

**Klima
und
Res
source
nschon
ende
Bau
wende**

Robert
Kaltenbrunner (Hg.)

Architekturen

Neuausrichtung
an den
planetaren Grenzen

[transcript]

Robert Kaltenbrunner (Hg.)
Klima- und ressourcenschonende Bauweise

Robert Kaltenbrunner (1960-2025), Architekt und Stadtplaner, leitete von 2000 bis 2025 die Abteilung »Wohnungs- und Bauwesen« im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BSR). Von 1990 bis 1999 war er bei der Senatsverwaltung für Bauen, Wohnen und Verkehr in Berlin als Projektgruppenleiter für städtebauliche Großvorhaben tätig. Er war u.a. Mitglied im Wissenschaftlichen Kuratorium von FORUM STADT (Esslingen) sowie im »Scientific Panel« von CSE – City Safety Energy (Neapel/Italien) und hat zahlreiche Beiträge zu verschiedenen urbanistischen Themen veröffentlicht.

Robert Kaltenbrunner (Hg.)

Klima- und ressourcenschonende Bauweise

Neuausrichtung an den planetaren Grenzen

[transcript]

Die Autorinnen und Autoren geben in diesem Buch ihre fachliche Position wieder. Die geäußerten Ansichten müssen nicht mit denen des BBSR übereinstimmen.



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.dnb.de/> abrufbar.



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 Lizenz (BY-SA). Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell, sofern der neu entstandene Text unter derselben Lizenz wie das Original verbreitet wird.

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z.B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

2025 © Robert Kaltenbrunner (Hg.)

transcript Verlag | Hermannstraße 26 | D-33602 Bielefeld | live@transcript-verlag.de

Umschlagkonzept: Svenja Binz und Juliane Jäger

Lektorat: Satzweiss.com GmbH

Druck: Majuskel Medienproduktion GmbH, Wetzlar

Graphik: Svenja Binz, Juliane Jäger und Birgit Stolze

Wissenschaftliche Begleitung: Johannes Fox und Olaf Böttcher

Redaktion: Jörg Lammers und Stephanie Veselá

<https://doi.org/10.14361/9783839400319>

Print-ISBN: 978-3-8376-5723-4 | PDF-ISBN: 978-3-8394-0031-9

Buchreihen-ISSN: 2702-8070 | Buchreihen-eISSN: 2702-8089

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit chlorfrei gebleichtem Zellstoff.

Inhalt

Nachruf	7
01 Reparaturarbeit, die Architektur braucht einen Reset <i>Robert Kaltenbrunner</i>	9
02 Auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand? <i>Nicolai Domann, Arnd Rose, Svenja Binz, Juliane Jäger, Jörg Lammers</i>	35
03 Was bedeuten die planetaren Grenzen für den Gebäudebestand? <i>Svenja Binz, Juliane Jäger, Jörg Lammers</i>	63
04 Welchen Beitrag kann Suffizienz zum klima- und ressourcenschonenden (Nicht-)Bauen leisten? <i>Katja Hasche, Annika Hack, Jörg Lammers, Michael Lautwein, Ralf Schüle, Julia Siedle</i>	71
05 Wie kann Klima- und Ressourcenschonung im Handlungsfeld Gebäude nachgewiesen werden? <i>Svenja Binz, Juliane Jäger</i>	117
06 Case Study und Diskussionsvorschlag einer praktikablen Gebäudebewertung <i>Svenja Binz, Juliane Jäger</i>	137
07 Handlungsempfehlungen	173

Abbildungsverzeichnis	179
Tabellenverzeichnis	183
Literaturverzeichnis.....	185
Autorinnen und Autoren	201

Nachruf

Am 21. Februar 2025 verstarb der Herausgeber Dr. Robert Kaltenbrunner unerwartet im Alter von 64 Jahren.

Mit ihm verliert das Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung seinen stellvertretenden Leiter, einen herausragenden Wissenschaftler und Politikberater. Wir trauern um unseren geschätzten Kollegen und einen Menschen, der uns mit seiner außergewöhnlichen Klugheit und Kreativität begleitet, gestärkt und gefordert hat. Robert Kaltenbrunner hat es wie kein anderer verstanden, im institutionellen Rahmen einer Ressortforschungseinrichtung des Bundes ein Freigeist zu bleiben, dem Baukultur und Angemessenheit am Herzen lagen. Als Initiator dieser Veröffentlichung hat er den Raum geschaffen, Zukunftsthemen kritisch zu entwickeln und weiterzudenken.

Sein Tod reißt eine große Lücke. Wir werden Robert Kaltenbrunner in dankbarer Erinnerung behalten. Der Einfluss seines Wirkens wird bestehen bleiben.

01 Reparaturarbeit, die Architektur braucht einen Reset

Robert Kaltenbrunner

Gebäude dienen als möglichst geschützter, gesunder und komfortabler Raum zum Wohnen, Arbeiten, Lernen, Einkaufen, Heilen und zur Erfüllung vieler anderer Funktionen. Klimaschutz zählt nicht zu ihren primären Aufgaben. Und dennoch ist es heute unumgänglich, dass die klimaschädlichen Emissionen der Gebäude bis 2045 auf null gebracht werden müssen.

Hitzewellen und Waldbrände, starke Regenfälle und Überschwemmungen, das Abschmelzen von Arktis und Gletschern – die Folgen des Klimawandels¹ sind inzwischen für alle sichtbar. Die Frage ist: Wie reagieren wir auf diese Situation? Gewiss, man kann sogenannte »Energiesparhäuser« bauen, doch sollte man sich von dieser Bezeichnung nicht verwirren lassen: Sie sparen keine Energie, sie verbrauchen nur weniger Betriebsenergie (vor allem Heizenergie) als andere Häuser. Eine ganzheitliche Lebenszyklusanalyse käme ohnehin zu einer ganz anderen Bilanz: dass nämlich den größten Energieaufwand und die größte Treibhausgasemission das Bauen selbst verursacht, also die Erstellung von Gebäuden. Bereits heute kommen auf jeden Bundesbürger rund 363 t verbautes Material in Gebäuden und Infrastrukturen. Das

1 Dass der Begriff »Klimawandel« mittlerweile zu einem Allerweltsbegriff geworden sei, zu einer leeren Chiffre – dieser Auffassung ist der Publizist Christoph Keller. Er prangert Reden und Redensarten an, die eine eigene Wirkung entfalten. Denn »sie machen deutlich, dass ›der Klimawandel‹, in abgewandelter Form als ›Klimakrise‹ oder einfach auch nur als ›Klima‹, zu einem allgegenwärtigen, medial und öffentlich kommunizierten Agens in unserer Sprache geworden ist, ähnlich einer Instanz, die vielfache Wirkung entfalten kann: hier Brände, dort Überflutungen, da Hitzewellen, andernorts Hungersnöte, erhöhte Sterblichkeit überall, ›der Klimawandel‹ beeinflusst auch Investitionsentscheidungen.« Dabei habe der unkonkrete Begriff für die Verursacher den unbestreitbaren Vorteil, dass er ganze Kausalketten und damit auch Komplexitäten verschleierte – und damit letztlich dem Nichtstun Vorschub leiste. (Siehe Keller 2023)

entspricht dem Gewicht zweier Jumbojets oder eines voll besetzten ICE – wohlgemerkt: pro Person. (Nagel 2023)

Der unausgesprochene Konflikt zwischen unseren ressourcenverbrauchenden Gewohnheiten, einer wachstumsorientierten Wirtschaft (mit ihren negativen Klimaauswirkungen) und einem nachvollziehbaren gesellschaftlichen Grundbedürfnis – man möchte in Zukunft mindestens genauso gut leben wie bisher –, dieser Konflikt ist aufgrund der knappen Zeit für die Erreichung der festgeschriebenen Klimaziele nur durch ein Umdenken zu entschärfen. Doch wie kann dieses Umsteuern gelingen? Muss man doch konstatieren, dass seit gut zwei Jahrzehnten zwar die nachhaltige und damit auch klimagerechte Entwicklung des Bauwesens in Forschung und Praxis auf unterschiedlichen Ebenen vorangetrieben wird, dass viel Wissen gewonnen, Absichten formuliert sowie Anreize und Rahmenbedingungen gesetzt worden sind – aber dass das Planen, Bauen und Betreiben sich in seiner Gesamtheit kaum grundlegend verändert oder gar erneuert hat. Größere Besorgnis indes löst dies augenscheinlich nicht aus. Anlass genug, sich vertieft mit dem Zusammenhang von Architektur und Klimawirksamkeit zu beschäftigen.

Wo stehen wir?

Bis spätestens 2045 soll in Deutschland laut Klimaschutzgesetz (KSG) das Ziel der Treibhausgasneutralität erreicht werden. Ohne ambitionierte Klimaschutzpolitik im Gebäudesektor ist dieses Ziel nicht zu erreichen. Dabei geht es zum einen um Fragen nach dem notwendigen Wärmeschutzniveau der Gebäudehülle, dem Energieträger- und Technikmix, über den die thermische Konditionierung der Gebäude erfolgt, sowie den damit einhergehenden Kosten. Zum anderen geht es um die Frage, wie der Gebäudesektor in seiner Rolle als Energieverbraucher und -erzeuger langfristig mit dem gesamten Energiesystem interagiert.

Entscheidend ist die Festlegung, dass auch der Gebäudesektor (nach KSG) bis spätestens 2045 klimaneutral sein muss. Das bedeutet entweder, die vorhandenen Gebäude so zu sanieren, dass sie kaum noch Energie verbrauchen (Effizienzstrategie); oder aber, sicherzustellen, dass deren Versorgung mit Wärme, Wasser, Elektrizität usw. komplett über erneuerbare Energien erfolgt

(Konsistenzstrategie).² Politisch untermauert wird das mit unterschiedlichen Sofortprogrammen, die sich freilich zumeist nur auf die energetische Sanierung richten. Entsprechend intensiv ist die Debatte über spezifische Maßgaben (etwa »KfW 55«), wobei nicht einmal die Standards für Neubauten dem Anspruch der Klimaneutralität bis 2045 genügen.³ Davon, dass der gesellschaftliche Bedarf an bezahlbarem Wohnraum erfüllt wird, sind wir ebenso weit entfernt wie von einer optimierten Nutzung der Gebäude, um ungebremste Flächenversiegelung und den Anstieg im Ressourcenverbrauch zu stoppen.

Der Handlungsdruck ist heute entsprechend groß. Die Klimakonferenz der Vereinten Nationen COP28 hatte gerade erst begonnen, da entschied das Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg, dass die Klimaschutzpolitik der Bundesregierung in mehreren Punkten rechtswidrig ist. »Der Gebäudesektor verfehlt die gesteckten Minderungsziele von 5,5 Mio. t Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) pro Jahr um mehr als das Doppelte.«⁴ Damit ist es quasi amtlich: Für die Klimaneutralität bis 2045 geht es nicht um

-
- 2 Dass das nicht umsonst zu haben ist, dass die Kosten der ökologischen Transformation sich bis auf Weiteres nicht am Markt amortisieren, darauf hat Ralf Fücks, der ehemalige Direktor der Heinrich-Böll-Stiftung, unlängst deutlich hingewiesen: »Wir sind jetzt in einer Etappe der Klima- und Energiewende, in der sich die Kostenwahrheit nicht länger verdrängen lässt. Vielleicht erreichen wir tatsächlich irgendwann den Punkt, an dem kostengünstige erneuerbare Energien im Überfluss zu Verfügung stehen. Aber bis dahin werden die Kosten noch steigen. Dass Sonne und Wind keine Rechnung schicken ist wohl wahr. Dafür sind die Anschub- und Systemkosten der Energiewende umso höher.« (Fücks 2024) Im Umkehrschluss legt das wiederum nahe, warum bauliche Effizienzvorgaben politisch so opportun sind.
 - 3 Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) – die weltweit größte nationale Förderbank – unterstützt in Deutschland den Kauf oder den Bau von neuen Häusern. Es werden dabei drei verschiedene Effizienzhaus-Standards unterschieden: KfW-Effizienzhaus 40, 40plus und 55. Der Zahlenwert gibt an, wie sich der Energiebedarf der Immobilie im Verhältnis zur gesetzlichen Obergrenze verhält, die durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) definiert wird. Die Kennzahl 40 beispielsweise macht deutlich, dass das Effizienzhaus nur 40 % Primärenergie benötigt, verglichen mit einem Referenzgebäude (nach GEG).
 - 4 So resümiert Alexander Stumm in seinem Editorial zur Bauwelt 26/2023 die Datenlage (Stumm 2023).

kleinteilige Anpassungen in der Baupraxis, sondern es bedarf grundlegender Änderungen.⁵ Allerdings setzt dies wiederum ein Verständnis der größeren Zusammenhänge voraus. Architektur beziehungsweise das Bauen allein wird es nicht richten. Es braucht auch ein regulatorisches Rahmenwerk – und vor allem eine andere Art gesellschaftlich-kultureller Praxis.

Als im September 2022 rund 170 Baufachleute aus Verbänden, Universitäten, Architekturbüros und -zeitschriften einen offenen Brief an das Bundesbauministerium schickten, in dem sie ein sofortiges »Abrissmoratorium« forderten, mag sich mancher gewundert haben, was Menschen, die davon leben, dass gebaut wird, zu solch einer radikalen Forderung animiert haben könnte. Doch nach Jahren interner Debatten und Kongresse zum nachhaltigen Bauen, die lediglich zu politischen Absichtserklärungen führten, ist der Frust unter verantwortungsvollen Planerinnen und Planern deutlich zu spüren. »In Deutschland entstehen jedes Jahr 230 Mio. t Bau- und Abbruchabfälle, was 55 % des gesamten deutschen Abfalls ausmacht«, heißt es in dem Brief, und weiter: »Der Gebäudesektor hat zum zweiten Mal in Folge sein Emissionsminderungsziel verfehlt. Um das Sektorziel 2030 zu erreichen, ist eine jährliche Minderung von THG-Emissionen um 5,5 Mio. t nötig – mehr als das Doppelte als der derzeit erreichte Wert.«⁶

Zusammengefasst lautete der Vorwurf an die Baupolitik und -industrie: Ihr redet viel und tut wenig.⁷

5 In seinem jüngst erschienenen Grundlagenwerk kommt der Historiker Friedrich Lenger gleich eingangs auf den Klimawandel zu sprechen. Dabei interpretiert er den Gemeinplatz von der »einen Welt« so, dass die Menschen in den reichen Ländern nicht nur in ihr, sondern von ihr leben: »Die Verschränkung zwischen der fortgeschrittenen ökonomischen Verflechtung und einer zur planetaren Bedrohung werdenden Naturvernutzung geht mit globalen Asymmetrien einher, die von Kapitalinteressen hervorgerufen werden.« (Lenger 2023).

