Umweltproduktdeklarationen. Da weiterführende Informationen zu den Bauprodukten fehlen, ist die korrekte Zuordnung mitunter schwierig. In Teil B werden für die Bereitstellung und Nutzung von Endenergieträgern und leitungsgebundener Energie Primärenergie- und Emissionsfaktoren angegeben. Das Begleitdokument liefert Erläuterungen und Beispiele. Die begrenzte Vorgabe von Datensätzen für die Nachweise nach QNG bzw. KFN vereinfacht sicher den Einstieg und erzwingt Vergleichbarkeit auf Bauwerksebene, ist aber intransparent und schließt produktspezifische Datensätze aus. Letzteres führt dazu, dass es keinen Anreiz gibt, Produkte mit besseren Ökobilanzdaten einzusetzen. In eLCA, dem Online-Ökobilanzierungstool des BBSR, sind die neuen QNG-Daten als eigene Datenquelle auswählbar.

Überarbeitet wurden zahlreiche Dokumente wie die Anlage 1 zu den Siegelvarianten oder Anlage 3 zu den Gebäudeanforderungen mit wiederum aktualisierten Anhängen zu LCA-Bilanzregeln oder LCA-Anforderungswerten.

Weitere Informationen und alle Dokumente sind im *Informationsportal Nachhaltiges Bauen* zu finden: www.nachhaltigesbauen.de/austausch/beg

Informationsportal Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude

Das Bundesbauministerium hat eine Webseite zu QNG eingerichtet

Im Rahmen der Förderprogramme *Klimafreundlicher Neubau* (KFN) und der *Bundesförderung für effiziente Gebäude* (BEG) ist eine Nachhaltigkeitszertifizierung erforderlich, die den Anforderungen des *Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude* (QNG) des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) entspricht. Damit wird ein einheitliches Verständnis von Nachhaltigkeit gefördert und gleichzeitig eine rechtssichere Grundlage für die Vergabe von Fördermitteln geschaffen. Voraussetzung für die Vergabe des QNG sind die Durchführung einer Nachhaltigkeitsbewertung auf der Grundlage eines registrierten Nachhaltigkeitsbewertungssystems – aktuell DGNB, BNK/BiRN, NaWoh oder BNB – sowie die Überprüfung der erreichten Qualitäten durch eine akkreditierte Zertifizierungsstelle.

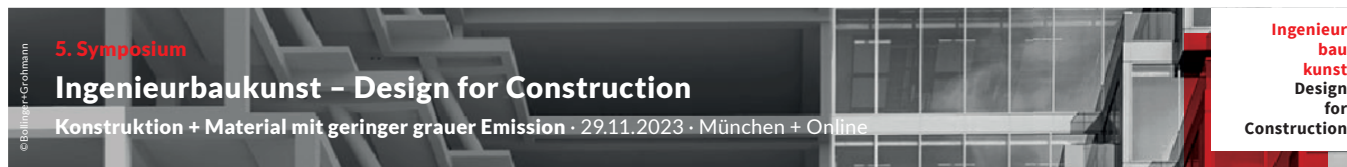
Zum QNG hat das Bundesbauministerium nun ein Informationsportal eingerichtet. Hier gibt es Informationen zu den aktuellen QNG-Anforderungen, Hinweise für Bauherr:innen, die aktuell noch identisch sind mit den Informationen für Baufachleute. Dazu gibt es die Anfang März aktualisierten Siegelunterlagen. Auch zurückgezogene Siegelvarianten sind noch verfügbar. Wichtiger ist aber vielleicht die neue FAQ-Funktion mit Antworten zu häufig gestellten Fragen, auch wenn diese sicher noch ausbaufähig ist.

Informationsportal Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude

www.qng.info

fragen@qng.info

030-257679435 (Montag bis Freitag, 9 bis 13 Uhr)



Ingenieur
bau
kunst
Design
for
Construction

Dem Wohnraummangel ökologisch begegnen

Sanieren im Bestand ist Schlüssel für mehr bezahlbaren Wohnraum und Klimaschutz

Der Präsident des Umweltbundesamts (UBA) Prof. Dirk Messner hat ein Positionspapier der Kommission Nachhaltiges Bauen am UBA (KNBau), wie dem Wohnungsmangel ökologisch begegnet werden kann, an Bundesbauministerin Klara Geywitz und Bundesumweltministerin Steffi Lemke in Berlin übergeben. Im Kern geht es darum, wie sich mehr bezahlbare Wohnungen schaffen lassen, ohne dabei Umwelt und Gesundheit unnötig zu schaden. Demnach ist die wichtigste Stellschraube für mehr Umweltschutz beim Wohnraumbau, dass der vorhandene Gebäudebestand wo immer möglich erhalten bleibt oder sinnvoll umgebaut und umgenutzt wird. Klimaemissionen und unnötig hohe Rohstoffverbräuche lassen sich so am einfachsten vermeiden.

Klara Geywitz: „Heute beim Bauen auf Klimastandards zu verzichten, ist schon auf kurze Sicht unrentabel und schadet nachfolgenden Generationen. Wir brauchen eine Neuausrichtung. Dafür müssen wir weg von der Fokussierung auf den Primärenergieverbrauch hin zu einer Lebenszyklusbetrachtung von Neubau und Bestand, die die gesamte Treibhausgasbilanz in den Blick nimmt.“

Dr. Matthias Lerm, Leiter des Stadtplanungsamts Magdeburg und gemeinsam mit Prof. Christa Reicher Leiter der KNBau: „Wir plä-

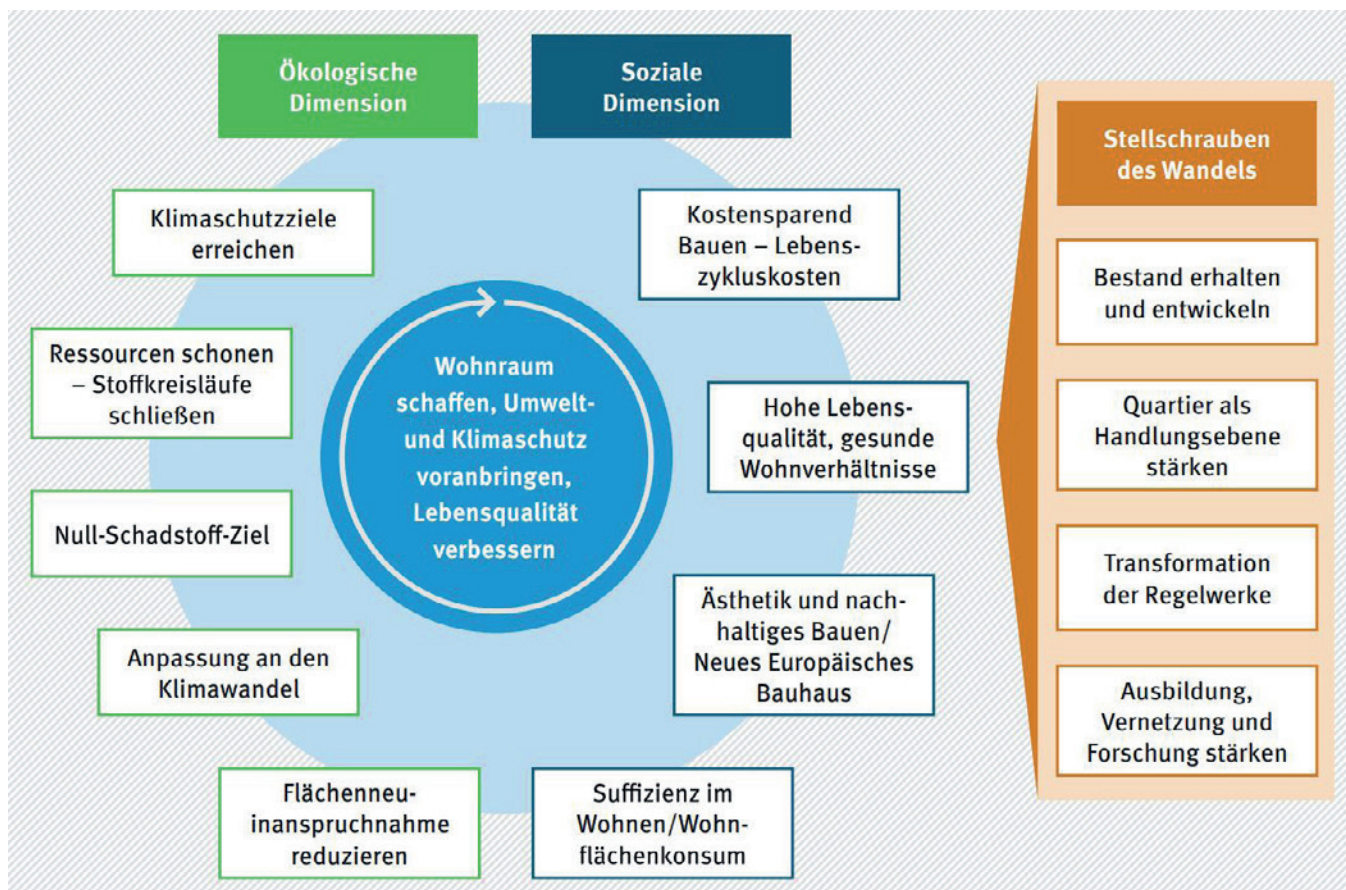
dieren dafür, in der Stadtplanung das neue Leitbild der dreifachen Innenentwicklung festzuschreiben. Das bedeutet, dass Stadtplanung kompaktes Bauen, gesundes Stadtgrün und nachhaltige Mobilität nicht gegeneinander ausspielen darf.“

Um die Klimaemissionen und den Rohstoffverbrauch beim Bau zu senken, empfiehlt die KNBau, die Musterbauordnung und verschiedene Landesbauordnungen anzupassen. Sie sollten sich künftig an ambitionierten Nachhaltigkeitskriterien orientieren und bspw. Ressourcenschonung sowie den Vorrang des Bestandschutzes vor Neubau vorsehen. Auch fördernde Rahmenbedingungen für den Einsatz besonders ökologischer Baustoffe wären dort zu verankern, ebenso wie reduzierte Mindestabstände für Photovoltaikanlagen auf Dächern zuzulassen.