6 Vgl. www.abrissmoratorium.de (09. Dezember 2024).

7 Das gilt freilich nicht nur für den Gebäudesektor. Jens Beckert, Direktor am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung in Köln, hält die bisher ergriffenen Maßnahmen gegen den Klimawandel insgesamt für inadäquat beziehungsweise unzureichend – am Ende sei alles bloß »Greenwashing«. Statt vorausschauend steuernd einzugreifen, würden zukünftige Kosten und Konsequenzen verdrängt; Wirtschaft wie Politik flüchteten sich in eine »Politik der Erwartungen« und Versprechungen. Dem Markt fehle ein eingebauter Mechanismus, um die ökologischen Schäden zu berücksichtigen, die aus der Nutzung der Natur entstehen. Und fatalerweise ließe sich daran kaum etwas ändern. Denn der wachstumsgetriebene Prozess der »kreativen Zerstörung« sei in das

Zwar zeichnen sich auch im Bausektor die Fehlentwicklungen seit Jahrzehnten ab und die alarmierenden Stimmen apokalyptischer Prognosen und rettender Programme werden lauter; aber mit der Halbwertszeit der anvisierten Ziele korrespondiert häufig, dass keine Verantwortung für Getanes und für Zu-Tuendes übernommen wird und fundamental notwendige, erwartbar unbequeme Änderungen auf den Sankt-Nimmerleins-Tag verschoben werden.⁸ Und zwar sowohl in den um Sicherung ihrer Interessen bemühten Einzelbereichen von Wirtschaft und Wissenschaft wie auch in weiten Teilen der Zivilgesellschaft, die ihr Recht auf individuellen Konsum nicht zur Disposition stellen will.⁹ Beides flankiert von einer mutlosen und lobbygetriebenen Politik der verpassten Chancen für unausweichliche Transformationen – die Warnungen vor den »Grenzen des Wachstums« ignoriert man lieber. Veralterte Verfahren und Produkte werden, zum Teil mit erheblichem Aufwand, einem *Greenwashing* unterzogen. Oder es wird hoffnungsvoll der ingeniose Gegenzauber technischer Innovation als Zukunftsvision beschworen. Eine Art Bewusstseinsanierung tut also not.¹⁰ Dabei geht es nicht nur um einen

moderne kapitalistische System eingebaut – und zwar nahezu unumstößlich. (Vgl. Becker 2024)

- 8 Der Wissenschaftsjournalist Christian Schwägerl misst dem Problem des Vertagens eine sehr grundsätzliche Bedeutung zu: »Das Kurzfristdenken ist tief im Betriebssystem der heutigen Volkswirtschaften verankert. Ökonomen sprechen hierbei von der »Gegenwartspräferenz«. Dieser Doktrin zufolge ist beispielsweise ein Wald, der heute abgeholzt wird, inhärent mehr wert als ein Wald, der in 100 Jahren noch steht. Die Gegenwartspräferenz verzerrt alle Entscheidungen zugunsten der Gegenwart und zu lasten der Zukunft.« (Schwägerl 2012: 46).
- 9 An dieser Stelle kann lediglich darauf hingewiesen werden, dass der in modernen Gesellschaften sakrosankte Begriff des Eigentums ein Haupteinfallstor für die Krisenfaktoren Klimawandel, Artensterben, Ressourcenerschöpfung usw. darstellt. Als autorisierte exklusive Verfügungsgewalt über Dinge hätte sich (nicht nur) unsere Gesellschaft gleichsam in die ökologischen Krisen hineinlegalisiert. (Vgl. Wesche 2023)
- 10 Der Philosoph und Kognitionswissenschaftler Thomas Metzinger meint, es müsse angesichts des vollkommenen Versagens beim Aufhalten der Klimakatastrophe nicht um Ethik oder Moral gehen, sondern um ein neues Denken, ein neues Bewusstsein. Als natürlich entstandene kognitive Systeme führt er in seinem Buch »Bewusstseinskultur« aus, seien wir aufgrund unserer geistigen Architektur gar nicht in der Lage, auf eine Herausforderung wie den Klimawandel angemessen zu reagieren. Metzinger will das Problem gleichsam an der Wurzel packen: Wenn es das »alte Denken« selbst ist, das uns in diese Situation gebracht hat, müsse sich das Denken erneuern. Welche neue Tiefenstruktur unseres Geistes ein solches Denken ermöglichen könne, sei nämlich noch nicht klar. Dazu, fordert Metzinger, müsse die Gesellschaft sich zunächst fragen, wie

klimaneutralen Gebäudebestand in Deutschland bis zum Jahr 2045, sondern um eine andere Auffassung zur Rolle der Architektur. Das soll im Folgenden anhand von fünf – auf vielfältige Weise interagierenden – Stichworten umrissen werden.

Bestand

Vor 100 Jahren deklarierte Marcel Duchamp einen Flaschentrockner zum Kunstwerk – ohne ihn zu verändern. In Bezug auf die Kunst mag sie heute ein Manierismus sein, doch diese Liebe zum *Objet trouvé* ist in gesellschaftlicher Hinsicht eine einschlägige Idee. Nur bei der Gestaltung der Umwelt steht sie nicht sehr hoch im Kurs. Was auf den ersten Blick wie eine Petitesse aussieht, hat freilich weitreichende Konsequenzen. Um den niederländischen Vordenker Aldo van Eyck zu paraphrasieren: Architekten ritten immer auf dem herum, was unsere Zeit von anderen unterscheidet, und das in einem solchen Maße, dass sie die Verbindung mit dem, was sich nicht unterscheidet, völlig verloren hätten.

Mittlerweile ist die Haltung gegenüber dem Vorhandenen, der Umgang mit dem Bestand so etwas wie die Gretchenfrage der Architektur geworden. Sie wird aber nicht offen gestellt, weil Antworten herausfordernd sind und als unangenehm empfunden werden. Denn der Wohlstand in der westlichen Welt beruht auf einer Wachstumslogik, die immer deutlicher an Grenzen stößt beziehungsweise diese seit Langem überschritten hat. Sich von alten Gewohnheiten und Annehmlichkeiten zu verabschieden ist persönlich und gesellschaftlich extrem mühsam. Abriss und Neubau ist schlichtweg deutlich einfacher, als die Auseinandersetzung mit Bestand – man kann den alten Kram abräumen und dann mehr oder weniger exakt nach aktuellen Bedürfnissen planen. Solange dieses Vorgehen aufgrund von Normen, Genehmigungsverfahren und Subventionierungen auch noch finanziell günstiger ist als der Umgang mit dem, was baulich schon da ist, sind dessen Vorteile einfach

eine systematische Kultivierung wertvoller Bewusstseinszustände für ein solches neues Denken aussehen würde. Davon seien wir allerdings weit entfernt. Die Trägheit unserer Gesellschaft und ihrer Institutionen wie der Wissenschaft, klagt Metzinger, entspreche auch die Trägheit unseres Denkens. Dessen Beharrungsvermögen stehe aber in einem krassen Gegensatz zum Tempo, das die Klimakatastrophe aufnehmen (Siehe Metzinger 2023).

schwer zu vermitteln. Ganz zu schweigen von einer Konsumkultur, in der die Ästhetik und damit der Wert von »Gebrauchtem« bisher nur in bestimmten Nischen eine Rolle spielt.

Ohnehin scheint die Neigung, immer wieder von vorn anzufangen, unstillbar. Der architektonische Idealzustand ist stets eine *Tabula rasa*: ein Neuanfang gleichsam im freien Feld, bei dem alles – baulich, technisch und gesellschaftlich – »besser« gemacht werden kann. Der Bestand, das heißt die vorhandene, zumeist wenig spektakuläre Stadt-, Siedlungs- und Baustruktur, hingegen gilt und galt immer als Stiefkind. Die dominante Logik des »on jette, en remplace« (franz.: »man wirft es fort, man ersetzt es«) hat etwa der Architekt Wolfgang Döring vor einem halben Jahrhundert sehr offen und radikal formuliert: »Bei Automobilen rechnet man mit einer Amortisationszeit von vier Jahren – und bei Häusern von 50 Jahren. Und Häuser sind damit selbstverständlich die technologisch rückständigsten Industrieprodukte. Es ist also in der Konsequenz dringend notwendig, das Produkt ›Haus‹ in seiner Lebenszeit drastisch zu verkürzen, um seinen Amortisationszeitraum herabzusetzen, um es damit für Forschung und Entwicklung attraktiv machen zu können und auf diese Weise dann zu entscheidenden Verbilligungen zu gelangen.« (Döring 1973)

Vielleicht würde das heute kaum noch jemand so offen sagen. Aber in den Hinterköpfen hat sich eine solche Haltung wohl festgesetzt. Viele Architektur- und Bauentscheidungen hängen offenkundig nicht von Sinnfälligkeit, Vernunft und langfristiger Wirtschaftlichkeit ab, sondern von Moden, Zeitgeschmack und – noch immer – von Fortschrittshoffnungen. Oder, wenn man es grundsätzlich ausdrücken will: Aus der Warte fortlaufender technologischer Innovation heraus werden Chancen eines prognostizierten Systemwechsels im Bauwesen überschätzt. Und zugleich werden Qualitäten und Anpassungsmöglichkeiten des Bestands signifikant unterbewertet.

Angesichts dessen ist es dringend geboten, eine neue bestandsorientierte Auffassung von Architektur zu entwickeln: um die Messlatte richtig zu justieren. Es ist ja immer noch so, dass das neue Museum in der Baulücke, das Institutsgelände auf der citynahen Brache oder das Stadterweiterungsprojekt auf der grünen Wiese als die Königsklasse der Baukunst gehandelt werden. *Signature Buildings* und hyperindividuelle Architektur: an den Universitäten so gelehrt, überdies mit medialer Aufmerksamkeit belohnt. Das wäre dringend zu revidieren. Zumal Architektur stets in einer Art multiplem Verhältnis zur Geschichte steht: zu der eines Ortes, eines Ereignisses – und nicht zuletzt zur eigenen, die für jedes Bauwerk schon in jenem Moment anbrechen kann, in

dem es erdacht wird, die spätestens aber dann beginnt, wenn es fertiggestellt ist.¹¹

Einer, der immer wieder das Banal-Vorhandene in den Mittelpunkt seines kreativen Schaffens rückt, ist der Architekt Arno Brandlhuber. Das Arbeiten mit dem Bestand gilt ihm schlicht als eine Selbstverständlichkeit. Denn »es ist überall schon etwas da«, wie er bekundet. Als er vor einigen Jahren in einer Baulücke der Berliner Brunnenstraße sein von der Kritik gefeiertes Haus errichtete, war schon ein halb fertiges, seit über einem Jahrzehnt verrottendes Kellergeschoss da, das ein gescheiterter Investor hinterlassen hatte. Brandlhuber bezog die Investruine in den Neubau ein, nahm damit einige Vorgaben in Kauf, gewann allerdings zugleich Gestaltungsspielräume – und reduzierte die Baukosten. Welche Lehren lassen sich daraus ziehen? Vielleicht, dass die Fähigkeit, sich in den Bestand hineinzusetzen, auf Dauer mehr zählt, als ihm Neues entgegenzusetzen. Es geht nicht darum, ohne Bedacht auf die Mittel größer, besser und schneller zu gestalten, sondern darum, nach anderen Bedeutungen zu suchen.

Verstünde man den Begriff der Reform in seiner ursprünglichen Bedeutung, würde deutlich, worin das Problem liegt: Reformieren hat einmal geheißen, etwas in seine ursprüngliche Funktion bringen, sich auf das Wesentliche besinnen, ein nicht mehr funktionierendes System verbessern. Was wir heute unter Reform kennen, ist meist weder Wiederherstellung noch Verbesserung, sondern die Veränderung um der Veränderung und Beschäftigung willen. Ein bemerkenswertes Zeichen gegen eine solche Reformsimulation setzte das Büro von Anne Lacaton und Jean-Philippe Vassal. Vor etwa 30 Jahren hatte sich die Stadt Bordeaux die Aufwertung und Neugestaltung einer Reihe von Plätzen vorgenommen. Das war auch das erste Projekt der mittlerweile berühmten Architekten. Sie wurden gefragt nach Ideen zur Verschönerung des Place Léon Aucoc, einem Platz im Arbeiterbezirk der Stadt. Die Architekten verbrachten zunächst einmal viel Zeit dort. Und während sie sich in die Situation selbst hineinbegaben, merkten sie, dass der Platz baulich bereits alles

11 Aktuell hat in der nordbelgischen Region Flandern eine Art Umbauzeitalter begonnen: Klöster werden als Kindergärten wiederbelebt, Kapellen werden zu Privathäusern und ein altes Gefängnis erhält ein zweites Leben als juristische Fakultät. Viele Architektinnen und Architekten haben eine selbstverständliche Akzeptanz entwickelt, wenn es um die Arbeit mit dem Gebäudebestand geht. Und sie reizen viele Möglichkeiten zum Umbau, Anbau, Weiterbau und zur Wiederverwendung von Elementen oder Materialien aus. (Vgl. Hofmeister/Heilmeyer 2024)

hatte, was man brauchte. Physische Veränderungen erschienen ihnen deshalb nicht angebracht. Stattdessen veranlassten sie ein Regelwerk simpler Instandhaltungsarbeiten, die vernachlässigt worden waren, gerade weil der Platz vorher baulich nicht als »schön« interpretiert wurde. So drehten sie die Situation um: In ihrem Verweis auf die performative Umgangsweise mit dem Platz verbesserten sie dessen Nutzbarkeit, dasjenige, was mit dem Platz gemacht wird, wie er gebraucht wird.

Ganz dezidiert sind Lacaton/Vassal der Auffassung, dass auch bei Gebäuden, denen kaum jemand eine Träne nachweinen würde, die Option Erhalt geprüft werden muss. Ihr Pariser Architekturbüro liefert seit vielen Jahren Lehrstunden, wie aus sozialen Brennpunkten mit schäbigen Hochhäusern Vorzeigeneachbarschaften mit begehrten Wohnungen werden. Mit lichten Fassaden aus Wintergärten und dezenten Eingriffen in die Grundrisse und die Substanz verwandeln sie Schreckenssymbole des anonymen Wohnens in helle, luftige Residenzen. Beispiele, die mit überschaubaren Kosten und spürbarem sozialem Effekt Verbesserungen im Bestand zeigen. Ähnliche Strategien verfolgt das Kollektiv *Assemble*; bekannt wurde es mit dem Umbau einer Tankstelle zu einem Theater. In Liverpool bauten die Architekten eine dem Abriss geweihte Zeile von verfallenden Arbeiterhäusern so um, dass dort einer der schönsten neuen »Community Rooms« entstand: Viele Häuser wurden mit flexibleren Grundrissen renoviert, eines der alten Häuser wurde komplett entkernt, bis es wie eine große Halle wirkte, und mit einem Glasdach überbaut, unter dem sich nun eine Art Dschungel befindet, in dem man Tische aufstellen und witterungsunabhängig gemeinsam im Grünen feiern kann. Die Liverpooler Regentage verlieren so ihren Schrecken, die Einwohner haben das, was hier immer fehlte – einen öffentlichen Gemeinschaftsort.

Insofern ist auch das Nichtbauen als eine Option zu begreifen, wenn man nach räumlichen Lösungen sucht. In einem neu zu definierenden Bilanzrahmen müsste der Gebäudebestand als Wert verstanden werden: denn jeder Bau, der schon existiert, bringt den Primärenergieinhalt seiner Baustoffe und Bauprozesse – und das damit verbundene Kapital von Umweltbelastungen – ja schon mit. Mit anderen Worten: Je länger wir erhalten, auf einen umso längeren Zeitraum von Nutzungsjahren verteilt sich diese Belastung. Für die Architektur verbietet sich damit keineswegs weitere technische Innovation, aber sie setzt eben auf ein Prüfen der Möglichkeiten, Aufwand zu vermeiden, was wiederum impliziert, auf einen Neubau auch mal zu verzichten. Doch die ökonomischen Rahmenbedingungen sind immer noch so, dass sich Abriss und

Neubau (vermeintlich) lohnen.¹² Eine zukunftsgerichtete Vermittlung des Bestands muss also beides leisten: dessen kulturellen, sozialen und ökologischen Wert aufzeigen und zugleich verdeutlichen, dass Erhalt beziehungsweise behutsame Weiterentwicklung auch ökonomisch die bessere Strategie ist. Dies kann nur gelingen, wenn unterschiedliche Akteure gemeinsam vermitteln.