Umwelt und Klima schützen – Wohnraum schaffen – Lebensqualität verbessern

Empfehlungen von UBA und KNBau für einen nachhaltigen Wohnungs- und Städtebau:

www.umweltbundesamt.de/publikationen/umwelt-klima-schuetzen-wohnraum-schaffen



Überblick über die zentralen Forderungen von UBA und KNBau

ENERGIETAGE 2023 – die Leitveranstaltung der Energiewende in Deutschland



Quelle: Rolf Schulten

Unter dem Motto *Energiewende: jetzt! gemeinsam!* finden vom 3. bis 5. Mai (digital) und vom 22. bis 23. Mai (Präsenz in Berlin) die **ENERGIETAGE** statt. Die Leitveranstaltung der Energiewende in Deutschland diskutiert aktuelle energie- und klimapolitische Weichenstellungen, technische Chancen und gesellschaftliche Aspekte – mit dem Ziel, die Energiewende gemeinsam mit allen Akteuren in die schnelle Umsetzung zu bringen.

Die **ENERGIETAGE** umfassen rd. 100 einzelne Veranstaltungen. Sie verschaffen den Teilnehmenden ein umfassendes energie- und klimapolitisches Update, das von mehr als 300 Referentinnen und Referenten präsentiert wird. Das Themenspektrum reicht dabei von Klimaneutralität im Gebäudereich bis zum Ausbau der erneuerbaren Energien, vom Fachkräftemangel bis zum Strommarktdesign, von der Wärmewende bis zur Klimakommunikation.

Zu den Mitveranstaltern zählen die Bundesministerien für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) sowie für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB). Darüber hinaus beteiligen sich zahlreiche politische Verbände (u. a. GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V., Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE), Verband kommunaler



Quelle: Leon Koplow

Die **ENERGIETAGE** 2023 bieten den Teilnehmenden rd. 100 einzelne Veranstaltungen und zahlreichen Möglichkeiten, sich auszutauschen

Unternehmen (VKU), Deutsche Umwelthilfe e. V. (DUH)) sowie Unternehmen (u. a. Vattenfall Wärme Berlin AG, ENGIE Deutschland GmbH, GASAG AG). Außerdem sind diverse Thinktanks und wissenschaftliche Institutionen (u.a. Agora Energiewende, Öko-Institut e.V., Fraunhofer-Institute, Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB), Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ) mit eigenen Veranstaltungen bei den **ENERGIETAGEN** 2023 vertreten.

Auf dem Präsenzteil der **ENERGIETAGE** wird es für die Teilnehmenden außerdem zahlreiche Networking-Möglichkeiten geben, um sich mit anderen Akteuren auszutauschen und zu vernetzen. Die begleitende Fachmesse präsentiert zudem technische Highlights.

Die Teilnahme an den **ENERGIETAGEN** ist kostenfrei. Die Anmeldung ist ab sofort unter www.energietaage.de möglich.

Empfehlung der Redaktion

Ökologische Effizienz von Hochbaudecken

Aktuelle Systeme und Zukunftspotenzial

Die Bauindustrie zählt zu den einflussreichsten Branchen hinsichtlich des anthropogenen Ressourcen- und Energieverbrauchs sowie des anfallenden Feststoffmülls ($\geq 38\%$). Die Entwicklung und Verwendung von Bauweisen und Baustoffen mit minimalem Umwelteinfluss über den gesamten Lebenszyklus ist somit von höchster Relevanz. Um den ökologischen Einfluss von Bauweisen und Baustoffen quantifizieren zu können, muss eine faktenbasierte Ökobilanzierung durchgeführt werden. Gegenwärtig ist dies meist nicht der Fall und objektive Vergleiche fehlen. Im Hochbau haben besonders Deckensysteme großen Einfluss auf die Ge-

samtbilanz der Tragstruktur. Deswegen widmet sich dieser Beitrag dem ökologischen Vergleich von unterschiedlichen Deckensystemen im Hochbau in Anlehnung an die EN 15804 und die EN 15978. Die Systemgrenzen sind mit den Lebenszyklusphasen Cradle-to-Gate und Cradle-to-Grave festgelegt worden. Insgesamt werden neun unterschiedliche Deckenarten aus Holz, Stahl und Beton wie auch deren Kombinationen im Rahmen unterschiedlicher statischer Systeme betrachtet. Alle Systeme wurden nach gängiger Ingenieurpraxis für die gegebenen Randbedingungen nach den aktuell gültigen Normen (ÖNORM, Eurocode) möglichst effizient dimensioniert. Die Ergebnisse zeigen, dass mit allen betrachteten Materialien ökologisch konkurrenzfähige Systeme umgesetzt werden können. Zentral sind jeweils ein Einsatz der Materialien entsprechend ihren Eigenschaften und die Optimierung der Struktur sowie des Tragsystems.

Warter, L.; Kromoser, B. (2023) Ökologische Effizienz von Hochbaudecken – Aktuelle Systeme und Zukunftspotenzial. Beton- und Stahlbetonbau 118, H. 1, S. 3–14. <https://doi.org/10.1002/best.202200076>

Engineered Wood mit hoher Festigkeit bindet auch CO₂

Forschung der Rice University könnte Emissionen und Baukosten senken

Angesichts des zunehmenden globalen Klimawandels sind integrierte Konzepte zur Entwicklung nachhaltiger Strukturen, die multiaxial zur CO₂-Minderung beitragen können, von Bedeutung. An der Rice University wird dazu an Holzwerkstoffen gearbeitet, die CO₂ aufnehmen können und auch höhere Festigkeiten aufweisen. Um dies zu erreichen, wird das Netzwerk aus Zellulosefasern, das dem Holz seine Festigkeit verleiht, zunächst durch einen als Delignifizierung bezeichneten Prozess aufgelöst.

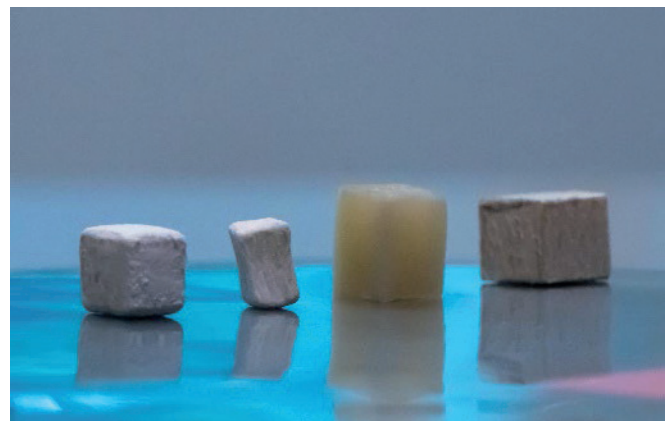
Holz besteht aus drei wesentlichen Bestandteilen: Zellulose, Hemizellulose und Lignin. Das Lignin verleiht Holz seine Farbe; entfernt man es, wird Holz farblos. Dies ist ein recht einfacher Prozess, der eine zweistufige chemische Behandlung mit umweltfreundlichen Substanzen umfasst. Danach wird mit Bleichmittel oder Wasserstoffperoxid auch die Hemizellulose entfernt. Anschließend wird das sog. delignifizierte Holz in einer Lösung eingeweicht, die Mikropartikel eines metallorganischen Gerüsts (MOF) mit der Bezeichnung Calgary Framework 20 (CALF-20) enthält. MOFs sind Sorbentien mit großer Oberfläche, die Kohlendioxidmoleküle in ihren Poren adsorbieren können und entwickelt wurden, um dem anthropogenen Klimawandel entgegenzuwirken. MOF-verstärktes Holz ist eine Trägerplattform für den Einsatz von Sorptionsmitteln in verschiedenen Kohlendioxidanwendungen. Der Holzwerkstoff weist auch eine höhere Festigkeit auf als normales, unbehandeltes Holz.

Die Arbeit eröffnet somit einen Weg zur Entwicklung nachhaltiger Verbundstoffe, die für die CO₂-Abscheidung und strukturelle Anwendungen genutzt werden können. Nächste Schritte sind die Festlegung von Sequestriationsverfahren sowie eine wirtschaftliche Analyse, um die Skalierbarkeit und die wirtschaftliche Rentabilität dieses Materials zu ermitteln.