Zu diskutieren ist, welche Ansprüche eine Gesellschaft mit der Nutzung von Bauten verbindet. Insofern erweist sie sich als ein kulturelles Produkt, eine fortwährende Abstimmung darüber, welche Anforderungen und welche Anpassungen für ein Gebäude, für einen Raum als erforderlich und als hinnehmbar betrachtet werden. Der Zusammenhang zwischen der Lebenserwartung und der Produktionsweise von Architektur ist darin – wenngleich in verdeckter Form – gegenwärtig.

Longue durée

Gebäude sind Langfristprodukte. Die Generation ihrer Erbauer rechnet in der Regel damit, dass ihre Lebensspanne kleiner sein wird als jene der Bauwerke. Allerdings hat man in den Zeiten des Wirtschaftsbooms der 1950er- bis 70er-Jahre und unter Rückgriff auf die von der klassischen Moderne vorgedachten Positionen – der Übertragung der Prinzipien der Serienproduktion von den Industrieprodukten auf das Bauwesen – das Haus als Objekt langer Lebensdauer gewissermaßen schon aufgegeben. Die Tatsache, dass zu Beginn des 21. Jahrhunderts unsere Bauten noch immer eine durchschnittliche Lebensdauer von 80 bis 100 Jahren besitzen, entspricht wahrscheinlich einem zähen, unbewusst kollektivem Festhalten an traditionellen Denkweisen gegen die Theoriebildung der Zeit.¹³

12 Die Rechtssysteme sind jedoch noch ganz auf den Neubau ausgerichtet. Mit einem linearen Aufbau der Leistungsphasen und Honorarsätzen, die vorrangig von Baukosten abhängig sind, bevorzugt beispielsweise die HOAI noch immer den Neubau gegenüber Projekten der Bestandsentwicklung oder reduzierten, sparsamen Lösungen im Bau.

13 »Diejenigen Lösungen, die Jahrhunderte und Jahrtausende fortbestanden haben, sind derart gut, dass sie kaum verbessert werden können«, konstatiert der Stadt- und Architekturhistoriker V. M. Lampugnani. »Die Grundlösungen, die der Auslese des historischen Darwinismus widerstanden haben, sind nicht nur unter dem Gesichtspunkt des Handwerks des Entwurfs im engeren Sinn die besten, weil sie leicht umzusetzen, weil sie widerstandsfähig sind und gut funktionieren. Sie sind auch die vertrautesten

Baupolitik hat daher mit zwei merkwürdig kontroversen Phänomenen zu rechnen: einerseits dem Fortwirken traditioneller Leitbilder (zum Beispiel dem Ideal generationsübergreifenden Wirtschaftens) und andererseits dem Umstand, dass viele Bauentscheidungen nicht von Sinnfälligkeit, Vernunft und langfristiger Wirtschaftlichkeit abhängen, sondern von Moden, Zeitgeschmack – und immer noch von Fortschrittshoffnungen.¹⁴

Dabei sind die Auswirkungen einer Baupolitik, die sich konsequent von der Bestandserhaltung entfernte und auf den Ersatz durch Neubau zielte, in der untergegangenen DDR zu beobachten. Wertvolle und reparaturfähige Altbaubestände waren nach 40 Jahren teilweise unrettbar zerstört, aber eben auch viele der nicht sachgerecht und dauerhaft erstellten »Ersatzneubauten« weisen heute schwer zu beseitigende Schäden auf – eine ökonomisch und ökologisch schwerwiegende Hypothek. Die großen Herausforderungen liegen heute ohnedies nicht mehr in der vergleichsweise einfachen Sanierung der älteren, »gutmütigen« Bestände (etwa aus der Gründerzeit), sondern in der Reparatur und Ertüchtigung der großen Baumassen der Nachkriegszeit (vgl. unter anderem Hajek (2024)). Mit der Auswertung der Umweltbelastungen, bezogen auf die jeweiligen Altersklassen des Gebäudebestands und mit der Aufteilung in Wohn- und Nichtwohnbau, ist ja erkennbar, dass nicht die Vorkriegsbaubestände besonders auffällig sind, sondern vor allem der Bestand der Nachkriegszeit.

Es wirkt, als sei der Trend zum Wegwerfprodukt dem Bauwesen inhärent. Trotz der systembedingt langen Verweildauer der Materialien im Baubestand werden gegenwärtig die Zeitkonstanten der Lebenserwartung von Bauten und Anlagen tendenziell ständig kürzer. Immer mehr Bestände, selbst schon der

und daher die verständlichsten, und zwar, weil sie ununterbrochen wiederholt worden sind.« (Vittorio Magnago Lampugnani 1995).

14 Der Philosoph Odo Marquard führt in diesem Zusammenhang aus: »Je mehr – durch die Modernisierungspotenzen der Neuzeit: Wissenschaft, Technik, Wirtschaft, sozialer Wandel – aus Innovation Innovationsüberlastung wird, braucht es eine eigene und sozusagen zweite Anstrengung, um – nun nicht mehr als Renaissance, sondern immer stärker als Kompensation – die nötige Kontinuitätskultur zu leisten. [...] Darum wird gegenwärtig zwar mehr weggeworfen als je zuvor, aber es wird gegenwärtig auch mehr respektvoll aufbewahrt als je zuvor: das Zeitalter der Entsorgungsdeponien ist zugleich das Zeitalter der Verehrungsdeponien, der Museen, der konservatorischen Maßnahmen, der Hermeneutik als Altbausanierung im Reiche des Geistes, der Bewahrungskultur des historischen Sinns, der Erinnerung.« (Marquard 1994).

Nachkriegszeit, werden aufgegeben und ersetzt, nicht nur aufgrund unglücklicher konstruktiver Entscheidungen, Schadstoffbelastungen und hoher »Sanierungskosten«, sondern auch aufgrund neuer Architekturmoden und veränderter Wünsche nach Komfort und luxuriöser Ausstattung.

Allerdings: Im Bauwesen sind begründete Abwägungen für eine Politik langer Fristen und nachhaltiger Entwicklung nur möglich mit einer sehr gründlichen Kenntnis des sehr komplexen Gebäudebestands und der Dynamik seiner Entwicklung.¹⁵ Bewertungen einzelner Objekte und ihrer Perspektiven sind nur sinnvoll im Bezugsrahmen des Baubestands: Dieser Referenzrahmen erlaubt es, Nutzen und Gefahren neuer Projekte abzuwägen im Hinblick auf eine wünschenswerte Gesamtentwicklung. Wie erschreckend lückenhaft und inkonsistent allerdings die vorhandenen Daten zum Gesamtbestand bisher sind, ist – gelinde gesagt – überraschend. Durch die föderale Struktur und die teilweise sehr unterschiedlichen Erfassungstraditionen (auch zwischen Ost und West) besitzen die statistischen Landes- und Bundesämter keine konsistenten Daten zum Alter, zur Nutzung und zur Größe des vorhandenen Gebäudebestands.

Dessen ungeachtet: Nicht der kurzfristige Effekt oder der schnelle (Amortisations-)Zyklus sollten der Maßstab sein, vielmehr sollte die Langfristigkeit als Leitbild formuliert werden. Eine Politik der langen Fristen würde konsequenterweise die Verknüpfung einer sehr eingeschränkten und intelligenten Neubaupolitik mit einem klugen Bestandsmanagement fordern. Nur knapp über 1 % des vorhandenen Gebäudebestands entsteht jährlich neu.¹⁶ Von dem Baubestand, der im Jahr 2045 genutzt werden kann, existieren gegenwärtig also schon rund 80 %. Jede Politik eines umfassenden Stoffstrom- und Energiemanagements wird ihre entscheidenden Einflussgrößen daher in einem intelligenten Management des Bestands suchen. Die Optimierung von Neubaustراتيجien wird nicht ausreichend sein als Grundlage eines verantwortlichen Wirtschaftens – auch deshalb, weil wir mit Neubau- und Ersatzstrategien eben nur immer einen verschwindend kleinen Teilbereich beeinflussen können.

15 Vgl. dazu etwa das Forschungsprojekt »Zukunftssicheres Bauen« des Österreichischen Forschungsinstituts für Chemie und Technik sowie des Instituts für Hochbau und Technologie der Technischen Universität Wien. https://nachhaltigwirtschaften.at/resource/s/hdz_pdf/zukunftssicheres_bauen_04_projektteil_wohngebaeudezustand.pdf (Zugriff am 11. März 2024).

16 Es handelt sich hierbei um einen Schätzwert, wobei man einräumen muss, dass valide Statistiken in Deutschland hierzu, aber auch in anderen Bereichen des Bauwesens, nicht vorliegen.

In einem – unter dem Aspekt der angestrebten Treibhausgasneutralität – neu zu definierenden Bilanzrahmen müsste der Gebäudebestand als Wert verstanden und auch die »ökonomische Effizienz« der »Nichtbaulösungen« diskutiert werden: Je länger wir erhalten, auf einen umso längeren Zeitraum von Nutzungsjahren verteilt sich diese Belastung. Von Nahem betrachtet adressiert diese grundsätzliche Aussage auch ganz spezifisch das Metier der Architektur: Als produktionstechnisches, aber auch als ästhetisches Leitbild suggerieren Perfektion und Präzision des Maschinenproduktes über ein bloßes Funktionieren hinaus den Zwang zum makellosen Neuigkeitswert, der jeden material-, nutzungs- oder witterungsbedingten Alterungsprozess als Beeinträchtigungen empfinden lässt. »Neuheit«, nicht »Erneuerung« ist der Inbegriff der Konsumkultur. Ein Altern mit Würde, so diagnostizierte der Architekturkritiker Wolfgang Pehnt bereits Ende der 1970er-Jahre, sei für Schöpfungen moderner Bauproduktion nicht mehr möglich.

Notwendig ist der Paradigmenwechsel zurück zum Ideal der Langfristigkeit nicht nur im Gebrauchsgüterbereich und in der Ästhetik, sondern aus einem ganzheitlich-kulturellen Anspruch. Für das Bauwesen hieße das durchaus weitere technische Innovation, aber eben auch ein Prüfen der Möglichkeiten, Aufwand zu vermeiden. Vielleicht bedeutet dieser Paradigmenwechsel, dass wir das kulturelle und materielle Kapital der gebauten Geschichte als nicht reproduzierbare Ressource neu verstehen lernen und dass es gelingt, die ökonomische und ökologische Vernunft einer möglichst lang anhaltenden Nutzung des bereits Vorhandenen ernsthaft in praktisches Handeln umzusetzen.¹⁷

Suffizienz

Vor etwa 50 Jahren erschien ein Buch, das schnell zum Bestseller avancierte: *Small is Beautiful*. Darin kritisiert der Wirtschaftswissenschaftler Ernst Friedrich Schumacher die Vergötterung des Gigantismus und entwirft das Modell der *Buddhist economics*. Unendliches Wachstum mit endlichen Ressourcen, das

17 Umbau ist das Gebot der Zeit. Ob dies tatsächlich eine radikale Neuausrichtung des gesamten Bauwesens bedeutet, sei dahingestellt. Sollte man doch wissen, dass vieles weit weniger radikal und neu ist, als man gemeinhin denkt. Fast alles wurde bereits früher gedacht oder getan, wenn auch (selbstverständlich) unter anderen historischen Bedingungen. (Vgl. Jäger/Gutschow/Zippel 2024)

könne auf Dauer nicht funktionieren, schreibt Schumacher. Stattdessen plädiert er für eine Philosophie der Genügsamkeit; Konsum sei kein Selbstzweck, echter Wohlstand nicht am Kontostand ablesbar.

Nun verhält es sich jedoch so, dass wohl die wenigsten Menschen freiwilligen Verzicht üben. Auch in der Vergangenheit sind bescheidene Lebensweisen zumeist durch die Umstände, das heißt durch die Knappheit der Güter, erzwungen worden. Mehr noch: Es wird nachvollziehbarerweise als Zumutung empfunden, freiwillig auf Konsumchancen zu verzichten, die endlich für viele leistbar geworden sind, etwa Billigflüge in die weite Welt, komfortable Autos, schöne innovative Kommunikationselektronik, Markenjeans usw. Erschwerend hinzu kommt: Vieles an Freizeitmöglichkeiten und sozialen Beziehungen ist heute nur mehr konsumbasiert möglich. Um Freunde zu besuchen, benötigt man ein Auto, zum gemütlichen Zusammensetzen geht man in die Pizzeria, Sport braucht entsprechende Bekleidung, Geräte und Eintrittskosten. Gerade hier zeigt sich eines: Das, was Milton Keynes relative Bedürfnisse nannte, die nicht unmittelbar befriedigt werden müssen (im Gegensatz zu den absoluten Bedürfnissen, also existenziellen), ist nicht fix. Im Lauf der Zeit gerinnen relative zu absoluten Bedürfnissen. Mit anderen Worten, das *standard package* wird im Lauf der Zeit umfangreicher und tiefer.

Obgleich – oder gerade weil – offenbleibt, wie sich die Tugend der Genügsamkeit und der Wunsch nach qualitativen Wachstum zueinander verhalten, spielt der Begriff »Suffizienz«¹⁸ in den aktuellen Debatten des Bauens eine wichtige Rolle. Während Effizienz in der Regel auf neue Technologien zielt, meint Suffizienz eher ein Umdenken. Das ist gesellschaftlich ungleich schwerer zu haben. Punktuell gibt es zwar Ansätze einer neuen Genügsamkeit, etwa den mitunter als hippen Trend ausgerufenen »Cult of Less« (Kult des Weniger), aber tiefgreifend und umwälzend ist diese Entwicklung nicht. Eher erinnert sie – Stichwort: *Tiny-house*-Bewegung – an die alternativen Autarkie- und Selbstmach-Modelle der Hippies der 1970er-Jahre.

Zu jener Zeit adressierte der *Club of Rome* mit seinen »Grenzen des Wachstums« bereits die Notwendigkeit, einige Weichen neu zu stellen. Beginnen könnte man beispielsweise damit, die Menschen von ihrer Rolle als passive

18 Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat im März 2024 zu diesem Thema ein breit angelegtes Diskussionspapier vorgelegt: »Suffizienz als ›Strategie des Genug‹: Eine Einladung zur Diskussion«. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2024_03_Suffizienz.pdf?__blob=publicationFile&v=13. (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2024).

Konsumenten zu emanzipieren und selbst zu verantwortlichen Akteuren und Produzenten zu machen. Freilich steht man dabei vor drei schier unüberwindlichen Barrieren:

- 1) Die Naturnutzung ist nach wie vor viel zu billig; es fehlt an Preiswahrheit. Es mag zwar sein, dass *Peak Oil* die fossilen Energien absehbar verteuert, aber es bleibt fraglich, ob dies ausreicht.
- 2) Die Lasten der Ressourcennutzung entstehen an anderer Stelle als am »Tatort« oder zu anderer Zeit als zur »Tatzeit«; die Zusammenhänge entziehen sich mithin der sinnlichen Erfahrung.
- 3) Zwischen dem Wissen um Gefährdung und der Bereitschaft zur Verhaltensänderung besteht weiterhin eine große Diskrepanz. Jeder Verbraucher spielt (s-)eine Rolle bei der Inanspruchnahme der Umwelt, mag sich ihrer indes nicht recht bewusst werden. Hinzu kommt der Rebound-Effekt: Der ökologische Effizienzgewinn wird durch Mengenwachstum überkompensiert. Mehr sparsame Autos verbrauchen mehr Benzin als wenige Spritschlucker. Und auch in der Politik fehlt es – systemimmanent – an Unterstützung; entsprechende Mehrheiten hängen, dem Opportunitätsprinzip folgend, stets dem Glauben an weiteres (Wirtschafts-)Wachstum an.¹⁹ Dass die Nachfrage das Angebot bestimmt, ist eine eherne Weisheit der Marktwirtschaft. Und sie scheint auch in Fleisch und Blut übergegangen zu sein – so als sei die Nachfrage etwas Festgelegtes, nicht wiederum das Ergebnis von Wünschen, also Bedürfnissen, die erneut und immer wieder neu erzeugt werden (können).

19 Damit korrespondiert häufig eine Vorstellung von Technik, die 2004 von Meadows et al. beschrieben wurde: Sie »funktioniert automatisch, ohne Verzögerung, ohne Kosten, frei von Grenzen und produziert nur das erwünschte Ergebnis«. Sie erläuterten auch, warum eine solche Vorstellung naiv ist: »In der ›realen Welt‹ finden sich jedoch keine Techniken mit diesen wunderbaren Eigenschaften. Die Techniken, mit denen wir zu tun haben, sind höchst spezifisch auf bestimmte Probleme ausgerichtet; sie kosten Geld und ihre Entwicklung braucht viel Zeit. [...] Das nötige Kapital, Arbeitskräfte für Produktion, Verkauf und Dienstleistungen, Marketing- und Finanzierungsmechanismen müssen bereitgestellt werden, bevor man die Techniken in größerem Umfang anwenden kann. Oft kommt es dabei zu nicht vorhersehbaren negativen Nebeneffekten, die sich erst später bemerkbar machen. Und die besten Techniken werden von denen gehütet, die das Patent darauf haben; hohe Preise und restriktive Lieferverträge behindern oft die breite Nutzung.« (Meadows et al. 2022).

Mittelbar kommt in diesem Zusammenhang auch dem Begriff Reparatur eine eminente Rolle zu. Nicht zu Unrecht ist er als »Renitenz gegen den Verbrauch« gelesen worden. Das West-Berlin der 1970er- und 80er-Jahre bietet dafür ein schönes Beispiel – mit dem Konzept der Stadtreparatur. Abriss und Wohnungsnot führten seinerzeit zu massiven Protesten, die 1977 den Wettbewerb »Strategien für Kreuzberg« und ab 1979 die illegale »Instand(-be-)setzung« zahlreicher leerstehender Häuser im Ortsteil zur Folge hatten. Dies war ein zentraler Ausgangspunkt für die Internationale Bauausstellung 1984–87, zumindest für die IBA-Altbau. Zu deren wesentlichen Anliegen zählen die Erhaltung, Stabilisierung und Weiterentwicklung der vorhandenen sozialen und funktionalen Strukturen der Stadt sowie die Durchsetzung von Prozessen wie Selbsthilfe- und Mietermodernisierung. Auf die so suggestive wie programmatische Formel von der »Rettung der kaputten Stadt« gebracht, sind hier die Fundamente für einen Inkrementalismus gelegt worden, der in sinnigen und umsetzbaren Einzelschritten auf sukzessive Verbesserung der Gesamtsituation setzt.

Ein anderes Exempel: Der Hype um das *Urban Gardening* mag übertrieben erscheinen – tatsächlich stellt die Kleingärtnerei ja eher ein gehobenes Hobby denn einen revolutionären antikapitalistischen Akt dar –, aber die innerstädtische Selbstversorgung ist gleichwohl ein Ansatz, Rohstoffkrise und ökologischen Kollaps zu verzögern. Wie auch immer: Positiven Beispielen kommt eine eminente Rolle zu – und staatliche oder kommunale Initiativen können durchaus helfen, Glaubwürdigkeit herzustellen und eine Mobilisierungsgrundlage zu liefern. Die Stadt Zürich hat es demonstriert: Ihre Bürger votierten Ende 2008 bei einer Volksabstimmung mehrheitlich für die »2.000-Watt-Gesellschaft«. Dabei handelt es sich um ein energiepolitisches Modell, demzufolge der Energiebedarf eines jeden Bewohners einer durchschnittlichen Leistung von 2.000 Watt entsprechen darf. Wie ambitioniert dieses Ziel ist, das man bis 2050 erreicht haben will, zeigt sich im Vergleich: Die Schweiz weist aktuell einen mehr als 2,5-fach höheren Verbrauch aus.

Nicht nur angesichts der CO₂-Problematik ist eine ressourcenschonende Verhaltensweise beim Planen-Bauen-Wohnen unbedingt geboten. »Die Herausforderung besteht also darin, die Diskussion über das Klimaengagement in der Architektur weg von der Effizienz zu verlagern und darüber nachzudenken, wie Gebäude Teil eines umfassenderen Wandels im Nachfragemanagement sein können. Wie können wir uns eine Welt wünschen, in der unsere Bedürfnisse befriedigt und unsere Hoffnungen durch neuartige kohlenstoffarme Wege verwirklicht werden können? [...] Das Entwerfen kann sich darauf

konzentrieren, die Möglichkeit eines komfortablen Lebens mit weniger Kohlenstoffemissionen als wünschenswert darzustellen – durch Designmethoden selbst, aber auch durch die Kultivierung neuer Lebensweisen, anderer Arten der Nutzung von Gebäuden und Räumen mit einem Bewusstsein für die von ihnen produzierten Externalitäten.« (Barber 2024)

Beispielsweise müssen wir künftig mit weniger Fläche auskommen. Das bedeutet jedoch, dass diese Flächen mehr leisten müssen, damit sie unserer Lebensvorstellung weiterhin entsprechen. Mit anderen Worten: Das kleine Apartment muss dermaßen gut sein, dass sich kein Gefühl des Verzichtens-Müssens einstellt.

Vereinfachung

Wenn Nutzer und Nutzerinnen ihr Verhalten nicht anpassen, lässt sich auch mit der raffiniertesten Haustechnik weder der Energieverbrauch noch der Treibhausgasausstoß eines Gebäudes senken. Obwohl die Bauindustrie etwas anderes glauben machen will, ist dies schon lange bekannt. Gerade in der Gebäudeausrüstung hat vieles eine Komplexität erlangt, die nur noch schwer zu verstehen und noch weniger zu steuern ist. Florian Nagler etwa hat sich seit einigen Jahren mit diesem Thema intensiv auseinandergesetzt. Er will den technischen Fortschritt nicht verteufeln, ist offen für jede Innovation, aber sieht deutliche Grenzen dort, wo ein Zugewinn in keinem Verhältnis zum Aufwand steht und mit einer Überforderung einhergeht. Auf einem ehemaligen Kasernengelände in Bad Aibling hat Naglers Münchner Büro drei Forschungshäuser errichtet, die sich in der Form zum Verwechseln ähnlich sehen. Nur das Material ist anders: Eines wurde aus Holz, eines aus Beton und eines aus Ziegeln errichtet. Ziel des ungewöhnlichen Projekts ist die Gewinnung von wissenschaftlichen Daten, die verschiedene Parameter des Bauens vergleichbar machen können. Zudem funktioniert jeder Bau aber auch als Wohnhaus mit je acht Wohnungen. Zielvorgabe war, die konstruktive Komplexität der Häuser so weit wie möglich zu reduzieren. Immer stärker gedämmte, hermetisch geschlossene Häuser, deren Innenräume dann technisch aufwendig belüftet werden müssen, sind für Nagler ein Irrweg. Als vorbildliche Gegenposition hierzu nennt der Architekt den Bürobau 2226 der Kollegen von baumschlagler eberle architekten in Lustenau. Es geht also um einfache technische Ausstattung. Deshalb wurden in Bad Aibling zum Beispiel simple statische Heizkörper und Fensterfalzlüfter für den Mindestluftwechsel

verwendet. Laut Nagler hat jedes der Versuchshäuser »über eine Lebensdauer von 100 Jahren eine bessere graue Energiebilanz als ein konventionell gebautes Haus oder ein Niedrigenergiegebäude, auch wenn wir mit unseren Häusern die aktuellen Anforderungen der EnEV nur knapp einhalten und nicht übererfüllen«. (Aicher 2021)

Schaut man zurück, dann wird deutlich, dass das Bauwesen sich heute in Überspezialisierung zu verlieren droht. In der vorindustriellen Zeit war Bauen zwangsläufig klimagerecht, wie die regional unterschiedlichen Bauweisen zeigen. Ein Gebäude in Griechenland war anders strukturiert als eines in Skandinavien. In den Bergen baut man anders als am Meer. Geometrie, Farbgebung, Fensterflächen, Dachformen, aber auch Grundrissgestaltung waren an die herrschenden Klimabedingungen so weit wie möglich angepasst, dass mit möglichst geringem Energieeinsatz ein möglichst hoher Komfort für die Gebäudenutzer erwuchs. Nun soll hier weder einem romantisierenden Traditionsverständnis das Wort geredet, noch der Eindruck erweckt werden, dass dies unmittelbar übertragbar wäre. Was man freilich zur Kenntnis nehmen sollte, ist, dass wir die größeren Zusammenhänge mehr und mehr vernachlässigen, indem wir vor allem einzelne Aspekte optimieren. So haben etwa die Fortschritte in der Klimatechnik dazu geführt, dass Gebäude jedweder Architektur in jeder Region dieser Erde unabhängig vom Außenklima gebaut werden konnten. Der Architekt entwarf, anschließend installierte der Haustechniker so viel Technik, wie benötigt wurde, um ein angeblich angenehmes Klima im Inneren zu schaffen – koste es, was es wolle. Das aber ist entschieden der falsche Weg. Nachhaltigkeit ist nicht etwas, das man bloß an Spezialisten delegieren oder als Aufgabe von einzelnen Fachingenieuren begreifen darf.

Ohne moderne Technik musste die Architektur aus sich selbst heraus diese Probleme lösen. Über Generationen hinweg und mit viel Trial-and-Error wurde die Bauweise schlicht aus der Not äußerst energieeffizient und klimagerecht. Den Bauten gelang das allein durch architektonische Mittel, etwa durch kluge Grundrisse, intelligente Gebäudekonzepte oder die Wahl von bestimmten Materialien. In die heutige Zeit übersetzt bedeutet das, beim Bauen von immer ausgefeilteren technischen Lösungen Abstand zu nehmen. Die Überzeugung, dass die Apparaturen schon richten werden, was das Gebäude selbst nicht leistet, führt in die Irre.²⁰ Wenn die (vor-)schnelle Antwort lautet: Mehr

20 Unter dem Schlagwort *Lowtech* wird dieses Thema in jüngster Zeit breit diskutiert. Vgl. etwa Haselsteiner/Bodvay/Gosztanyi, et al. 2017 oder siehe auch Tersluisen 2019.

Wärmepumpen, mehr Dämmung, mehr mechanische Belüftung – , dann wird nicht tief und ernsthaft genug darüber nachgedacht, was eine andere Konzeption der Häuser selbst erbringen kann.

Wer den Anspruch erhebt, der Umwelt und ihren Ressourcen angepasst zu bauen, darf eben nicht auf in sich geschlossene, höchst komplizierte technische Systeme bestehen, zu deren Regulierung es eines ingenieurtechnischen Hochschulabschlusses bedarf. Gewohnheiten und Mentalitäten sind mindestens ebenso wichtig wie technische Lösungen. Schumachers Axiom »*small is beautiful*« bietet eine Art Richtschnur – weniger im ideologischen Sinne als vielmehr in seiner Tendenz, dass nicht Großtechnologien, sondern benutzerorientierte, für den Einzelnen handhabbare Systeme zu kultivieren wären. Klar aber ist: Ein Lernen aus der Vergangenheit wird nur unter den Bedingungen von heute möglich. Wir müssen die gegenwärtige Krise als Möglichkeit nutzen, neu darüber nachzudenken, was man gerade macht. Auch weil ja ganz offensichtlich die Art, wie man etwas gemacht hat, zur Krise geführt hat.²¹

Kreislauf

Eine jahrzehntelang praktizierte Obsoleszenz von Produkten und eine weitverbreitete Wegwerfmentalität haben weltweit zu massiven Problemen geführt: Unser Müll wächst uns über den Kopf – bei gleichzeitig rapide schwindenden Ressourcen. Das Bauwesen macht dabei keine Ausnahme. (Vgl. Umweltbundesamt 2023f) Auch hier befördern fehlende Haltbarkeit und Reparaturfähigkeit ebenso wie unflexible Gestaltung und die Vorliebe für lineare, abgeschlossene Bauvorhaben mit klarer Autorschaft Abriss, Ersatz und inflationären Neubau. Themen wie Instandsetzung, Ertüchtigung, Umbau und Erweiterung wurden hingegen lange vernachlässigt. Deswegen muss man daran erinnern, dass Häuser während ihrer Lebensdauer mehrere

21 Um aus dieser Krise herauszukommen, gibt es mittlerweile unterschiedliche Ansätze. Einen davon stellt die in Bayern gestartete Initiative »Gebäudetyp E« für einfacheres Bauen dar, welche die normativen Rahmenbedingungen in Deutschland ins Visier nimmt. Die BaunetzWoche Nr. 647 vom 4. April 2024 widmete sich komplett diesem Thema, insbesondere welche weiteren Schritte in Richtung einer rechtssicheren Abweichungsmöglichkeit von Normen und Standards notwendig sind, welche Praxisbeispiele die Idee veranschaulichen, aber auch, welche Bedenken bestehen. https://www.baunetz.de/baunetzwoche/baunetzwoche_ausgabe_8551716.html (Letzter Zugriff: 27. August 2024).

Metamorphosen durchmachen. Zwar werden die Veränderungen von den jeweiligen Bewohnern vorgenommen, doch geht der Gesamtprozess über die einzelnen hinweg. Es ist der Lernprozess des Hauses als Gattungswesen.

Abriss und Neubau sind aus vielerlei Gründen nicht obsolet, doch rücken sie deutlich ins zweite Glied. Stattdessen lauten die strategischen Synonyme für die Aufgabenbewältigung: »*reuse, recycle und repair*«.

Das ist beileibe nicht neu. Es gibt etwa den stark ökologisch geprägten Ansatz, Abbruchabfälle in Gebäuderessourcen mit Do-it-yourself-Strategien zu verwandeln. Dieser Ansatz bezieht sich auf eine Bewegung, die Mitte der 1960er-Jahre mit dem Bau von Drop City in Colorado begann und bis heute aktuell bleibt, wenn beispielsweise Studenten, Aktivisten oder junge Designer Pavillons, kleine Häuser oder Stände aus kaputten Paletten bauen. Die Verwendung von ungehobelten Holzbohlen gehört heute außerdem zu den Trends der Innenarchitektur, mit denen Restaurants und Ladengeschäfte gestaltet werden. Dann gibt es diejenigen, die gebrauchte Materialien schätzen, weil deren Oberflächen die Spuren des Gebrauchs von Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten tragen. Patina, sichtbar auf Naturstein, Holz, Bronze usw., ist begehrt, weil hier das hohe Alter als Wert begriffen wird. Einer gewissen Beliebtheit erfreut sich auch die Wiederverwendung standardisierter Komponenten wie Steinplatten, Ziegel, Bordsteine usw., die dank ihrer Modularität leicht zu reinigen und wiederzuverwenden sind.