Rahman, M. M. et al. (2023) *Functional wood for carbon dioxide capture*. Cell Reports Physical Science 4, No. 2, 101269. <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2023.101269>



Natürliches Holz (l.) und delignifiziertes Holz (r.) – durch die Entfernung von Lignin aus Holz wird es farblos



Holzstücke in verschiedenen Modifizierungsstadien (v. r. n. l.): naturbelassen – delignifiziert – getrocknet, gebleicht und delignifiziert – MOF-infundiertes Funktionsholz

Kühle Gebäude im Sommer

UBA-Broschüre zu Anforderungen und Methoden des sommerlichen Wärmeschutzes

Dem sommerlichen Wärmeschutz wird zukünftig aufgrund des Klimawandels mit zunehmenden Hitzeperioden eine immer wichtigere Bedeutung zukommen. Die negativen Auswirkungen sind vielfältig und reichen von Komforteinbußen über ernste gesundheitliche Folgen bis hin zu steigendem Stromverbrauch durch Klimaanlagen. Die Entwicklung von Strategien zur Vermeidung von

Überhitzung von Innenräumen mit passiven Maßnahmen ist deshalb von immenser Bedeutung. In einer groß angelegten Parameterstudie wird der Einfluss von passiven Maßnahmenpaketen, Klimadaten sowie Nutzungstypen und Fassadentypen untersucht. Hierfür werden Musterräume für die Nutzungstypen Wohnen, Büro und Schule modelliert. Um klimatische Unterschiede in



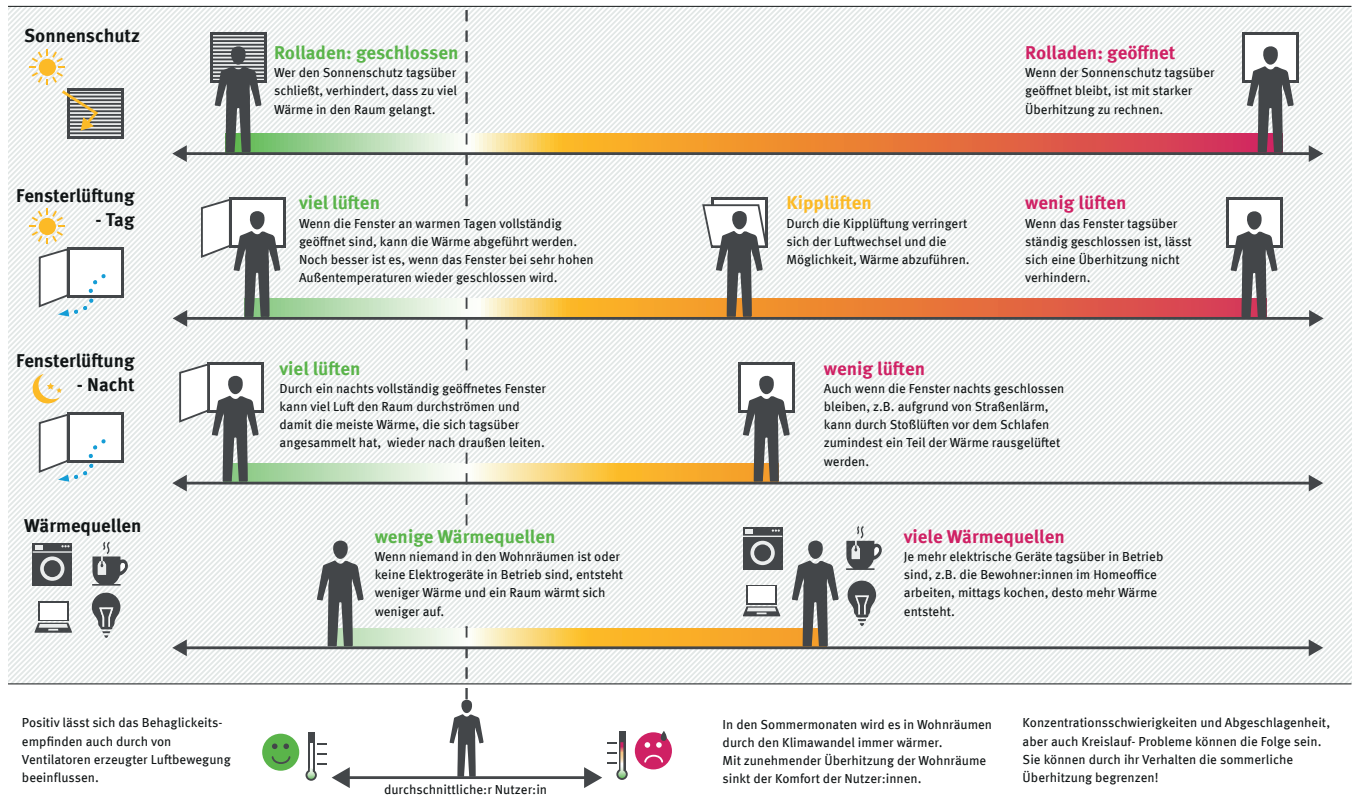
Deutschland abzubilden, werden die Städte Rostock (kühles Klima), Potsdam (durchschnittliches Klima) und Mannheim (warmes Klima) für die Untersuchung ausgewählt, die in unterschiedlichen Sommerklimaregionen liegen. Der Klimawandel wird über die ortsgenauen Zukunfts-Testreferenzjahre Normaljahr 2045 und extrem warmer Sommer 2045x abgebildet sowie durch Wetter-

daten des extrem warmen Sommers 2018 ergänzt. Ausgewertet werden Übertemperaturgradstunden nach dem Komfortband des Nationalen Anhangs der DIN EN 16798-1.

Ergänzt wird die Parameterstudie durch eine Energiebedarfsanalyse und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Beim anschließenden Methodenvergleich, der u. a. die beiden Verfahren nach DIN 4108-2, Komfortbewertungen nach DIN EN 16798-1 und deren Nationalem Anhang einschließt, werden ebenfalls Berechnungen und thermische Simulationen durchgeführt und die Ergebnisse – insbesondere hinsichtlich Einhaltung der Anforderungswerte – verglichen. Eine qualitative Einschätzung der Aussagekraft, der Komplexität und des Arbeitsaufwands rundet den Methodenvergleich ab. Im Rahmen der Studie wurde ferner eine rechtsgutachterliche Stellungnahme erstellt, welche Bedeutung das im Gebäudeenergiegesetz verankerte Wirtschaftlichkeitsgebot für die Anforderungen zum sommerlichen Wärmeschutz hat. Aus den Ergebnissen der Studie werden Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Hausladen, G.; Endres, E. et al. (2023) *Kühle Gebäude im Sommer – Anforderungen und Methoden des sommerlichen Wärmeschutzes*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de/publikationen/kuehle-gebaeude-im-sommer

Heiße Räume im Sommer Das können Sie im Alltag dagegen tun



Handlungsempfehlungen

Glas-Folien-Dächer sparen Gewicht und Ressourcen

Fraunhofer UMSICHT entwickelt leichte Dacheindeckung

Glasdächer wirken hell und leicht, sind aber tatsächlich schwer und verbrauchen viele Ressourcen. Die lichtdurchlässigen Überkopfverglasungen bestehen meist aus mehreren Scheiben Isolierglas. Das Fraunhofer UMSICHT forscht deshalb an folienbasierten Materialien, um Dächer lichtdurchlässig einzudecken. Im Projekt *Light-Light-Roof* entwickeln die Forschenden so ein modulares Leichtbausystem: eine Kombination aus Glas-Folien-Modulsys-



Quelle: Fraunhofer UMSICHT

Beim Dachgewächshaus Altmarktgarten Oberhausen wird das Glas-Folien-Dach getestet

tem und einem Innendach aus mobilem, lichtdurchlässigem und IR-reflektierendem Gewebe.

Das System besteht aus ETFE-Folienbespannung und Einscheibensicherheitsglas. ETFE lässt mittlerweile bis zu 95 % des Lichts durch. Insbesondere in der Architektur gewinnen diese Gebäudehüllen daher zunehmend an Bedeutung. So setzen z. B. die *Allianz Arena* in München und der *Water Cube* in Peking ETFE ein.

Durch Aufbau und Materialkombination sind Folie und Glas im Vergleich zu konventionellen Mehrscheiben-Glassystemen bis zu 75 % leichter. Hinzu kommen weitere Einsparungen: leichtere Gebäude, da das Tragwerk deutlich weniger Last und Schnee stemmen muss. Dadurch ist *Light-Light-Roof* auch interessant für Gebäudefassaden.

Mit der zirkulierenden Luft zwischen Glasscheibe und Folie kann sich das System außerdem mit der Gebäudeabluft kombinieren, z. B. im Winter durch Abtauen von Schnee- oder Eislasten oder zur Wärmedämmung. Darüber hinaus basiert das Innendach auf einem IR-reflektierenden Gewebe. Je nach Sonneneinstrahlung, Temperatur und Lichtmenge kann das Innendach bedarfsgerecht eingeregelt werden.

Reststoffbasierte Geopolymer Baustoffe in der CO₂-neutralen Kreislaufwirtschaft

Neues CD-Labor an der TU Graz gegründet

Anfang März wurde an der TU Graz das CD-Labor *Reststoffbasierte Geopolymer Baustoffe in der CO₂-neutralen Kreislaufwirtschaft* der Christian Doppler Forschungsgesellschaft gegründet. Das CD-Labor will interdisziplinär Expertise aus Abfall-, Material-, Umwelt-, Geo- und Bauingenieurwissenschaften zusammenbringen und so neuartige reststoff- und geopolymerbasierte Baustoffe erarbeiten. Deren nachhaltige Herstellung und hohe (bio-)chemische Resistenz wird zu stabileren Infrastruktureinrichtungen und damit geringeren Renovierungskosten beitragen und gleichzeitig wichtige Schritte in Richtung CO₂-neutrale Baustoffentwicklung gehen.

Passend zum interdisziplinären Ansatz werden mehrere Themen gleichzeitig angegangen: Erstens besitzen Geopolymere im Vergleich zu auf Portlandzement basierenden Baustoffen generell eine höhere Widerstandsfähigkeit in (bio-)chemisch aggressiven Umgebungen. Zweitens erlauben Geopolymer-Baustoffe die Nutzung von mineralischen Abfällen, Sekundärrohstoffen und Reststoffen als Hauptbindemittel. Und drittens fällt das Erdwärmungspotenzial bei reststoffbasierten Geopolymeren um 10–80 % geringer aus, als es bei Baustoffen auf Portlandzementbasis der Fall wäre.

Dadurch werden nicht nur Kosten und Sicherheitsrisiken reduziert, sondern es wird auch auf eine CO₂-neutrale Kreislaufwirtschaft hingearbeitet!

Weitere Informationen: www.cdg.ac.at/forschungseinheiten/labor/reststoffbasierte-geopolymer-baustoffe-in-der-co2-neutralen-kreislaufwirtschaft



Quelle: Lunghammer/TU Graz

Laborleiter Dr. Cyrill Grengg mit reststoffbasierten Geopolymer-Probekörpern

Rezension

Wachsende Architektur

Einführung in die Baubotanik



Ferdinand Ludwig, Daniel Schönle (2023)
Basel: Birkhäuser Verlag
224 S., Softcover, 52 Euro

Auf der Suche, womit wir zukünftig bauen, steht im Lichte der Aufhaltung des Klimawandels Bauen mit Holz ganz oben. Jüngst mehrte sich die Kritik vonseiten des Naturschutzes, aber nun auch der Wissenschaft, dass die Gesamtbilanz an Kohlenstoffspeicherung besser wäre, wenn wir Bäume einfach weiterwachsen ließen,

statt diese zu fällen und zu verbauen. Das ist ein weiter Wald und die Diskussion in vollem Gange. Aber warum eigentlich nicht Baumwachstum und Bauen miteinander verbinden? Die Baubotanik widmet sich dem Entwerfen mit Bäumen. Und baubotanische Bauwerke nehmen, anders als Holzbauten, weiterhin CO₂ aus der Luft auf und tragen zur lokalen Klimaverbesserung bei.

Diese Einführung geht auf die botanischen Wachstumsgesetze ein, die die Bauten leiten, und erklärt die Grundlagen des Konstruierens mit lebenden Bäumen. Geeignete Baumarten und Techniken werden erläutert und realisierte Bauten, Versuchsreihen, Entwurfsstudien sowie neue Konzepte zeigen einen Weg zu grünerem Bauen auf. Das Buch regt mit zahlreichen internationalen Beispielen und faszinierendem Bildmaterial zu einem anderen Blick auf Architektur an, die gleichsam zu einem Teil der Stadtnatur wird. Weniger Bäume über massive Pflanzbehälter integrieren, vielmehr andersherum, so scheint es, soll die Architektur in das Wachstum der Vegetation einbezogen werden.

Wachsende Architektur ist sicher auch nicht die Lösung für die Bauwende, aber vielleicht ein relevanter Beitrag. Auf jeden Fall gibt das Buch Ansporn, dass jenseits von ökobilanziell abwegigen und gesellschaftlich elitären Prestigeobjekten wie *Stefano Boeris Bosco Verticale* in Mailand oder der Hainbuchenmonokultur von *Christoph Ingenhovs KII* in Düsseldorf ein wirklicher Einklang von wachsender Architektur, Ökologie und Klimaschutz sowie den alltäglichen Bedürfnissen der Menschen möglich ist. Das empfehlenswerte Buch liefert dafür Grundlagen und Inspiration.

Rezension

Nachhaltiges Bauen mit Beton

Band 2: Quick Wins für den Klimaschutz



Berlin: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein (2022)
84 S., Softcover, 117,70 Euro

Der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein (DBV) greift mit dem DBV-Heft 50 *Nachhaltiges Bauen mit Beton* die Themen Klimaschutz und Klimawandelfolgen auf und stellt gemäß dem Vereinszweck Lösungsansätze für nachhaltiges und ressourcenschonendes Bauen mit Beton in den Fokus. Das Thema ist

zugegebenermaßen komplex und der DBV zerlegt es in handhabbarere Einzelbände. Zuerst erschienen ist Band 2 *Quick Wins für den Klimaschutz* – zusammengestellt von DBV-Mitarbeiter:innen. Die Sammlung von acht Beispielen gibt Bauherren, Planern und Ausführenden konkrete Anregungen und Hilfestellungen für das Bauen mit Beton und Betonstahl. Gezeigt werden heute schon möglich Maßnahmen, die zum Klimaschutz durch Reduktion des CO₂-Fußabdrucks oder zum Ressourcenschutz beitragen.

Die Auswirkungen klinkereffizienter Zemente, also mit reduziertem Klinkeranteil, auf die Bauausführung ist der erste Punkt. Weniger Klinker bedeutet hier vereinfacht weniger CO₂. Druckfestigkeit, Dauerhaftigkeit und Verarbeitbarkeit müssen dabei immer im Blick bleiben. Vermutlich werden die Baukosten erhöht, mehr qualifiziertes Personal benötigt und die Bauzeiten wegen der langsameren Festigkeitsentwicklung länger.

Eine andere Möglichkeit ist die Verlängerung des Nachweisalters, indem die Betondruckfestigkeit nicht nach 28 Tagen, sondern erst nach 56 oder gar 91 Tagen geprüft und so von bis zu 15 % Festigkeitszuwachs profitiert werden kann. Diverse Wechselwirkung bei entsprechend langsam erhärtenden Betonen wie weniger Temperaturentwicklung oder längere Ausschulfristen sind zu beachten.

Bei massigen Bauteilen lassen sich die erforderlichen Betonfestigkeiten zonieren, sodass die jeweiligen Festigkeiten nur unwesentlich über den erforderlichen liegen. Mit Zonierung können durchschnittlich 66 kg CO₂-Äq./m³ eingespart werden. Die Anforderungen an Bestellung, Transport und Einbau nehmen entsprechend zu.

Statt der üblichen Rissbreitenbewehrung für viele, aber kleine Risse kann auf diese weitgehend verzichtet werden, sodass nur wenige, aber große Risse auftreten, die nachträglich geschlossen werden müssen. Durch den gesparten Bewehrungsstahl ergibt sich in einem Beispiel eine Einsparung von 14 kg CO₂-Äq./m³. Zugänglichkeit für die Nachbehandlung sowie Akzeptanz beim Bauherren sind erforderlich.

Auch durch den Einsatz von hochfester Bewehrung können bis zu 40 % Stahl eingespart oder auch die Betonmenge reduziert werden. Die Mehrkosten für die hochfeste Bewehrung sind erheblich und werden nicht vollständig durch Mindermengen kompensiert.

Durch präventiven kathodischen Korrosionsschutz der Bewehrung können Betondeckung und ggf. die Rissbreitenbewehrung reduziert bzw. die Expositionsklasse und der Zementgehalt abgesenkt werden, was Einsparungen von bis zu 16 kg CO₂-Äq./m³ bringen kann.

Mit industriell vorgefertigten Spannbetonhohlplatten können bei regelmäßigen Hochbaudecken bis ca. 50 % Beton und fast ca. 75 % Stahl gespart werden. Da nachträgliche Änderungen wie Durchbrüche schwer möglich sind, ist eine gute Planung erforderlich.

Auch Betontragwerke werden noch zu viel abgerissen und könnten eigentlich instand gesetzt, ertüchtigt und verstärkt werden. Die technischen Möglichkeiten dafür sind heute vielfältig, z. B. mit kathodischem Korrosionsschutz, Verstärkung mit höherfesten Betonen oder mit CFK-Lamellen. Bei der Sanierung mittels Hochdruckwasserstrahltechnik können ca. 60 % CO₂-Äq. gegenüber dem Ersatzneubau eingespart werden.

Im Anhang gibt es noch eine recht umfangreiche Zusammenstellung von Daten des CO₂-Äquivalents (GWP 100) für Betonstahl, Spannstahl, Beton und Zement sowie Spannbetonhohlplatten aus internationalen Umweltproduktdeklarationen (EPD). Das ist interessant und informativ, taugt aber wenig zum direkten Arbeiten, weil nur die Werte der Herstellphase (A1–A3) verfügbar sind.

Die Auflistung der *Quick Wins* für den Klimaschutz beim Bauen mit Beton ist offensichtlich zeitnah praktisch umsetzbar. Wie so oft steckt der Teufel in den Details. Diese werden mit Vor- und Nachteilen im Band gut beschrieben, weitere Unterstützung wird angeboten. Jeder, der sich mit Planung und Ausführung von Betonkonstruktionen beschäftigt, sollte die wesentlichen Inhalte dieses Bands kennen, weil der Massenbaustoff Beton relevanten Einfluss auf den Klimaschutz hat.

Rezension

Der Change Code

Wie Menschen sich für Veränderungen begeistern und Unternehmen damit gewinnen



Dieter Lederer (2022)
www.dieter-lederer.com
Weinheim: Wiley Verlag.
272 S., Hardcover, 24,99 Euro

Wieder so ein Buch zu irgendwelchen Change-Programmen? Das könnte man in der Tat denken, Management-Literatur gibt es schließlich genug. *Der Change Code* ist anders, handhabbar im Umfang, wirklich fokussiert auf dieses eine Thema, lebendig geschrieben mit vielen Industrie-Beispielen, mit herausgestellten Kernaussagen sowie kapitelweise *Essenz für Querleser*. Dabei will man das eigentlich gar nicht querlesen, aber auch zum Rekapitulieren und Verinnerlichen ist das praktisch. Und im Kopf ist gerade die Bauwende, die Transformation des Bau- und Immobiliensektors hin zu Kreislaufwirtschaft, Ressourcenschonung und Klimaschutz.