Doch geht es hier um mehr, wie es etwa das belgische Kollektiv *Rotor* oder das Baseler Büro *in situ* mit ihren komplexen Strategien gleichsam am lebenden Bauobjekt zeigen.²² Dabei wird beim Rezyklieren unterschieden zwischen

22 Auch in Deutschland gibt es Ansätze. Etwa das sogenannte Recyclinghaus von CITY-FÖRSTER in Kronsberg, das 2019 fertiggestellt wurde. Mehr als die Hälfte der Baustoffe sind wiederverwendet. Neue Materialien wurden so eingesetzt, dass man sie am Ende des Lebenszyklus des Bauwerks einer weiteren Verwendung zuführen kann. Dies gilt zum Beispiel für die Dichtungen, die Wasserleitungen oder auch einige konstruktive Bauteile. Und das Büro Hütten & Paläste (Berlin) ist für die Transformation der U-Halle in Mannheim soeben mit dem Deutschen Nachhaltigkeitspreis Architektur 2023 ausgezeichnet worden. Aus dem ehemaligen Logistikzentrum des US-amerikanischen Militärs wurde ein Funktionsbau für Veranstaltungs-, Ausstellungs- und Gastronomieflächen der BUGA. Trotz eines geringen Budgets erfolgte die umfangreiche Transformation des Gebäudes mit der beträchtlichen Länge von rund 700 Metern und einer Bruttogrundfläche von 20.000 Quadratmetern zu einer Multifunktionshalle. Das Projekt konnte durch die kreislaufgerechten Bauprinzipien und eine vielfältige Raumbestaltung punkten. Die ursprüngliche Großform der Halle wurde aufgebrochen und unterschiedliche Innen- sowie Außenräume wurden geschaffen. Zudem trägt die teil-

dem »Wieder-Verwenden« und dem »Weiter-Verwenden«. Bei Ersterem setzt man das Bauteil genauso ein wie zuvor, das Letztere bezieht sich auf eine andere Nutzungskategorie. Das »Wieder-Verwerten« hingegen bedeutet die Auflösung der geometrischen Erscheinung, also das Zertrümmern, Aufschmelzen usw. Abstrakt gesagt wird der Begriff »Abfall« durch das Wort »Ressource« ersetzt und intentional steigt man von einem linearen Modell auf ein Kreislaufmodell um.²³ Doch dafür fehlen weithin die entsprechenden Rahmenbedingungen; Haftungs- und Gewährleistungsfragen sind offen. Ja, es gibt im Bauwesen noch nicht einmal eine vorgeschriebene Rezyklierquote.²⁴

Es ist deshalb nicht frei von Ironie, wenn nun etwa der Denkmalpflege als bestandsorientierte und Werte erhaltende Disziplin eine überraschend neue Relevanz zukommt: Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft und graue Energie sind an Baudenkmalen seit Jahrhunderten erprobte Denkweisen und Eigenschaften; was wiederum zeigt, dass vorhandene Gebäude in ihrer Materialität zumeist langlebig, resilient und anpassbar sind. Zugleich kann man sie als Vorbilder für den ressourcenschonenden Bestandserhalt und als leitbildhafte Avantgarde einer Reparaturkultur ansehen. Denkmale sind zudem Zeugen suffizienter Betriebsweisen und minimierter Anforderungen bei gleichzeitig hoher Aufenthaltsqualität. Die Erfahrungen und das Wissen der Denkmalpflege zum ressourcenbewahrenden Weiterbauen am Bestand sind ein Potenzial für die Zukunft des Bauens.

Um den Unterschied zwischen Neu- und Umbau bei der Umweltbelastung zu begreifen, muss man über die sogenannte graue Energie sprechen. Bislang wurde für die ökologische Bewertung eines Gebäudes meist nur die Energieeffizienz herangezogen. Der indirekte Energiebedarf jedoch, der bei Abbau,

hafte Öffnung der Halle zu einer Förderung von Biodiversität und der Schaffung einer Kaltluftschneise für Mannheim bei.

- 23 Ungekrönter Weltmeister beim Bau mit Abfall ist der amerikanische Architekt Michael Reynolds, der seit 1970 ganze Häuser aus Müll baut. Die Wände dieser »Earthships« genannten Gebäude bestehen jeweils aus aufeinandergestapelten, leeren Plastikflaschen oder Altreifen. Damit baut Reynolds zugleich eine Luftschicht ein, die klimatisierend wirkt.
- 24 Möglicherweise ändert sich das unter ökonomischem Druck. In Zeiten steigender Metallpreise lohnt sich ja der Aufwand für dessen Extraktion aus Schlacke und Restmüll. Auch Bauschutt, alte Autos, ausgediente Computer und sonstige Elektrogeräte gelten mittlerweile als Rohstofflager. Für deren Nutzung haben Fachleute bereits einen griffigen Namen geprägt: Urban Mining.

Herstellung und Transport der Materialien, bei Fertigung, Bau und Installation eines Gebäudes anfällt, wurde schlicht ignoriert. Eine klimagerechte Betrachtung bezieht diese Faktoren, die man graue Energie nennt, mit ein. Und dann wird offenbar, dass rund 80 % der Schadstoffbilanz des Bauens im Rohbau stecken, eine Komplettentkernung und -sanierung aber nur ein Fünftel der CO₂-Emissionen produziert, die ein Neubau verursacht. Insofern muss die Kreislaufwirtschaft eine der wesentlichen Säulen einer echten Bauweise sein. Die von der EU-Kommission im Green Deal beschworene und für die Mitgliedsstaaten im Kreislaufwirtschaftsgesetz verbindlich formulierte Maxime von strenger Müllvermeidung, Ressourcenschutz und effizientem Recycling wird mit Abrissbirnen niemals zu erfüllen sein.²⁵

Volker Hassemer, der frühere Kultur- und Stadtentwicklungssenator in Berlin, hat einmal gesagt: »Wir recyceln jede Blechdose. Aber wir recyceln nicht Erkenntnisse, Verständnis, Überzeugungen hin zu einer besseren Zukunft – das ist eine Schwäche unserer Gesellschaft.«

Bezogen auf den Gebäudesektor kann man sagen: Während die Bauwirtschaft auf beständigen Nachschub an wertvollen Rohstoffen angewiesen ist, türmen sich in Deponien und Verbrennungsanlagen die Abfallprodukte der Zivildisposition. Warum nicht beides zusammenbringen?²⁶

25 Die Stoffströme des Bauens sind gewaltig. Die Bauwirtschaft trägt 54,7 % zum gesamten bundesrepublikanischen Müllaufkommen bei. Nach dem Abriss finden nur 7 % des Baumülls den Weg zurück in ein neues Gebäude. Der Rest landet als grober Schutt im Straßen- und Wegebau oder auf der Deponie. Auch wenn vermehrt im Inneren der Städte gebaut wird, müssen für die Gewinnung von mineralischen Baustoffen täglich 4 ha Land in Anspruch genommen werden. Jährlich werden in Deutschland rund 550 Millionen t an »frischen« mineralischen Baustoffen erst über weite Strecken transportiert und dann verbaut. Kies, Sand oder Natursteine müssen aber erst mit viel Aufwand und Energie gewonnen werden. Dass es so nicht mehr weitergehen kann, liegt auf der Hand.

26 In Anlehnung an Gottfried Semper verweist der Architekturtheoretiker Sascha Roesler im Zeichen der Klimakrise auf den Begriff »Stoffwechsel«. Damit adressiert er eine Art transhistorisches Konzept, das »die Umwandlungsfähigkeit der Werkstoffe« der Architektur zum Hauptgegenstand hat. »Die im Kontext des Klimawandels zu erfolgende Dekarbonisierung der Welt beruht auf normativ-politischen Setzungen, welchen sich erst durch eine Engführung von ›Imagination und Materie‹ gerecht werden lässt.« Das wiederum komme einer Verschiebung im Entwicklungsdenken der Architektur gleich. Und zeitgemäße ökologische Lösungen beim Bauen wären, so Roesler, aus dem Zusammenspiel von »Stoff« und »Ideen« zu entwickeln. (Sascha Roesler 2023).

Was man gemeinhin als Transformation beschreibt, dient gleichermaßen der Erhaltung des Gebauten wie der Befriedigung neuer Bedürfnisse, die sich über den Lebenszyklus eines Gebäudes verändern. Gefragt ist weniger »Renovierung« als vielmehr »Recycling« von Bestandsgebäuden mit neuer Nutzung. Die entscheidende Frage ist: Was lässt sich daraus machen? In der Architektur ist heute eine situativ passgenaue Arbeitsweise gefragt, nicht die Suche nach einer generellen Ausdruckssprache. Es geht nicht darum, ohne Bedacht auf die Mittel größer, besser und schneller zu gestalten, sondern darum, nach anderen Bedeutungen zu suchen. Es geht um die Reparaturfähigkeit²⁷ von neuen Konstruktionen und um eine Wiederholbarkeit von Sanierungsmaßnahmen. Beim Bauen ist eher das Leise, Nüchterne, Unaufgeregte auf die Bühne zu stellen, nicht Novität und Spektakel.

Stofflich geboten ist eine Abkehr von Downcycling-Strategien und eine Wendung hin zu langer Dauer von Nutzung und Weiterverwendung von Material in möglichst wenig veränderter Form.²⁸ Wie man mit gebrauchten Baumaterialien umgeht, ist nicht zuletzt eine kulturelle Frage. Als Abfall sind sie überflüssig und lästig. Aber: »*Dirt is matter in the wrong place.*« Am richtigen Ort freilich ist Dreck wertvoll – und heißt anders.

27 In einer Gesellschaft, die mehr und mehr das Denken als intellektuelle Arbeit vom Machen und der Handarbeit getrennt hat, stellt die Strategie des »Reparierens« die Voraussetzung dar, Kopf und Hände wieder in Verbindung zu bringen. (Vgl. Rudolfsky 1964).

28 Dirk Hebel hat die grundsätzliche Aufgabe wie folgt beschrieben: »Die Kreislaufwirtschaft, in die die EU im Jahr 2050 vollständig eingestiegen sein will, muss sich auf verschiedenen Maßstabsebenen mit der gebauten Umwelt auseinandersetzen. Einerseits auf der Ebene der Materialien, der Details und der Fügungstechnik im konstruktiven Sinne mit dem Ziel, einfach zu bedienende Materiallager aufzubauen. Andererseits auf der Ebene des Quartiers und der Stadt als vernetzte, sich austauschende Systeme, die es zu ertüchtigen und weiterzubauen gilt, ohne Baukultur und geschichtliche Identität infrage zu stellen. Diese beiden Ebenen müssen zusammen gedacht und konzipiert werden. Der Großteil des Baubestandes in Deutschland datiert aus der Zeit vor 1990 mit keinem bis sehr niedrigem Energiestandard. Diese Masse an Gebäuden regenerativ mit Energie zu versorgen und gleichzeitig regenerativ (weil kreislaufgerecht) zu konstruieren, ohne dabei das Festmüllaufkommen durch kurzfristige und kreislaufunfähige Maßnahmen weiter zu steigern – das wird die Herausforderung der nächsten 30 Jahren werden, um das gemeinsame europäischen Ziele zu erreichen.« (Hebel 2022).

Bauweise

Die fünf genannten, exemplarisch gemeinten Aspekte umreißen ein Spannungsfeld, innerhalb dessen das Thema »klimaneutraler Gebäudebestand« zu verhandeln wäre. Dieser Transformationsprozess ist nicht nur eine solitäre sozio-technische Frage, sondern auch eine kulturelle Herausforderung.²⁹ Sie zu meistern setzt eine neue Mentalität voraus, und eine solche wird in jüngerer Zeit unter dem Begriff »Bauweise« adressiert. (Vgl. Broermann/Hartinger/Hudl, et al. 2024)

Von vornherein steht man dabei vor einem grundsätzlichen Dilemma: Einerseits verlangt die Klimawende nach Big-scale-Veränderungen und autoritärem Durchregieren mit nationalen und EU-Gesetzen, andererseits braucht es viele Zehntausend Small-scale-Interventionen. Es bleibt das sprichwörtliche Problem der Fahrradkette: Wer vermittelt zwischen diesen Maßstäben?

Mehr als ein Drittel der klimaschädlichen Emissionen sind dem Baubereich anzulasten (Ramseier/Frischknecht 2020).³⁰ Daraus ergeben sich gewaltige gesellschaftspolitische Aufgaben. Dabei geht es um das Erzwingen von Kreislaufwirtschaft, Förderung und Forderung von Bauweisen mit nachhaltigen Baustoffen (nicht nur Holz, auch Stroh und Lehm), Vermeidung von Neubauten durch Umnutzung des Bestands in großem Stil (Stichwort Graue Energie), städtebauliche Verdichtung, Verkehrsvermeidung durch Nutzungsmischung u.v.m. Aber auch in andere Handlungsfelder reicht das Bauwesen hinein; wie die Stichworte Umorganisation des innerstädtischen Verkehrs, Wasserhaushalt (»Schwammstadt«), Mikroklima sowie Artenvielfalt (Begrünung von Stadtraum, Fassaden und Dächern) illustrieren.

29 Die kulturelle Dimension wird beispielsweise bereits in dem (vermeintlichen) Widerspruch zwischen »Baukultur erhalten« und »Umwelt schützen« adressiert. Denn der Gebäudesektor muss große Mengen an CO₂-Emissionen einsparen, um die Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen. Gleichzeitig sieht das neue Gebäudeenergiegesetz vor, dass bei besonders erhaltenswerter Bausubstanz von den Sanierungsaufgaben abgewichen werden kann. Droht ein Zielkonflikt zwischen CO₂-Neutralität und dem Erhalt des baukulturellen Erbes? Dies untersucht aktuell ein Forschungsprojekt der TH Köln. »erBe 2045 – Klimaneutraler erhaltenswerter Bestand« wird von Oktober 2023 bis September 2026 vom BBSR über das Innovationsprogramm Zukunft Bau gefördert.

30 Andere Studien geben an, dass annähernd 40 % des weltweiten CO₂-Ausstoßes auf Gebäude zurückgehen. Vgl. <https://www.quarks.de/umwelt/darum-brauchen-wir-eine-bauweise> (Zugriff am 15. März 2024).

So wundert es nicht, dass die Vehemenz des kritischen Diskurses an allen Fronten zunimmt und ordnende Sichtschneisen in diesem komplex verworfenen Gelände divergierender Meinungen und Interessen immer größere Dringlichkeit erlangen. Denn trotz eines hohen Maßes an Selbstreflexion und Selbstreferenzialität des eigenen Tuns ist in der Architektur (wie in anderen Gesellschaftsbereichen auch) noch wenig Konkretes greifbar, wie die von außen, von der Welt aufgeworfenen Fragen und Probleme mit grundlegend neuen Konzepten beantwortet werden sollen und ins Lebenspraktische münden können.

Und daraus folgt: die Notwendigkeit, das Bauen (wie vieles andere) völlig neu zu denken. Dabei geht es um so etwas wie einen *Reset*. Den Begriff kennt man aus der Computersprache. Wenn man ihn rückübersetzt in den Lebensalltag, dann heißt das in etwa: Es geht um das Wiederherstellen eines neuen Funktionszustandes unter Rückgriff auf systemimmanente Elemente und Routinen. Das kann man durchaus auf das einzelne Gebäude, aber auch städtebauliche Ensembles beziehen. Es sind insbesondere zwei Fragen, die in den Vordergrund rücken: Wie kann man bestehenden Gebäuden zeitgemäße Programmierungen einschreiben? Und: Wie können dabei immanente, bisher vielleicht kaum beachtete Qualitäten freigesetzt und für eine nachhaltige Gestaltung und Konzeption der Architektur fruchtbar gemacht werden?³¹ Recht eigentlich stellen diese beiden Hypothesen das traditionelle Verständnis auf den Kopf. Denn üblicherweise formuliert Planung zuerst ein (intendiertes) Ergebnis, um im zweiten Schritt zu überlegen, wie dieses erreicht werden kann. Hier dreht sich das Verhältnis um, weil zunächst gefragt wird, wie eine Entwicklungsdynamik entfaltet werden kann, ohne gleich einen idealen Endzustand zu definieren.