Das sind nun genug Vorschusslorbeeren, also Butter bei die Fische: Im ersten Teil wird der *Change Burnout* plastisch beschrieben; das, was so oft nicht klappt in vielen Firmen mit den diversen Veränderungsvorhaben und der daraus resultierenden allgemeinen Frustration genau darüber. In 13 Schritten wird beschrieben, wie das Scheitern von Change-Programmen am besten funktioniert, von abstrakten Zielen über mangelnde Kommunikation bis Lösungen überstülpen. Weil vieles davon leider vertraut vorkommt, wird das Problem somit sehr deutlich. Veränderungen brauchen positive Emotionen wie Vertrauen und Begeisterung, an denen es oft fehlt.

Im zweiten Teil wird dazu der *Change Code* als Lösung präsentiert. Das ist keine endlose, kryptische Liste, das sind eigentlich nur drei Themen, die beherrscht angegangen werden sollten: eine verstehbare Veränderungsstrategie, ein klares Führungsverhalten und die Berücksichtigung der emotionalen Seite. Der Nutzen, so heißt es, ist die einzige Legitimation für Veränderungen. Die Strategie dazu muss sinnhaft, verstehbar und handhabbar sein, damit wir positiv darauf reagieren. Die meisten Menschen sind recht feinfühlig dafür, wenn Wort und Tat nicht übereinstimmen. Umso wichtiger ist es, dass die Protagonisten für den Wandel Einigkeit und Glaubwürdigkeit nicht nur ausstrahlen, sondern überzeugend vorleben. Aber das Allerwichtigste ist: Fakten führen zum Denken, Gefühle führen zum Handeln. Wenn Transformation gelingen soll, gibt es nur einen Weg – die konsequente Fokussierung auf das, was Menschen brauchen, um sich für Wandel zu begeistern.

Im dritten Teil geht es dann darum, das Neue, die Veränderung durch fortgesetztes Wiederholen neuer Muster zum neuen Normal, zur neuen Kultur zu machen. Die drei Hebel des *Change Code* sind überraschend einfach zu bedienen – vorausgesetzt, man lässt sich wirklich konsequent darauf ein. Mit einer verstehbaren Strategie und klarer Führung, die „einfach“ ein gutes Gefühl vermitteln, gelingt auch die Megaaufgabe der Bauwende.

Von Open-BIM-Anwendungen bis zu nachhaltiger Gebäudebewirtschaftung

20. buildingSMART-Anwendertag am 10. Mai in Stuttgart

Am 10. Mai 2023 findet der 20. *buildingSMART-Anwendertag* in Stuttgart statt. In rd. 50 Einzelvorträgen geben über 60 Expert:innen eine aktuelle Übersicht über Open-BIM-Anwendungen und -Lösungen. Erwartet werden gut 600 Teilnehmende aus ganz Deutschland und aus der gesamten Wertschöpfungskette Bau. Zur Eröffnung wird Prof. *Thomas Auer*, Inhaber des Lehrstuhls für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen der TU München, in einer Keynote auf die Nutzer-Gebäude-Interaktion für den robusten und nachhaltigen Gebäudebetrieb eingehen.

Anschließend beginnt das Vortragsprogramm, das in diesem Jahr in sechs parallelen Vortrags-Slots ablaufen wird. Die Schwerpunkte sind BIM und Lean Construction, BIM im Hochbau, BIM für die Infrastruktur sowie die nachhaltige Gebäudebewirtschaftung. Dem Bereich Infrastruktur widmen sich insgesamt fünf Panels zu Themen wie Open-BIM-Workflow in der Infrastruktur, Straßen-, Brücken- und Wasserbau, Informationsmanagement und Energie-Infrastruktur. Weitere BIM-Themenfelder der insgesamt 18 Vortrags-Panels sind KI, Gebäudeautomation, Elektrotechnik, Vorfertigung und Bauausführung, nachhaltige Gebäudebewirtschaftung sowie BIM-Implementierung (auch in Verwaltungen) und BIM und Honorierung.

Am Vorabend werden die *BIM Champions 2023* geehrt. An dem BIM-Wettbewerb beteiligten sich 36 Unternehmen und Projektteams sowie Studierende und Auszubildende aus ganz Deutschland. 15 Finalisten haben sich in diesem Jahr für die Endrunde qualifiziert und freuen sich nun auf den *BIM Champions* Abend am 9. Mai 2023.

Info & Anmeldung: www.buildingsmart.de/buildingsmart-anwendertag



Quelle: Florian Selig

Partner News

Neue Version des QNG schränkt Datengrundlage unnötig ein

Das *Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude* (QNG) liegt mit Datum vom 1. März 2023 als neue Version vor; die Einschränkungen der Datengrundlage für die Ökobilanzen sind allerdings unverständlich.

Zur Erinnerung: Das QNG fordert, dass sowohl die Treibhausgasemissionen (THG) als auch der Primärenergieverbrauch von Gebäuden bestimmte Maximalwerte einhalten. Diese Indikatoren werden auf Grundlage von Ökobilanzen bestimmt, welche wiederum auf den entsprechenden Datensätzen für einzelne Bauprodukte aufbauen. Bisher galt für diese Datensätze nur die Anforderung, dass diese aus der Version 2020-II der ÖKOBAUDAT, der entsprechenden Datenbank des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung, stammen mussten. Dies stellte schon eine fragwürdige Einschränkung der verwendbaren Datensätze dar, da bspw. Umweltproduktdeklarationen (EPDs) für neue und innovative oder sogar speziell für ein Projekt entwickelte Produkte nicht berücksichtigt werden können, obwohl diese vom IBU verifiziert und ordnungsgemäß in die ÖKOBAUDAT übertragen wurden.

Mit der neuen Version wird die Auswahl der verfügbaren Datensätze weiter auf vom BMWSB vorgeschriebene Rechenwerte ein-

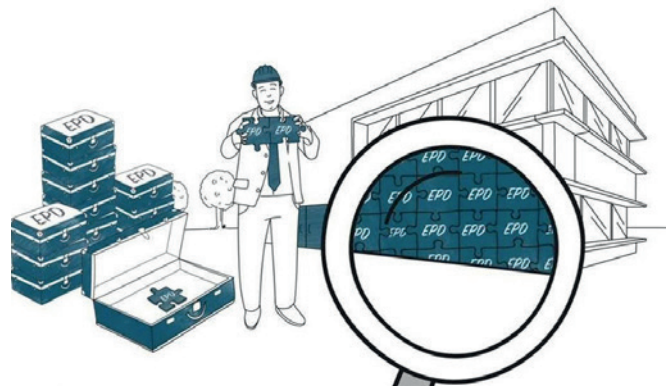
geschränkt. Diese basieren fast ausschließlich auf den generischen Daten der ÖKOBAUDAT und weisen konservative Annahmen auf. Sie erlauben es bis auf Weiteres überhaupt nicht, ökobilanzielle Vorteile, die sich aus der Auswahl eines spezifischen Produkts ergeben, in der QNG-Zertifizierung mit aufzunehmen. Ein wesentlicher Grund scheint darin zu liegen, dass die Datengrundlage für das QNG erst noch von der alten EPD-Norm EN 15804 + A1 auf die aktuelle Version EN 15804 + A2 umgestellt werden soll. Dabei besteht offensichtlich die Sorge, dass es hierbei zu signifikanten Verzerrungen kommen kann, wenn Datensätze nach A2 in die Berechnung mit einfließen. Diese Sorge ist unbegründet:

- Das QNG berücksichtigt nur die Indikatoren Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen.
- Für den Primärenergieverbrauch unterscheiden sich die Normen nicht, hier besteht also grundsätzlich keine Gefahr der Verzerrung.
- Für die Berechnung des Indikators für Treibhausgasemissionen wird in EN 15804 + A2 ein neuerer Sachstandsbericht des Intergouvernemental Panel on Climate Change (IPCC) referenziert. Die für die Ökobilanzierung wesentliche Änderung be-

trifft dabei die Anhebung des globalen Erwärmungspotenzials von Methan: hier gibt es eine Erhöhung um 12 %, d. h., 1 kg Methan entspricht nach EN 15804 + A2 28 kg Kohlendioxid (CO₂) und nicht mehr 25 kg Kohlendioxid wie in EN 15804 + A1. Daraus folgen zwei wichtige Erkenntnisse:

1. Das Treibhausgaspotenzial aus der Herstellung eines Bauprodukts wird nach der Norm EN 15804 + A2 durchgehend höher liegen als nach EN 15804 + A1.
2. Da das Treibhauspotenzial von Bauprodukten i. d. R. von CO₂-Emissionen dominiert wird, wird der Unterschied in den meisten praxisrelevanten Fällen im niedrigen einstelligen Prozentbereich liegen. Eine interne Untersuchung des IBU bestätigt diese Folgerung: In einem systematischen Vergleich aller EPDs, die nach beiden Versionen der Norm berechnet und veröffentlicht wurden, zeigt sich, dass die Werte für das Treibhauspotenzial zwischen 0,0 % und 4,6 % höher liegen. Berücksichtigt wurden dabei EPDs für etwa ein Dutzend Produktfamilien, die alle wichtigen Bauproduktgruppen abdecken, von mineralischen Bauprodukten (Dachziegel, Zement) über holzbasierte (Paneele aus Holzzement) und verschiedene Dämmprodukte bis hin zu metallischen Bauprodukten (Zink), wodurch die Ergebnisse als abgesichert gelten können.

Man kann also mit Sicherheit ausschließen, dass man allein durch die Verwendung von Datensätzen nach EN 15804 + A2 seine Primärenergie- und Treibhausgasbilanz schönrechnen kann. Es wäre daher sinnvoll, die Nutzung von EPDs nach beiden Normen im Rahmen des QNG zu erlauben. Der damit verbundene Anreiz zur



Quelle: IBU

nbau.AKTUELL

Aktuelle Daten sind Grundlage für eine exakte Gebäudebewertung

Optimierung der Materialauswahl würde deutliche Reduktionspotenziale freisetzen und damit einen wichtigen Schritt hin zu einer klimaverträglich gebauten Umwelt darstellen. Es wäre auch ein deutliches Zeichen an die Hersteller, die beim IBU momentan weit über 1500 EPDs (davon etwa 600 nach EN 15804 + A2) veröffentlicht haben, dass ihre Anstrengungen sowohl im Bereich der Transparenz als auch der ökologischen Optimierung ihrer Produkte angemessen gewürdigt werden. Das BMWSB weist darauf hin, dass nach der Umstellung auf die neue Normengrundlage auch EPDs wiederverwendet werden können; mit Blick auf die Dringlichkeit des Problems Klimawandel bleibt zu hoffen, dass dies möglichst schnell umgesetzt wird.

85

Partner News

Nachhaltiger Brückenbau – Made in Germany

Nominierungen für Deutschen Brückenbaupreis 2023

Die Nominierten des *Deutschen Brückenbaupreises 2023* stehen fest. Der Preis unter der Schirmherrschaft des BMVI wird seit 2006 vergeben und hatte schon immer Nachhaltigkeit als wichtiges Kriterium im Blick. Dieses Jahr wurde nun zusätzlich eine gesonderte Auszeichnung für ressourcenschonendes Bauen eingeführt. Bei dem aktuellen Wettbewerb zeigt sich erneut, wie innovativ der Ingenieurbau in Deutschland auch in Sachen Nachhaltigkeit ist und welche Möglichkeiten hier noch bestehen. Ressourcenschonende Lösungen wurden eingesetzt, bei denen Forschung und Praxis Hand in Hand arbeiten. Auch die Verwendung örtlich vorhandener Baustoffe kann richtungsweisend für den Brückenbau werden. Berücksichtigung fanden bei den Projekten auch Aspekte, die auf eine schnelle, verkehrsverträgliche und wirtschaftliche Bauweise setzen. So steht, wenn es heute um Nachhaltigkeit geht, nicht nur ein reduzierter Treibhausgasausstoß beim Brückenbau im Fokus. Das Augenmerk liegt ebenfalls auf einer umfangreichen Rückgewinnung der eingesetzten Baustoffe ohne Qualitätsverlust. Im Brückenbau sind bauliche Instandsetzung und Ertüchtigung bereits weiter fortgeschritten als im Hochbau. Dies unterstreichen die diesjährigen Einreichungen und Nominierungen.

Nominierte der Kategorie Fuß- und Radwegbrücken

Miniaturwunderland Brücke Hamburg

Die Nachhaltigkeit dieser Fußgängerbrücke, die zwei denkmalgeschützte Gebäude verbindet, zeichnet sich dank ihrer minimalistischen, ressourcenschonenden Konstruktionen aus. Die dazu notwendige Ingenieurskunst verbirgt sich hinter der nicht tragfähigen Fassade. Zudem ist sie eine integrale Brücke ohne wartungsaufwendige Fugen und Lager.

Carl-Alexander-Brücke in Dorndorf-Stauditz

Die Stahlbrücke aus dem Baujahr 1892 ist ein Wahrzeichen der Umgebung. Statt Abriss und Neubau wurde sie nun einer neuen Nutzung als Fuß- und Radweg überführt. Hierzu musste ihre Detaillierung aufgearbeitet und der Bestand erstmals ermittelt werden. So ist es gelungen, dem Kulturdenkmal eine sinnvolle Nachnutzung zu geben.

Mühlensteg in Besigheim

Die geschwungene Hängebrücke ist eine sehr minimalistische Lösung mit geringstmöglichem Materialeinsatz. Das effiziente, teilverspannte Tragwerk verbindet die Altstadt mit der Auenlandschaft und unterstreicht elegant den Nachhaltigkeitsgedanken.

Nominierte der Kategorie Straßen- und Eisenbahnbrücken

Pilotbrücke Stokkumer Straße in Emmerich

Die Brücke ist ein Pilotprojekt, weil man hier von dem eingefahrenen Prinzip der Richtzeichnungsbrücken abgewichen ist. Hier wird mit der bewehrten Erde und der ortsnahe Vorfertigung ein neuer Weg eingeschlagen, wie Brücken schneller, ressourcenschonender und CO₂-ärmer errichtet werden können. Auch die extrem kurze Bauzeit und die minimalen Autobahnsperren sparen CO₂ durch weniger Umwege und Staus ein.

Fuldatalbrücke Bergshausen

Mit der Ertüchtigung der Talbrücke über die Fulda gelang es für einen Solitär der Brücken-Hochmoderne, den Paradigmenwechsel von Neubau zur Erhaltung sichtbar werden zu lassen. Die eingesetzte Unterspannung verschafft der Brücke weitere Jahre Lebenszeit.

Stadtbahnbrücke Stuttgart

Bei der integralen Netzwerkbogenkonstruktion kamen neuartige Carbonhänger zum Einsatz, die eine solche Schlankheit des Bogens und der Tragplatte erst ermöglichen. Diese Carbonhänger haben wesentlich höhere Ermüdungsfestigkeiten als Stahlprofilhänger bei gleichzeitig deutlich geringerem Gewicht. Zudem lassen sie sich auch unter Verkehr einzeln austauschen, was Verkehrsumwege vermeidet.

Der Deutsche Brückenbaupreis wird am 30. Mai 2023 in Dresden verliehen. Am Folgetag findet das 32. Dresdner Brückenbausymposium des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Dresden statt. Weitere Informationen zum Brückenbaupreis 2023 und der Preisverleihung unter www.brueckenbaupreis.de.



Quelle: VBI

Die Jury: Ralf Schubart (Meyer + Schubart), Prof. Annette Bögle (HCU Hamburg), Anja Vehlows (DB Netz AG), Eberhard Pelke (ehem. Hessen Mobil), MR Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn (BMDV, Juryvorsitzender) und Dr.-Ing. Gerhard Zehetmaier (WTM Engineers)

Partner News

Vorbilder für nachhaltige Baukultur gesucht

Deutscher Nachhaltigkeitspreis Architektur 2023 ausgelobt

Bereits zum elften Mal sucht der renommierte Architekturpreis für nachhaltige Gebäude nach herausragenden Projekten, die Innovation, Nachhaltigkeit und eine hohe architektonische Qualität verbinden. Der Preis wird von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB zusammen mit der Stiftung Deutscher Nachhaltigkeitspreis vergeben.

Warum sie sich für eine Bewerbung beim *Deutschen Nachhaltigkeitspreis Architektur* im vergangenen Jahr entschieden haben, erklären die letztjährigen Preistragenden Almut Grüntuch-Ernst und Armand Grüntuch: „Wir gehen davon aus, dass es inzwischen ein breites Verständnis gibt von Nachhaltigkeit. Wenn wir uns als Gesellschaft fragen, woraus unsere Zukunft gebaut wird, geht es längst nicht nur um Technik, Rohstoffe oder den reinen Materialgebrauch. Wir leben in Zeiten des Umdenkens, die uns in der Architektur auf vielfältige Weise betreffen. Nachhaltigkeit bedeutet in diesem Fall, ein Stück Stadt für die Gesellschaft zurückzugewinnen.“

Teilnahmeberechtigt beim *Deutschen Nachhaltigkeitspreis Architektur* sind Bauherr:innen und Architekt:innen sowie Nutzende von Gebäuden in Deutschland, die eine personenbezogene Nutzung aufweisen und nicht älter als fünf Jahre sind. Es kann sich dabei um Neubauten, Bestandsbauten oder umfassende Umbaumaßnahmen handeln. Die Bewerbungsfrist endet am 2. Juni 2023. Die Einreichung erfolgt online über www.nachhaltigkeitspreis.de/wettbewerbe/architektur. Das Siegerprojekt wird im Rahmen des 16. Deutschen Nachhaltigkeitstags am 24. November 2023 in Düsseldorf ausgezeichnet.



Quelle: DGNB

Die Preistragenden des DNP Architektur 2022: Gordian Grüntuch (Wilmina Berlin) und Almut Grüntuch-Ernst (Grüntuch Ernst Architekten)

Bauphysikalische Untersuchungen an Myzel-basierten Materialien für den Einsatz als Wärmedämmmaterial

Um die Verwendbarkeit von Materialien auf Pilzmyzel-Basis als Baustoff bewerten zu können, wurden Versuche zu deren Eignung als Wärmedämmstoff durchgeführt. Hierzu wurden im Rahmen erster Tastversuche einem Basissubstrat verschiedene Zusätze (Buchenholz, Reisspelzen, Kaffee-Silberhäutchen, Perlitgestein)



Versuchskörper zur Ermittlung der Wärmeleitfähigkeiten

beigemischt, um deren Einfluss auf bauphysikalische Materialeigenschaften zu ermitteln. Im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeiten im Bauwesen hat sich gezeigt, dass Materialien auf Pilzmyzel-Basis durchaus vielversprechende Eigenschaften aufweisen. Die erzielten Wärmeleitfähigkeiten sind mit denen von marktüblichen ökologischen Dämmstoffen konkurrenzfähig. Allerdings sind weitere, systematische Untersuchungen erforderlich, um die Möglichkeiten zur Optimierung der wesentlichen Materialeigenschaften zu erforschen und die Reproduzierbarkeit von Myzel-Materialien mit möglichst homogenen Eigenschaften sicherstellen zu können.