31 Exemplarisch für einen solchen *Reset* ist womöglich das seit gut 100 Jahren bestehende Gelände des Berliner Union-Film Ateliers (BUFA) südlich des ehemaligen Flughafens Tempelhof. Hier verschafft das Projekt »Atelier Gardens« den historischen Gebäuden selbst ein verdientes Remake. Die Pläne für die Neugestaltung hat das renommierte niederländische Architekturbüro MVRDV entworfen. Bestehende Strukturen werden nicht abgerissen und neu gebaut, sondern nachhaltig umgestaltet. Die historischen Gemäuer werden dadurch quasi »erfrischt« und das Potenzial der Zwischenbereiche maximiert. Das Ziel der Architekten besteht darin, die Lebensdauer des Gebäudes zu verlängern, sodass eine nachhaltige Zukunft für den Campus gewährleistet, zugleich jedoch dessen Geschichte gewürdigt wird. Das Planer-Team will dies mittels »Low-Tech-Transformation« erreichen. (Vgl. Bettina Schneuer 2024)

Verändern ist keine triviale, zwangsläufige Angelegenheit – was man im Übrigen ja auch daran sehen kann, wie viel gesellschaftlicher Unwille bei (städte-)baulichen Veränderungen oft zum Ausdruck kommt.³² Natürlich kann man der Auffassung sein, dass Architektur und Planung zu einer Disziplin gehören, die stark von der Logik des Machens geprägt ist – weshalb Werkzeuge und Prozesse möglicherweise wichtiger sind als Bewertungen und Anforderungen. Gleichwohl ist es überfällig, eine neue, bestandsorientierte Auffassung der Architektur zu entwickeln. Es geht nicht darum, ohne Bedacht auf die Mittel größer, besser und schneller zu bauen, sondern darum, nach anderen Bedeutungen zu suchen.

All das ist in der Herausforderung eines klimaneutralen Gebäudebestands bis 2045 mitangelegt. Denn dies ist mitnichten bloß eine technische oder politisch-regulatorische Fragestellung.³³ Der berühmte, Ludwig Mies van der Rohe zugeschriebene Satz »*less is more*« – der freilich die Moderne mit einer gewissen Ambivalenz umgab – könnte nun tatsächlich zum Leitsatz einer umweltbewussten Reparaturgesellschaft werden, die ihr Hab und Gut wieder lernt zu pflegen.

32 Die langjährigen und hitzigen Debatten um »Stuttgart 21« einerseits und Rekonstruktion der Frankfurter Altstadt andererseits markieren hier lediglich zwei Extreme.

33 Denn: »Transformationsdesign umfasst nach unserer Definition [...] anderes als nur das Design von Artefakten – seien es Produkte, Mobilitätsinfrastrukturen, Häuser, Städte usw. Es betrifft die Veränderung kultureller Praktiken des Gebrauchs [Hervorhebung im Original] von Energie, Stoffen und Produkten und damit auch sozialer Kategorien wie Kommunikation, Handel, Konsum, Versorgung.« (Sommer/Welzer 2017: 112 f.).

02 Auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand?

Nicolai Domann, Arnd Rose, Svenja Binz, Juliane Jäger, Jörg Lammers

Die unscharfen Begriffe »Klimaneutralität« oder »Treibhausgasneutralität« implizieren, eine physikalische Größe benennen zu können, deren Nulllinie das Erreichen der Ziele des Pariser Klimaabkommens absichert. Die Debatte um Ziele und Zeithorizonte wird umfassend geführt, doch scheint das zugrunde liegende begriffliche Verständnis oft sehr unterschiedlich: Kohlendioxid (CO₂)- oder Treibhausgas (THG)-Neutralität werden teilweise irrtümlich synonym zur Klimaneutralität verwendet. Diverse Ausprägungen wie klimapositiv, klimaverträglich, mehr oder weniger klimafreundlich, klimaschädlich usw. vermitteln Abstufungen und führen zu akteurspezifischen Annahmen, die zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen für den Klimaschutz führen können. Eine einheitliche Definition mit festgelegtem Bewertungsmaßstab ist zurzeit noch nicht verfügbar.

Das vollständige Einstellen aller Emissionen (Brutto-Null) beziehungsweise der Vermeidung jeglicher Umweltwirkung menschlichen Handelns ist realistisch nicht erreichbar, sodass Varianten der Netto-Null-Emissionen durch Vermeiden, Verringern, Effizienz- und Ausgleichsmaßnahmen wie Gutschriften oder temporäre Kohlenstoffspeicherung in den Fokus rücken. Doch steht die einheitliche Beurteilung der hierbei jeweils resultierenden Wirkpotenziale noch aus. Da jeder Bauprozess mit einem ökologischen Fußabdruck verbunden ist, ist »klimaneutrales Bauen« als eine Art »Rechenmodell« zur längerfristigen Kompensation des gegenwärtig entstehenden Schadens für Klima und Umwelt zu verstehen. Klimaneutralität im Sinne der Netto-Null beginnt also bereits bei der Ressourcenschonung. Eine Reduzierung auf CO₂ oder THG greift hierbei möglicherweise zu kurz.

In diesem Sinne wird angeregt, die aktuelle Debatte zur »Klimaneutralität« als ganzheitlichen Austausch über klima- und ressourcenschonendes Bau-

en zu führen. THG-Neutralität ist dabei ein Teilbereich des klima- und ressourcenschonenden Bauens.

Politische Zielsetzungen für 2045/2050

Auf der 21. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (COP21) in Paris haben sich im Jahr 2015 alle beigetretenen Staaten verpflichtet, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C, jedoch möglichst auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu beschränken (»Übereinkommen von Paris«) (Amtsblatt der Europäischen Union 2016). Zu diesem Zweck wurde festgelegt, dass bis Mitte dieses Jahrhunderts ein Gleichgewicht der Quellen und der Senken von anthropogenen THG-Emissionen hergestellt werden soll.

Bezüglich der Umsetzung dieser Zielvorgabe ist die Festlegung aus dem Jahr 2015 bewusst offengehalten. Um erreichen zu können, dass sämtliches menschliches Handeln in der Summe keine Emissionen an Treibhausgasen verursacht, müssten einerseits vermeidbare Treibhausgasausstöße auf null reduziert werden und andererseits unvermeidbare THG-Emissionen kompensiert werden, beispielsweise durch die langfristige Bindung von CO₂. In zahlreichen Studien, Untersuchungen und Berichten wurde quantifiziert, wie groß der Anteil einzelner Lebensbereiche oder Handlungsfelder am gesamten anthropogenen Treibhausgasausstoß ist. Verschiedenen Erhebungen zufolge sind rund 40 % des Gesamtenergieverbrauchs und 36 % der energiebedingten THG-Emissionen der EU auf Gebäude zurückzuführen.¹ Ein Wert von rund 40 % wird auch zumeist angegeben, wenn es darum geht, den Anteil an CO₂-Emissionen, die in Deutschland insgesamt auf Gebäude zurückgehen, zu quantifizieren. Bereits diese Zahlenwerte, verteilt auf eine zweistellige Millionenzahl an Einheiten allein in Deutschland, lassen erahnen,

1 Diese Zahlen beziehen sich auf die Nutzung und den Betrieb der Gebäude, einschließlich der im Zusammenhang mit Strom und Wärme anfallenden indirekten Emission, und nicht auf ihren gesamten Lebenszyklus. Die auf Baustoffe zurückgehenden CO₂-Emissionen machen schätzungsweise rund 10 % der weltweiten Treibhausgasemissionen pro Jahr aus. Siehe unter anderem IRP-Bericht »Resource Efficiency and Climate Change« (IRP 2020) und UN-Environment-Bericht »Emissions Gap Report 2019« (United Nations Environment Programme 2019).

dass das Handlungsfeld Gebäude einerseits ein hohes Potenzial zur Reduktion von Emissionen bietet, die Umsetzung jedoch andererseits mit enormen Herausforderungen verbunden sein wird.

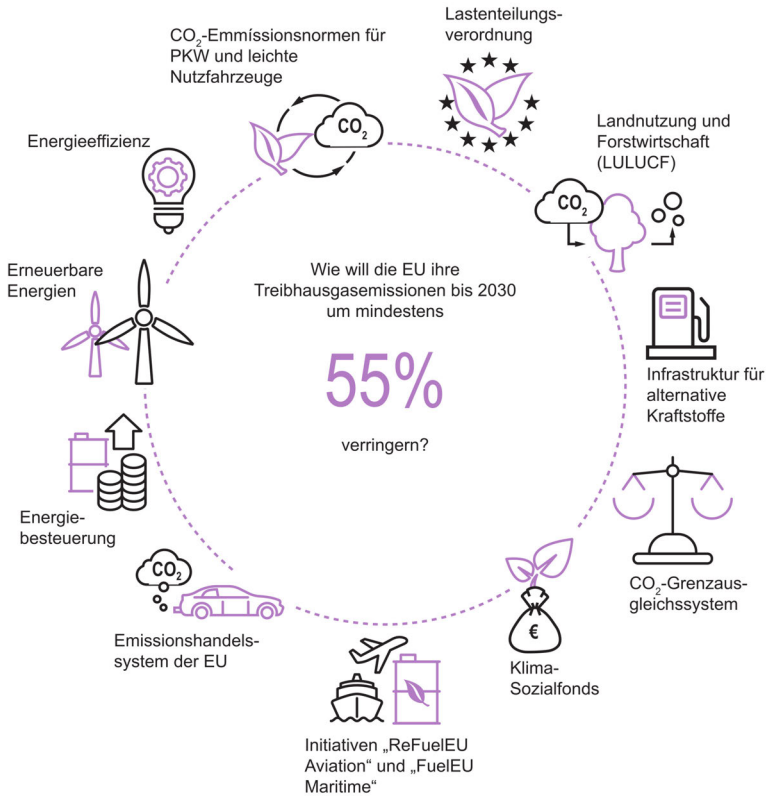
Für die Erfüllung der Verpflichtungen des Pariser Abkommens wurden im Jahr 2018 mit der EU-Klimaschutzverordnung (Europäisches Parlament/Europäischer Rat 2018) verbindliche nationale Jahresziele zur THG-Emissionsminderung auf europäischer Ebene festgelegt, um damit das Ziel einer THG-Reduktion innerhalb der EU von insgesamt 40 % bis 2030 im Vergleich zu 1990 zu erreichen (Ziel der Emissionsreduktion gemäß Schlussfolgerungen des Europäischen Rates vom 23./24. Oktober 2014 (Europäischer Rat 2014) und bekräftigt am 17./18. März 2016 (Europäischer Rat 2016)). Im Rahmen der sogenannten Lastenteilung (engl. »effort sharing«) werden die jeweiligen nationalen prozentualen Minderungsziele anhand des relativen Bruttoinlandsproduktes (BIP) als übergeordnetes Kriterium auf die Mitgliedsstaaten verteilt. Hierdurch soll eine möglichst faire und solidarische Verteilung der Gesamtlast erreicht werden. (Europäisches Parlament/Europäischer Rat 2018)

Mit dem europäischen »Green Deal« (Europäische Kommission 2019b) wurde von der EU-Kommission (KOM) im Jahr 2019 ein Fahrplan festgelegt, um Europa bis zum Jahr 2050 zum ersten »klimaneutralen Kontinent« zu machen. Unter den wichtigsten Maßnahmen werden neben der Einführung eines »Europäischen Klimagesetzes« für die Verankerung der Klimaneutralität bis 2050² auch die Anhebung des EU-Klimaziels für 2030 auf »50 % mit Tendenz zu 55 %« THG-Minderung gegenüber 1990 benannt (Europäische Kommission 2019a) und 2021 durch das Europäische Klimagesetz entsprechend umgesetzt (Europäisches Parlament/Europäischer Rat 2021).

Ebenfalls im Jahr 2021 wurde das »Fit for 55«-Paket von der Europäischen Kommission vorgestellt (Europäischer Rat 2021). Das Paket dient der Erreichung der Emissionsziele aus dem Europäischen Klimagesetz und beinhaltet eine Vielzahl an Vorschlägen zur Überarbeitung und Aktualisierung der EU-Vorschriften, wobei diverse Handlungsfelder adressiert werden (siehe Abbildung 1).

2 Das ursprüngliche THG-Minderungsziel lag bei 80–95 % bis 2050, siehe unter anderem Europäische Kommission 2011: 2.

Abbildung 1: Handlungsfelder des »Fit for 55«-Pakets (BBSR, eigene Darstellung nach Europäischer Rat 2021)



Auf nationaler Ebene wurde in Deutschland mit dem Klimaschutzplan 2050 im Jahr 2016 (BMU 2016) die europäische Zielvorgabe einer 80 – 95 %-igen Emissionsminderung gegenüber 1990 bis zum Jahr 2050 übernommen. Dazu wurde für das Jahr 2030 das Zwischenziel einer 55 %-igen Emissionsminderung festgelegt und es wurden erstmals dazu kompatible Sektorziele für das Jahr 2030 aufgestellt. Der Klimaschutzplan enthält zusätzlich einen Fahrplan für einen »nahezu klimaneutralen Gebäudebestand«.

Im Klimaschutzgesetz (KSG) aus dem Jahr 2019 wurde das Ziel der THG-Emissionsminderung von 55 % bis 2030 übernommen und verbindliche Jahresemissionsminderungsziele wurden für die einzelnen Wirtschaftssektoren

bis zum Jahr 2030 festgeschrieben (Deutscher Bundestag 2019). Im Jahr 2021 wurden die nationalen Klimaziele mit einem novellierten Klimaschutzgesetz verschärft und das THG-Emissionsminderungsziel wurde bis 2030 auf 65 % angehoben (Deutscher Bundestag 2021). Die zulässigen Jahresemissionsmengen der einzelnen Sektoren wurden dementsprechend abgesenkt. Ebenfalls wurde der Zeitpunkt zum Erreichen der Netto-THG-Neutralität auf das Jahr 2045 vorgezogen. Eine weitere Aktualisierung des KSG im Jahr 2024 verzichtet auf sektorscharfe Zielvorgaben und gibt sektorübergreifende zulässige Jahresemissionsmengen vor, was die Kompensation zwischen den Sektoren ermöglicht und insgesamt zu einer Schwächung des KSG geführt hat (Deutscher Bundestag 2024).

Bisherige Entwicklung von Maßnahmen zur Energie- und Treibhausgaseinsparung

Nachdem sich der Energieverbrauch zum Betrieb von Gebäuden in Deutschland von 1950 bis in die 1970er-Jahre mehr als verdreifacht hatte (AG Energiebilanzen e. V. (AGEB) 2023), setzte infolgedessen ein allmähliches Umdenken im Umgang mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen ein. Gleichwohl zielten die formulierten Energieeinsparstrategien im Gebäudesektor zunächst darauf ab, Versorgungsengpässe zu vermeiden und weniger den sparsamen und umweltschonenden Umgang mit fossilen Ressourcen zu fördern. In der Bundesrepublik wurden nach der ersten Ölpreiskrise das Energieeinsparungsgesetz (EnEG 1976), die Wärmeschutzverordnung für Gebäude (WS-VO 1977) und die Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnlV 1978) eingeführt, um den Energieverbrauch von Wohn- und Nichtwohngebäuden zu begrenzen. So konnte der Energieverbrauch im Gebäudesektor weitestgehend stabilisiert, eine signifikante Reduzierung des absoluten Verbrauchs allerdings bis heute nicht erreicht werden.