Kotan, E.; Ibuk, A.; Dehn, F. (2023) *Bauphysikalische Untersuchungen an Myzel-basierten Materialien für den Einsatz als Wärmedämmmaterial*. Bauphysik 45, H. 1, S. 55–59. <https://doi.org/10.1002/bapi.202200040>

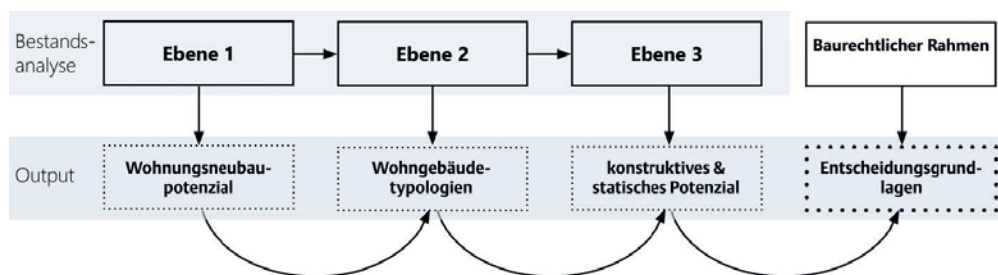
Aufstockungen auf Siedlungsbauten der 1950er- und 1960er-Jahre

Eine Potenzialanalyse am Fallbeispiel Hamburger Wohnungsgenossenschaftsbauten

Angesichts der wachsenden Haushaltszahl in deutschen Großstädten mit einhergehender Wohnungsnachfrage sowie des hohen Flächen- und Ressourcenverbrauchs im Neubau wird am Fallbeispiel der Stadt Hamburg das Potenzial der Nachverdichtung durch Aufstockung untersucht. Ausgangslage bildet die These, dass drei- bis viergeschossige Siedlungsbauten der 1950er- und 1960er-Jahre aufgrund ausreichender Lastreserven und der Abstände zu angrenzender Bebauung gute Voraussetzungen für ein- bis zweigeschossige Aufstockungen bieten. Unter-

suchungsgegenstand sind Mehrfamilienwohngebäude Hamburger Wohnungsbaugenossenschaften. Der Aufsatz soll Entscheidungsgrundlagen für zukünftige Aufstockungsvorhaben auf drei- bis viergeschossigen Siedlungsbauten zur Verfügung stellen. Die Aufstockungspotenzialanalyse erfolgt in drei Betrachtungsebenen: Stadt, Gebäude und Konstruktion. Auf der Ebene Stadt wurde das quantitative Potenzial für Wohnungsneubauten durch Aufstockung auf den o.g. Gebäuden anhand von digitalem Karten- und Bildmaterial untersucht und somit die Relevanz bestätigt. Für die Gebäudeebene wurden Wohngebäudetypologien anhand von Bestandsplänen definiert. Auf der Ebene Konstruktion wurden anhand von Bestandsstatiken vorhandene Lastreserven analysiert. Ausgehend von der Wohngebäudetypologie sowie den rechtlichen und bautechnischen Vorgaben können mithilfe der formulierten Entscheidungsgrundlagen Annahmen zu Aufstockungsmöglichkeiten getroffen und Handlungsoptionen hergeleitet werden.

Meyer, K.; Klotz, P.-M. (2023) *Aufstockungen auf Siedlungsbauten der 1950er- und 1960er-Jahre – Eine Potenzialanalyse am Fallbeispiel Hamburger Wohnungsgenossenschaftsbauten*. Bautechnik 100, H. 1, S. 14–22. <https://doi.org/10.1002/bate.202200086>

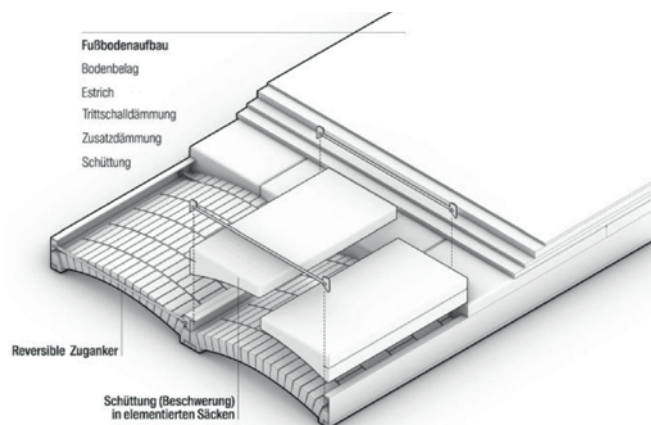


Vorgehen und Zielsetzung

Empfehlung der Redaktion

Kappe+ – Überprüfung einer traditionellen Bauweise auf ihre Leistungsfähigkeit für das Bauen von morgen

Deckensysteme sind aufgrund ihres Materialvolumens eine der größten Herausforderungen im Geschossbau auf dem Weg zu klimaschonendem Bauen. Hier erweist sich die traditionelle gemauerte Kappendecke als robuste leistungsfähige Alternative mit Innovationspotenzial. Im Vergleich zu weitverbreiteten Stahlbetonflachdecken erfordert ihre Herstellung nur 50 % der grauen Energie. Zur weiteren Untersuchung ihres Anwendungspotenzials wurden sechs Deckensysteme für eine Büro- oder Schulnutzung vergleichend untersucht. Für diese Konstruktionen wurden auf Basis einer Vordimensionierung detaillierte Lebenszyklusanalysen (LCA) durchgeführt. Während die Stahlbetonflachdecke ein Global Warming Potential (GWP) von 136 kgCO₂e/m² hat, erreicht die Kappendecke im günstigsten Fall einen Wert von nur 64 kgCO₂e/m². Neben der Bewertung des Energieeinsatzes in der Herstellung werden sowohl auf Material- als auch auf Konstruktionsseite die Prinzipien der Circular Economy angewendet. Im Rahmen von Praxisexperimenten wurden an der historischen Konstruktion drei Transformationen vorgenommen: So entsteht durch die Substitution der Stahlträger im System durch Holz ein neuartiges Holz-Mauerwerk-Hybridsystem. Mithilfe digitaler Fertigungswerkzeuge wird eine wirtschaftliche und zeitgemäße Herstellungsweise aufgezeigt. Durch die Optimierung der verwendeten Ziegelsteine wird die Rohdecke um akustische Eigenschaften multifunktional angereichert.



Konzeptskizze für eine kreislaufgerechte Trennbarkeit der Komponenten in einem neuartigen Kappendeckensystem, das als Materialspeicher fungiert

Gengnagel, C.; Brechenmacher, E. (2023) *Kappe+ – Überprüfung einer traditionellen Bauweise auf ihre Leistungsfähigkeit für das Bauen von morgen*. Bautechnik 100, H. 1, S. 45–54. <https://doi.org/10.1002/bate.202200091>

Kongresse – Symposien – Seminare – Messen

Änderungen vorbehalten – bitte beachten Sie die aktuellen Informationen der jeweiligen Veranstalter:innen.

ORT UND ZEIT	VERANSTALTUNG	INFORMATIONEN
10. Mai 2023 Stuttgart	20. buildingSMART-Anwendertag	www.buildingsmart.de
10. Mai 2023 Berlin	VBI-Hauptstadtkongress 2023	www.vbi.de/termine
02.–03. Juni 2023 Hannover	13. Internationales BUILDAIR-Symposium	www.buildair.eu
06.–07. Juni 2023 Hamburg	Building Green – Future architecture and sustainable buildings	https://buildinggreen.eu/hamburg
14. Juni 2023	Tag der BAUINDUSTRIE	www.bauindustrie.de
14.–15. Juni 2023 Frankfurt/Main	Green Construction Excellence Forum	https://greenconstruction-excellenceforum.com
20. Juni 2023 Stuttgart	DGNB Tag der Nachhaltigkeit	www.dgnb.de
21.–23. Juni 2023 Stuttgart	Urban Future	www.urban-future.org
27.–29. Juni 2023 Berlin/online	Weltkongress Gebäudegrün	www.bugg-congress2023.com

Redaktion und Beirat

Chefredakteur

Dr. **Bernhard Hauke**

Fachbeirat

Prof. **Thomas Auer**, TU München –
Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen

Annelie Casper,
Deutscher Verband für Facility Management – GEFMA

Prof. **Matthias Finkbeiner**,
TU Berlin – Sustainable Engineering

Annette von Hagel, re!source Stiftung

René Hagemann-Miksits,
Hauptverband der Deutschen Bauindustrie

Sebastian Herkel,
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme

Johannes Kreißig,
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB

Prof. **Markus Kuhnhenne**, RWTH Aachen –
Nachhaltigkeit im Metalleichtbau

Prof. **Michaela Lambertz**, TH Köln –
Gebäudeausrüstung und nachhaltiges Bauen

Prof. **Thomas Lützkendorf**, KIT –
Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus

Arno Minas, Stadt Wuppertal

Dr. **Alexander Röder**, Institut Bauen und Umwelt – IBU

Prof. **Eike Roswag-Klinge**, TU Berlin –
Natural Building Lab

Prof. **Mike Schlaich**, TU Berlin –
Entwerfen und Konstruieren – Massivbau

Prof. **Werner Sobek**, Uni Stuttgart – ILEK

Prof. **Patrick Teuffel**, TU Eindhoven –
Innovative Structural Design

Prof. **Danièle Waldmann-Diederich**, TU Darmstadt –
Institut für Massivbau

Prof. **Jan Wörner**,
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Partner

Aachen Building Experts – ABE

Architects for Future Deutschland – A4F

Attitude Building Collective – ABC

buildingSMART Deutschland – bSD

Bund Deutscher Baumeister – BDB

Bundesingenieurkammer – BIngK

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB

Deutscher Verband für Facility Management – GEFMA

Hauptverband der Deutschen Bauindustrie – HDB

Institut Bauen und Umwelt – IBU

re!source Stiftung

Stuttgarter Nachhaltigkeitsstammtisch

Verband Beratender Ingenieure – VBI

Impressum

nbau. Nachhaltig Bauen – Die Zeitschrift
begleitet die Transformation der Bau- und Immobilienbranche hin zum nachhaltigen Bauen. Über das gesamte Spektrum von der Stadt- und Raumplanung über Architektur, Tragwerksplanung, Klimaengineering und alle weiteren Fachplanungsdisziplinen hin zu Bauausführung und Betrieb.