Nach den beiden Ölpreiskrisen und den viel diskutierten »*Grenzen des Wachstums*« stellte das Kollabieren komplexer technischer Anlagen wie in Seveso, Bhopal und Tschernobyl sowie die Challenger-Katastrophe das Vertrauen in einen dauerhaften technischen Fortschritt endgültig infrage und führten in den 1980er-Jahren schließlich zu einer »*Orientierungskrise im gesellschaftlichen Umgang mit Wissenschaft und Technik*« (Grunwald 2000). Vor diesem Hintergrund veröffentlichte die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen 1987 den sogenannten Brundtland-Bericht, der erst-

mals ein Leitbild für eine nachhaltige Entwicklung unter Berücksichtigung einer integrativen Politikansicht skizzierte (World Commission on Environment and Development 1987). Die erarbeitete Perspektive betrachtet nicht nur die Auswirkungen einzelner Probleme, sondern versuchte, ganzheitliche Lösungsstrategien zu formulieren, die auch die Entwicklungschancen zukünftiger Generationen berücksichtigen. Diese Definition einer integrativen und ökologischen Generationengerechtigkeit brachte eine bis dahin wenig diskutierte, normativ-moralische Perspektive in die Nachhaltigkeitsdebatte und war Bestandteil sämtlicher anschließend vereinbarter internationaler Umweltabkommen, wie beispielsweise die auf der UNCED-Konferenz in Rio 1992 verabschiedete Erklärung über Umwelt und Entwicklung (Rio-Deklaration), die Agenda 21 und die Klimaschutz-Konvention.

Etwa zeitgleich wurde 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) gegründet, um den Stand der wissenschaftlichen Forschung zum Klimawandel zusammenzufassen. Seit 1990 sind sechs Sachstands- und zwölf Sonderberichte wie beispielsweise zu Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft erstellt worden, mit dem Ziel, Grundlagen für wissenschaftsbasierte Entscheidungen auf politischer Ebene zur Verfügung zu stellen. So bildeten die Berichte eine Basis für Vereinbarungen von internationalen Klimaschutzziele und der Begrenzung von THG-Emissionen wie beispielsweise das Kyoto-Protokoll von 1997 und das Klimaabkommen von Paris aus dem Jahr 2015. (Amtsblatt der Europäischen Union 2016)

Die Notwendigkeit des Klimaschutzes hat sich nach der Jahrtausendwende auch in europäischen Richtlinien und nationalen Verordnungen für den Gebäudesektor niedergeschlagen. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) von 2002 hatte die wesentlichen Eckpunkte der europäischen Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vom 16. Dezember 2002 (EPBD) bereits aufgenommen und einen Primärenergiekennwert für Neubauten und Bestandssanierungen eingeführt. Dieser Kennwert soll die ökologische Wirkung der zum Betrieb von Gebäuden genutzten Energieträger der über ein Betriebsjahr genutzten Energieträger abbilden. Der seit 2010 von der EU für 2021 geforderte »*nearly-zero energy building*«-Standard (nZEB) wurde mit der Novellierung der EnEV zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) eingeführt. Allerdings wurden mit den Novellierungen die zulässigen Grenzwerte für die energetische Qualität von Bestandsgebäude seit der EnEV von 2013 gar nicht

und bei Neubauten erst mit einer Änderung zum 01.01.2023 verschärft. Die derzeitigen Aktivitäten der Bundesregierung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) scheinen die Versäumnisse der vergangenen Jahre im insbesondere in Bezug auf die Dekarbonisierung des Wärmeverbrauchs schnell kompensieren zu wollen. Hierzu stellt sich die Frage, ob ausschließlich technikfokussierte Effizienz- und Konsistenzmaßnahmen dazu in der Lage sind, den schon seit Jahren auf hohem Niveau stagnierenden Energieverbrauch von Gebäuden zu reduzieren. Ferner scheint die zu beobachtende Verlagerung des Fokus hin zu »CO₂ als Maß aller Dinge« (Moreno/Speich Chassé/Fuhr 2016) Problemverschiebungen zu begünstigen, die im Hinblick auf die Multikausalität der planetaren Krise kontraproduktiv sein können. So verursacht die Förderung vermeintlich klimaneutraler biogener Kraftstoffe sowohl eine lokale Flächenkonkurrenz als auch einen globalen Flächendruck, um die hohe Nachfrage zu decken. Der Handel von CO₂-Kompensationsmaßnahmen (Carbon Offsetting) zieht die Problematik des »Land Grabbing« und eines »Carbon Colonialism« im globalen Süden nach sich. Das im Kontext der Erdsystemforschung entstandene Konzept der planetaren Grenzen des Stockholm Resilience Centre beschreibt hingegen die Grenzwerte von neun unterschiedlichen Indikatoren zur Bewahrung der Funktionsweise des Erdsystems. Der erstmalig im Jahr 2009 präsentierte Ansatz wurde in den vergangenen Jahren weiterentwickelt und mehrfach im Diskurs einer globalen nachhaltigen Entwicklung aufgegriffen. Anlässlich der Klimakonferenz in Paris 2015 ist ein überarbeitetes Konzept präsentiert worden, das in der Fachwelt als Ausblick auf die Post-2015-Entwicklung im Kontext der Agenda 2030 sowie dem Pariser Klimaschutzabkommen gilt.

Die derzeit auf politischer Ebene diskutierte Implementierung der Lebenszyklusanalyse (Ökobilanz, LCA) in das GEG wäre ein Vorstoß, eine Bewertung der Klima- und Umweltwirkpotenziale von Gebäuden über eine umfanglichere Lebensdauer zu etablieren. Die Ökobilanz und die Quantifizierung von Klimafolgekosten ermöglichen eine veränderte Sichtweise auf das klima- und ressourcenschonende Bauen und wird die Vorgehensweise im Umgang mit dem Neubau, der energetischen Sanierung von Gebäuden und der Umnutzung bestehender Infrastrukturen möglicherweise verändern. Gleichwohl ist das Werkzeug der LCA komplex und derzeit noch mit vielen Unsicherheiten verbunden, sodass die Anwendung und Ergebnisinterpretation ausreichend Zeit und Erfahrung benötigen. Zudem ist der Referenzwert

der Ökobilanz die Fläche, sodass der Flächenverbrauch einer parallelen Betrachtung bedarf.

Gebäudesektor oder Handlungsfeld Gebäude?

Die beschriebenen Ziele und Maßnahmen im Bereich des Klimaschutzes beziehen sich in der Regel auf sogenannte Sektoren, innerhalb derer bestimmte Einsparungen an Emissionen erfolgen sollen.

Die im deutschen Klimaschutzgesetz für den Gebäudesektor verwendete Systemgrenze betrachtet nur die direkten Emissionen aufgrund des Betriebs von Wohn- sowie Nichtwohngebäuden, die durch Bereitstellung von Raumwärme, Kühlung und Warmwasser entstehen. (BMU 2016; Die Bundesregierung 2019) Andere gebäudebezogene Emissionen werden in anderen Sektoren bilanziert. Als Beispiel werden die Emissionen, die bei der Herstellung von Bauprodukten anfallen, dem Sektor Industrie zugerechnet. Emissionen, die bei der Herstellung und Errichtung oder am Ende des Lebenszyklus anfallen, werden im Gebäudesektor nicht betrachtet und somit keine Anreize geschaffen, um Klima- und Umweltschutzpotenziale des gesamten Handlungsfelds Gebäude auszuschöpfen.³

Die Zuordnung von THG-Emissionen zu einem bestimmten Objekt (beispielsweise ein Produkt, ein Sektor oder auch ein Prozess) kann in der Praxis auf unterschiedliche Weise erfolgen. Je nach Zweck und vorhandener Datenbasis erfolgt die Bilanzierung entsprechend dem physikalischen Emissionsort (Quellprinzip) oder dem Verursacher (Verursacherprinzip) und es werden einzelne oder alle Phasen des Lebenszyklus betrachtet.

3 EU-seitig werden zur Beschreibung der Energieeffizienz von Gebäuden die Begriffe »nearly zero-energy building« (NZEB) sowie »zero-emission building« (ZEB) genutzt. Die Gesamtenergieeffizienz bezieht sich wie das KSC hierbei ausschließlich auf die Betriebsenergie des Gebäudes und vernachlässigt andere energieintensive Bereiche des Gebäudezyklus. Der Vorschlag der Kommission zur Überarbeitung der Richtlinie (Dezember 2021) legt einen zusätzlichen Schwerpunkt auf die Verringerung der betriebsbedingten Treibhausgasemissionen. Die ZEB-Definition umfasst darüber hinaus die Berechnung des Treibhausgaspotenzials über den gesamten Lebenszyklus. (Europäische Kommission 2024, 2016, 2018).

Quellprinzip

Der Klimaschutzplan sowie das Klimaschutzgesetz orientieren sich am sogenannten Quellprinzip. Dieses wird als Bilanzierungsmethodik der international anerkannten Klimaberichterstattung herangezogen, zu welcher sich Deutschland als Vertragsstaat der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) mit Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls verpflichtet hat.

Diesem Prinzip folgend, werden die Emissionen demjenigen Sektor zugeordnet, in welchem sie in die Atmosphäre entweichen. Im Gebäudesektor werden Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger bilanziert, die direkt im oder am Gebäude anfallen (BMWi 2020: 10). Gemäß der internationalen Klimaberichterstattung (Common Reporting Format – CRF) werden die einzelnen Emissionsquellen in sogenannte Quellkategorien eingeteilt, sodass durch Zuordnung der Quellkategorien zu jedem Sektor eine Abgrenzung der Sektoren untereinander erfolgen kann. Im KSG der Jahre 2019 und 2021 wurden für Deutschland bis zum Jahr 2030 für jeden betroffenen Wirtschaftssektor (Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Sonstiges, Landnutzung/Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) zulässige Jahresemissionsmengen vorgegeben, wobei dem Sektor Gebäude die folgenden Quellkategorien nach dem CRF zugeordnet sind:

- Verbrennung von Brennstoffen in Handel und Behörden (Quellkategorie 1.A.4.a),
- Verbrennung von Brennstoffen in Haushalten (Quellkategorie 1.A.4.b),
- sonstige Tätigkeiten mit Verbrennung fossiler Brennstoffe, insbesondere in militärischen Einrichtungen (Quellkategorie 1.A.5).

Mit dem im April des Jahres 2024 novellierten KSG (KSG 2024) (Deutscher Bundestag 2024) werden anders als zuvor keine sektorscharfen, sondern fortan sektorübergreifende zulässige Jahresemissionsmengen vorgegeben, wobei weiterhin der Entstehungsort der Emissionen ausgewiesen wird. Dies ermöglicht es, die Emissionsmengen zwischen den einzelnen Sektoren miteinander zu verrechnen, da nun ein kumulatives Emissionsziel maßgebend ist. Diese Neuregelung kommt insbesondere dem Verkehrs- und dem Gebäudesektor zugute, da die sektorscharfen Ziele hier nicht erreicht wurden. Das Gros nichtstaatlicher Umweltorganisationen kritisiert diese Novellierung, da es ein notwendiges, ambitionierteres Handeln erschwert.

Neben der Bilanzierung nach Quellprinzip wird eine Bilanzierungsmethodik verwendet, bei der neben den direkten auch die indirekten THG-Emissionen der Betriebs- und Nutzungsphase berücksichtigt werden (also insbesondere auch Fernwärme und Strom) (McKinsey & Company, Inc. 2007). Eine derartige Bilanzierung bietet sich insbesondere an, wenn die Wirksamkeit oder die Kosten von Maßnahmen zur THG-Minderung mit Fokus auf der Nutzungs- und Betriebsphase untersucht werden sollen.

Verursacherprinzip

Alternativ zum Quellprinzip kann zur Bilanzierung von Treibhausgasen auch das sogenannte Verursacherprinzip herangezogen werden. Hierbei werden die THG-Emissionen dem Objekt zugeordnet, welches durch die Nutzung einer Ressource ursächlich verantwortlich für die Emission ist.

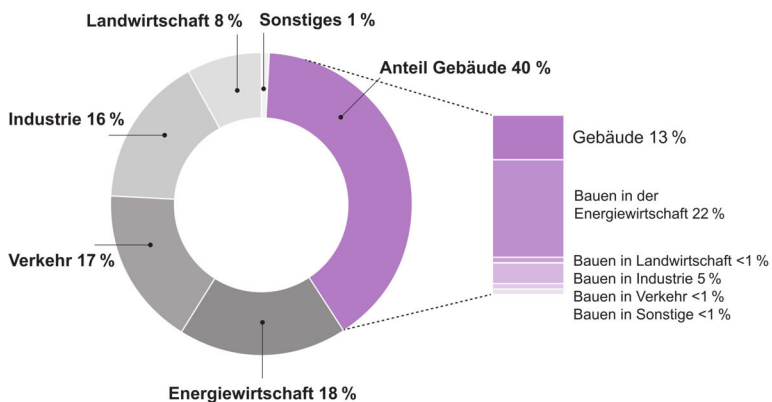
Zwecks Abgrenzung zum Bilanzraum des Quellprinzips und somit dem Gebäudesektor wird bei Bilanzierung nach dem Verursacherprinzip auch vom Handlungsfeld Gebäude gesprochen. Für das Handlungsfeld Gebäude bedeutet dies konkret, dass nicht nur die direkten Emissionen aus der Nutzungs- und Betriebsphase von Gebäuden berücksichtigt werden, sondern auch alle indirekten Emissionen sowie im Sinne eines Fußabdrucks auch solche Emissionen aus vor- und nachgelagerten Prozessen der Wertschöpfungskette (Rohstoffgewinnung, Herstellung, Errichtung, Erhalt, Modernisierung, Rückbau, Entsorgung, Recycling der Baustoffe). (Ramseier/Frischknecht 2020) Dies bedingt eine globale Betrachtungsweise, da insbesondere die Rohstoffgewinnung nicht ausschließlich auf nationaler Ebene erfolgt.

Die Bilanzierung von Treibhausgasen nach Verursacherprinzip ist vollumfänglich, sodass eine ganzheitliche Wirkungsbetrachtung von politischen Maßnahmen zur THG-Minderung im Handlungsfeld Gebäude möglich ist. Anders als bei der rein sektoralen Betrachtung ist ein ›Verschieben‹ von THG-Emissionen in andere Sektoren, beispielsweise durch den Umstieg von fossilen Energieträgern auf Strom beziehungsweise Fernwärme, nicht möglich. Ebenfalls erlaubt das Verursacherprinzip einen Vergleich der bei der energetischen Sanierung eines Gebäudes (beispielsweise Dämmung) anfallenden Emissionen, welche in Bezug zur daraus resultierenden Emissionsreduktion in der Nutzungs- und Betriebsphase gesetzt werden können.

Die Bilanzierung nach Verursacherprinzip für das Handlungsfeld Gebäude in Deutschland ist kein Bestandteil einer systematisierten Berichterstattung, sodass die hierfür benötigte Datenbasis ebenfalls nicht vorliegt. Eine

Literaturrecherche hierzu hat ergeben, dass lediglich eine Veröffentlichung die gesamten THG-Emissionen beziehungsweise Umweltauswirkungen des Handlungsfelds Gebäude in Deutschland ermittelt hat, wobei aufgrund mangelnder Datenbasis keine Emissionen zu Rückbau, Entsorgung und Recycling im Gebäudezyklus berücksichtigt sind (Ramseier/Frischknecht 2020). Diese Klima- und Umweltwirkpotenziale der Wohn- und Nichtwohngebäude in Deutschland wurden anhand von Daten zum nationalen und internationalen Güterkreislauf ermittelt. Hierzu wurden um Umweltdaten erweiterte Input-Output-Tabellen herangezogen. Dieses Vorgehen ist nach Kenntnis der Bearbeitenden erstmalig in Deutschland angewendet worden. Anzumerken ist hier, dass die verwendeten Daten ursprünglich als volkswirtschaftliche Kenngrößen erhoben worden sind, mit Bezug auf die Bruttoproduktionsleistung von Sektoren in Euro. Es ist nicht auszuschließen, dass äußere Faktoren wie zum Beispiel Währungsschwankungen diese Daten im globalen Vergleich im Hinblick auf in den Sektoren verursachte THG-Emissionen verzerren können. Als problematisch wird angesehen, dass als Datenbasis die Jahre 2011 und 2014 in vermischter Form herangezogen worden sind und keine Aussage getroffen wird, inwiefern die unterschiedlichen klima- beziehungsweise wetterbedingten Energieverbräuche über Korrekturfaktoren miteinander abgeglichen wurden.