Webseite
www.nbau.org

Verlag
Ernst & Sohn GmbH
Rotherstraße 21, D-10245 Berlin
Tel. +49(0)30/47031-200
Fax +49(0)30/47031-270,
info@ernst-und-sohn.de, www.ernst-und-sohn.de

Amtsgericht Charlottenburg HRB 237294 B
Geschäftsführung: Sabine Haag, Franka Stürmer
Steuernummer: 47020/34142, Umsatzsteuer-
identifikationsnummer: DE 813496225

Chefredakteur: Dr. Bernhard Hauke
Tel. +49 (0)160 9785 85 89
bernhard.hauke@wiley.com

Redaktion
Diana Fischer
Dr.-Ing. Dirk Jesse
Dr. Philip Kalkbrenner
Viktoria Mihala
Claudia Ozimek
Dr.-Ing. Helmut Richter
Dr. Burkhard Talebitari

Projektmanagerin: Sarah Bräunlich
Tel. +49 (0)30 / 47031-248
sarah.braeunlich@wiley.com

Ad Sales Manager: Andrea Thieme
Tel. +49 (0)30 / 47031-246
andrea.thieme@wiley.com

Sonderdrucke: Janette Seifert
Tel. +49 (0)30 / 47031-292,
Fax +49 (0)30 / 47031-230
janette.seifert@wiley.com
www.ernst-und-sohn.de/sonderdrucke

Kunden-/Leserservice
Tel. 06123 / 92 38-288
Fax 06123 / 92 38-244
nbau@vuserice.de

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk oder Fernsehsendung bleiben vorbehalten. Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder Gebrauchsnamen, die in der Zeitschrift veröffentlicht werden, sind nicht als frei im Sinne der Markenschutz- und Warenzeichen-Gesetze zu betrachten, auch wenn sie nicht eigens als geschützte Bezeichnungen gekennzeichnet sind.

Hinweise zur Einreichung von Manuskripten:
www.nbau.org/wp-content/uploads/2022/06/Manuskriptvorlage_nbau.docx

Abonnement 2023
Die Zeitschrift **nbau. Nachhaltig Bauen** erscheint mit 6 Ausgaben pro Jahr.
139 € / Jahr zzgl. 7% MwSt. inkl. Porto
Das Abonnement gilt zunächst für 12 Monate.
Es kann jederzeit mit einer Frist von drei Monaten zum Ablauf des Bezugszeitraumes schriftlich gekündigt werden. Das Abonnement verlängert sich um ein weiteres Bezugsjahr ohne weitere schriftliche Mitteilung.

Spezielle Angebote und Probeheftanforderung unter www.ernst-und-sohn.de
Alle Preise sind Nettopreise.
Die Preise sind gültig bis 31. Dezember 2023.
Irrtum und Änderungen vorbehalten.
Studentenpreise, Staffelpreise, Mitgliederpreise und Preise in anderen Währungen auf Anfrage.

Bankverbindung: JP Morgan, Frankfurt,
DE12501108006161517732, CHASDEFX

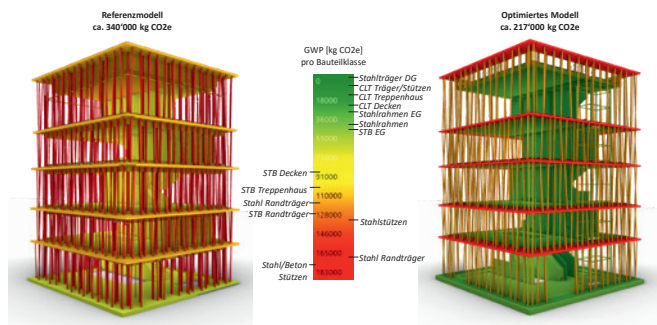
Bei Änderung der Anschrift eines Abonnenten sendet die Post die Lieferung nach und informiert den Verlag über die neue Anschrift. Wir weisen auf das dagegen bestehende Widerspruchsrecht hin. Wenn der Bezieher nicht innerhalb von 2 Monaten widersprochen hat, wird Einverständnis mit dieser Vorgehensweise vorausgesetzt.

Satz: primustype Robert Hurler GmbH, Notzingen
Druck: Westermann DRUCK | pva, Zwickau
Gedruckt auf säurefreiem Papier.

ISSN: 2750-8382

© 2023 Ernst & Sohn GmbH

Vorschau 3/23



Quelle: Gengnagel/Apellániz

Zum Bild

Für die Erstellung von Ökobilanzen im Hinblick auf das Global Warming Potential (CO₂-Emissionen) stehen Architekten und Ingenieuren verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl. Die einfachste Methode ist die Verknüpfung der Massen der Bauteile mit ihren spezifischen Kohlenstofffaktoren aus der Herstellung. Zur Flexibilisierung des Entwurfsprozesses, der Ermöglichung einer hohen Diversität der Baukonstruktion und einer kreislaufgerechten Entwicklung eines Gebäudeentwurfs erweist sich der Einsatz von parametrisch gesteuerten Datenmodellen als notwendig. Der Beitrag von Christoph Gengnagel und Diego Apellániz stellt Ansätze vor und gibt einen Ausblick auf Möglichkeiten und Herausforderungen einer kontinuierlichen GWP-Evaluierung im gesamten Prozess eines Gebäudeentwurfs.

nbau 3/23

Barbara Possinke, Johanna Wörner, Stefanie Weidner
Materialwahl für nachhaltiges und klimagerechtes Bauen

Annette Hering
Der erforderliche Rahmen für zirkuläres Bauen

Stefan Bringezu
Klima- und Nachhaltigkeitsziele lassen sich nur mit einer Begrenzung des Ressourcenverbrauchs erreichen

Christoph Gengnagel, Diego Apellániz
Lebenszyklusanalyse und parametrischer Raumentwurf

Linda Hildbrand, Kim Tran
Gebäuderessourcenpass – Potenzial für sinnvolle Ressourcenplanung

Jürgen Utz, Christian Spindler
Klimaresilienz und EU-Taxonomie für werthaltige Immobilien

Florian Hörtkorn et al.
Geänderter gesetzlicher Rahmen zum Baustoffrecycling – Übersicht zu neuer Mantelverordnung und Ersatzbaustoffverordnung

Günther Hartmann
Energetische Dachsanierung – Bauphysikalische Vorteile von Holzfaser-Dämmstoffen

(Änderungen vorbehalten)

Unsere Kalender stark reduziert

Ab dem Jahrgang 2019 und älter

- Bauphysik-Kalender
- Beton-Kalender
- Mauerwerk-Kalender
- Stahlbau-Kalender

jetzt nur
€ 89*

Ernst & Sohn
A Wiley Brand



[www.ernst-und-sohn.de/
kalender-preisreduzierung](http://www.ernst-und-sohn.de/kalender-preisreduzierung)

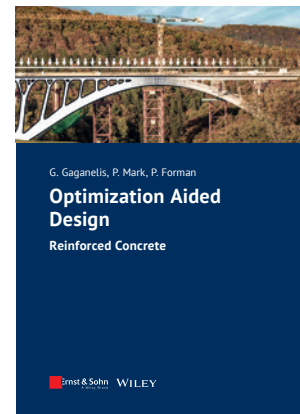
Georgios Gaganelis, Peter Mark, Patrick Forman

Optimization Aided Design

Reinforced Concrete

- numerous examples e.g. columns, beams, deep beams, corbels, cantilevers, frame corners, pylons, parabolic trough solar collectors, fiber reinforced concrete
- the book is suitable for graduates, young professionals and for teaching & research
- useful introduction to optimization methods for practicing engineers

Reinforced concrete is the dominating building material and contributes to resource consumption and climate change. The book provides design methods for minimal material use in its outer and inner shape. Numerous examples illustrate the application in theory and practice.



2022 · 184 pages · 200 figures · 6 tables

Softcover

ISBN 978-3-433-03337-1 € 69*

eBundle (Softcover + ePDF)

ISBN 978-3-433-03338-8 € 99*

ORDER

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/en/3337

Jobs · Karriere · Wissen



Ein Service von
Ernst & Sohn

Im neuen Design

bauingenieur24 findet qualifizierte Bauingenieur:innen auf einer starken Plattform. Neu angeordnet, klar strukturiert und mit einfacher Handhabung.
Jetzt eine Anzeige schalten.

Fundiert und praxisbezogen bietet *bauingenieur24* wissenswerte Einblicke in das gesamte Bauingenieurwesen. Abonnieren Sie den *bauingenieur24* Newsletter, um aktuell informiert zu sein.

bauingenieur24.de