Abbildung 2: THG-Emissionen im Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung nach Ramseier/Frischknecht 2020.)



*Tabelle 1: Berücksichtigte Emissionsbestandteile der jeweiligen Bilanzierungsmethodik (*aufgrund fehlender Datenbasis in Studie(-n) nicht enthalten; **teilweise in Studien berücksichtigt)*

	Quell- prinzip	Nutzung und Betrieb	Verursacher- prinzip
Rohstoffgewinnung			x
Herstellung Baustoffe			x
Errichtung Gebäude			x
Erhalt von Gebäuden			x
Modernisierung			x
Energieträger:			
• Brennstoffe (Gas, Öl ...)	x	x	x
• Fernwärme		x	x
• Strom für Raumwärme und Warmwasser		x	x
• Nutzerstrom		(x)**	x
Rückbau			(x)*
Entsorgung			(x)*
Recycling			(x)*
Jährliche	102 Mio. t	297 Mio. t	364 Mio. t
THG-Emissionen	CO₂-Äq	CO₂-Äq	CO₂-Äq
(Bezugsjahr)	(2023)	(2014)	(2014)
Anteil THG-Emissionen	14–16 %	30–33 %	38–40 %

Laut der Studie von Ramseier/Frischknecht (2020) entfallen gemäß dem Verursacherprinzip rund 40 % beziehungsweise 364 Mio. t CO₂-Äq der gesamtdeutschen THG-Emissionen auf das Handlungsfeld Gebäude (siehe Abbildung 2). Dies ergibt sich aus der Addition der direkten Emissionen nach Quellprinzip (hier 117 Mio. t CO₂-Äq), mit vorgelagerten beziehungsweise indirekten Emissionen aus der Bereitstellung des Brennstoffs und für Strom in Höhe von 180 Mio. t CO₂-Äq und Emissionen aus der Bauwirtschaft sowie direkten und vorgelagerten Emissionen ihrer Zulieferer (insgesamt 65 Mio. t CO₂-Äq). Diese wurden ins Verhältnis zu den Gesamtemissionen von 2014, die mit 912 Mio. t CO₂-Äq angegeben wurden, gesetzt.

Die für die Bilanzierung gemäß Verursacherprinzip benötigte Datenbasis ist nur sehr eingeschränkt verfügbar. Vermutlich ist dies ursächlich verantwortlich für die geringe Anzahl an Publikationen zu den THG-Emissionen des Handlungsfelds Gebäude. Anders als die Bilanzierung nach Quellprinzip erlaubt sie aber eine ganzheitliche Analyse der Wirkung von Maßnahmen zur THG-Minderung im Gebäudesektor. Ein Überblick zu den berücksichtigten Emissionsbestandteilen der jeweiligen Bilanzierungsmethodik findet sich in Tabelle 1.

Vor- und Nachteile der Bilanzierungssystematiken

Da die Bilanzierung gemäß Quellprinzip Teil der nationalen und internationalen Berichterstattung ist, existiert hierfür eine fundierte Datenbasis, die ein jährliches Update der nationalen Emissionsmengen aufgeteilt nach Wirtschaftssektoren erlaubt. Der Anteil des Gebäudesektors an den gesamten THG-Emissionen in Deutschland bei sektoraler Abgrenzung entsprechend dem KSG beträgt aktuell, je nach Betrachtungsjahr, 14–16 %. Der absolute Wert beläuft sich für das Jahr 2023 auf rund 102 Mio. t CO₂-Äq (siehe Abbildung 3).

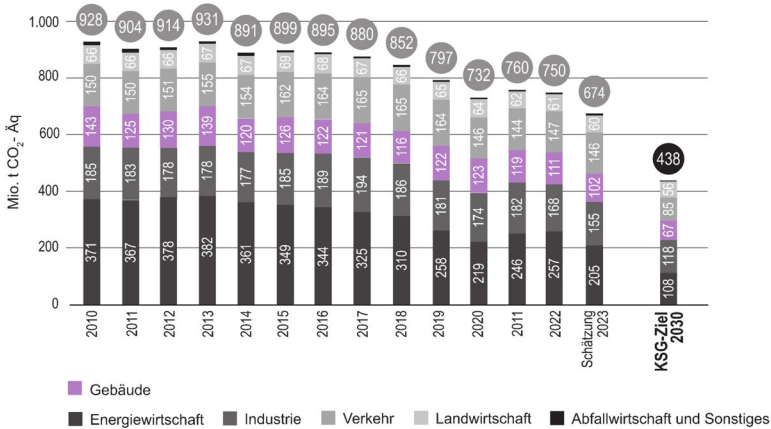
Der Vergleich der Emissionsmengen je nach Bilanzierungsmethodik in Tabelle 1 zeigt, dass mit dem Quellprinzip nur ein geringer Teil der gebäudebedingten Emissionen erfasst wird (ca. ein Drittel). Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die indirekten Emissionen der Nutzungs- und Betriebsphase nicht berücksichtigt werden. Die Gesamtemissionen von Verursacherprinzip und »Nutzung und Betrieb« liegen deutlich näher beieinander. Perspektivisch ist davon auszugehen, dass sich die Lücke zwischen Quellprinzip/Nutzungs- und Betriebsphase sowie dem Verursacherprinzip stetig vergrößert, da sich die Mehrzahl der energiepolitischen Instrumente auf die Reduktion der THG-Emissionen in der Nutzungsphase konzentriert (allen voran die Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle sowie eine effizientere Anlagentechnik). Somit ist davon auszugehen, dass diese Emissionen überproportional sinken, wohingegen der bauliche Aufwand (beispielsweise durch zusätzliche Verwendung von Dämmstoffen oder aufwendige Anlagentechnik) zunimmt. Hinzu kommt, dass Maßnahmen wie die Wärmedämmung der Gebäudehülle oder der Austausch von Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung zusätzliche graue Emissionen auslösen, die erst im Laufe des weiteren Gebäudebetriebs kompensiert werden können. Diese Emissionssteigerungen werden einerseits nicht im Gebäudesektor bilanziert und wirken

sich daher nicht auf die Einsparziele aus. Andererseits sind sie aber auch nicht in den Entwicklungsszenarien der anderen Sektoren berücksichtigt.

Das KSG in der Version von 2021 sieht allerdings vor, dass die festgelegten Einsparpfade zwingend innerhalb eines Sektors und durch Regelsetzungen der hierfür zuständigen Ressorts eingehalten werden sollen. Da im Gebäudesektor nur die direkten Emissionen die durch Bereitstellung von Raumwärme, Kühlung und Warmwasser entstehen, bilanziert werden, reduzieren sich die Möglichkeiten zu Einsparungen entsprechend auf diese Faktoren. Dass dies nicht zuletzt aus volkswirtschaftlicher Sicht problematisch ist, illustriert eine Betrachtung der sogenannten CO₂-Vermeidungskosten. Dieser Begriff beschreibt den Betrag, der für die Reduktion einer bestimmten CO₂-Menge gegenüber einer Referenztechnologie anfällt. Er bezeichnet also die effektiven Kosten einer Klimaschutzmaßnahme pro Tonne vermiedener CO₂-Emissionen. Der Einsparpfad des KSG 2021 sieht für den Gebäudesektor im Zeitraum ab Geltung bis 2023 eine Einsparung von 51 Mio. t CO₂-Äq vor. Demgegenüber stehen im selben Zeitraum hochgerechnete 175 Mrd. Euro Mehrinvestitionen in Gebäude. (Boston Consulting Group (BCG) 2021) Im Vergleich hierzu stehen der angestrebten Reduktion um 68 Mio. t CO₂-Äq im Sektor Industrie bis 2030 lediglich ca. 50 Mrd. Euro an Mehrinvestitionen gegenüber.

Die bekannte Einteilung in sechs Sektoren, darunter der Sektor Gebäude, ist zwar für die Messbarkeit und Vergleichbarkeit der Berichterstattung nach Quellprinzip beziehungsweise dem CRF (Common Reporting Format) sinnvoll, birgt jedoch insbesondere einen massiven Nachteil: Es können kaum sektorenübergreifende Anreize geschaffen werden. Strengere Anforderungen, beispielsweise hinsichtlich der Reduzierung grauer Energie beziehungsweise grauer Emissionen kommen in diesem Fall größtenteils dem Industriesektor zugute und sind wiederum von »freiwilligen« Ambitionen anderer Sektoren abhängig.

Abbildung 3: Entwicklung der THG-Emissionen in Deutschland (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2024a)



Um der beschriebenen Problematik entgegenzuwirken, werden im KSG 2024 keine sektorscharfen Zielvorgaben mehr gemacht, sondern es werden sektorübergreifende zulässige Jahresemissionsmengen vorgegeben. Dies könnte zu einer Schwächung der sektoralen Verantwortung führen. Auf der Basis von Prognosen der zukünftigen Jahresemissionsmengen erfolgt die Einschätzung der Zielerfüllung beziehungsweise der Zielverfehlung, woraus mögliche Nachsteuerungsmechanismen ausgelöst werden können (BMWK 2024b).

Im Sinne des Verursacherprinzips müssen Ambitionen dem entsprechenden Handlungsfeld zugutekommen, weshalb eine Aufweitung auf eine sektorenübergreifende Betrachtung des gesamten Handlungsfelds Gebäude notwendig ist. Das im April 2024 novellierte KSG greift zwar eine sektorübergreifende Betrachtung zulässige Jahresemissionsmengen auf, nutzt dies aber vorrangig zur Verrechnung der Emissionen zwischen den einzelnen Sektoren. Dies bevorteilt insbesondere die Sektoren Verkehr und Gebäude, da hier in den vergangenen Jahren immer wieder die Ziele verfehlt worden sind, so dass kurzfristige Maßnahmenpakete zur Zielerfüllung auf den Weg gebracht werden mussten.

BBSR-Forschungsprojekt: Wechselwirkungen des Gebäudesektors mit den anderen Klimaschutzsektoren in Deutschland

Im Handlungsfeld Gebäude sind die THG-Emissionen nicht nur im Gebäudesektor, sondern auch in anderen Sektoren des Klimaschutzgesetzes abgebildet. Das Projekt betrachtet die Wechselwirkungen zwischen den Sektoren sowie Reduktionspotenziale ausgehend vom Handlungsfeld Gebäude.

Darüber hinaus lässt die Betrachtung des Gebäudesektors im Quellenprinzip die über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden entstehenden THG-Emissionen außer Acht. Die Herstellung von Baustoffen, die Errichtung von Gebäuden sowie der Rückbau und das Recycling von Baustoffen verursachen weitere Umweltwirkungen, die in anderen Sektoren anfallen.

Im Rahmen der Studie wurde deshalb untersucht, welche Wechselwirkungen zwischen dem Gebäudesektor und weiteren Sektoren nach KSG bestehen (durch eingesetzte Materialien und politische Maßnahmen), welche THG-Reduktionspotenziale sich im Handlungsfeld Gebäude ergeben und wie diese THG-Emissionen beziehungsweise -Minderungen sektorübergreifend bilanziert und ggf. zugeordnet werden könnten.

Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de> abrufbar.

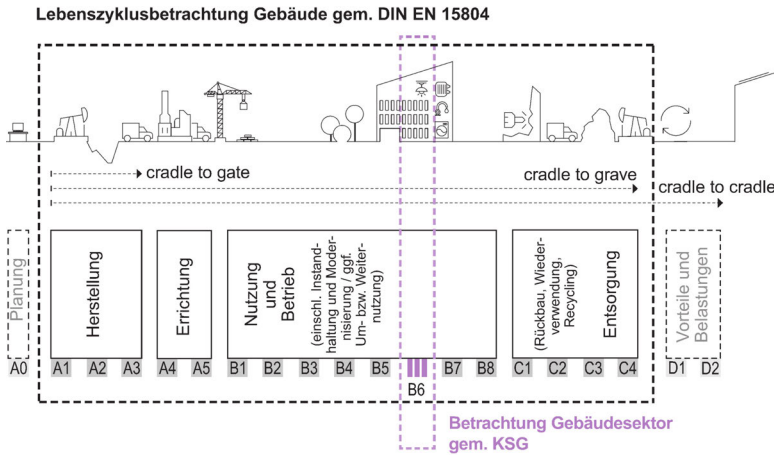
Lebenszyklus eines Gebäudes

Gegenüber den oben vorgestellten Bilanzierungsmethoden ermöglicht eine Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus, dass ökologische und ökonomische Aufwendungen über die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes ganzheitlich abgebildet werden. In Bezug auf eine Emissionsminderung im Handlungsfeld Gebäude können somit nicht nur direkte Emissionen (vgl. Betrachtung nach KSG), sondern auch indirekte Emissionen (zum Beispiel durch Herstellungsprozesse der Bauprodukte, Transporte, Fügung von Baustoffen mit unterschiedlichem Potenzial der Trennung und Wiederverwendung etc.) sichtbar gemacht werden.

Die Phasen im Lebenszyklus von Gebäuden werden als Lebenswegmodule gemäß DIN EN 15978:2012-10 und DIN EN 15804:2022-03 beschrieben. Demnach ist der Lebenszyklus eines Gebäudes in vier Bereiche mit zugehörigen Modulen aufgeteilt (Abbildung 4). Die vorgelagerte Planungsphase und die Module D1 und D2 liegen außerhalb der nach DIN definierten Systemgrenze

eines Gebäudes; DIN-konform werden positive und negative Emissionswerte hier nur informativ mitgeführt.

Abbildung 4: Module des Lebenszyklus eines Gebäudes (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03 sowie LIST-Gruppe)



Politische Instrumente im Handlungsfeld Gebäude

Um die klimapolitischen Ziele im Gebäudesektor zu erreichen, sind politische Instrumente notwendig und in Teilen vorhanden, wobei sich diese jeweils den drei Grundprinzipien »Fordern«, »Fördern« und »Informieren« zuordnen lassen.

Das Prinzip »Fordern« wird durch das Ordnungsrecht adressiert, welches die Gesamtheit der Rechtsvorschriften umfasst, die von beteiligten Akteuren im Handlungsfeld Gebäude erfüllt werden müssen. Ergänzend dazu entsprechen förderrechtliche Instrumente dem Prinzip »Fördern«, wobei Antragstellende Zuwendungen aus Förderprogrammen beantragen können, sofern sie die jeweiligen Förderbedingungen erfüllen. Dabei dient die Förderung dem Zweck, solche Maßnahmen zu fördern, die dem Ziel des Klimaschutzes zuträglich sind und über die jeweiligen ordnungsrechtlichen Vorgaben hinausgehen. Erforderlich ist die Förderung meist zur Schließung einer Wirtschaftlichkeitslücke bei Klimaschutzmaßnahmen. Instrumente

aus dem Bereich »Informieren« können als flankierend angesehen werden, da sie die Beteiligten des Baubereichs insbesondere auf die Notwendigkeit von Klimaschutzmaßnahmen und das Vorhandensein von entsprechenden ordnungs- und förderrechtlichen Instrumenten hinweisen sollen, aber auch Lösungsansätze und gute Beispiele darstellen. Es ist davon auszugehen, dass ohne informierende Instrumente die Potenziale der ordnungs- und förderrechtlichen Instrumente nicht ausgeschöpft würden.

Im Folgenden werden die im Handlungsfeld Gebäude wesentlichen Instrumente des Bundes vorgestellt und im Hinblick ihrer Wirkung auf einen klima- und ressourcenschonenden Gebäudebestand eingeordnet. Bundesländer und Kommunen stellen äquivalent eigene Instrumente in allen drei Bereichen zur Verfügung. Diese werden an dieser Stelle jedoch aufgrund ihrer Vielzahl und Unterschiedlichkeit nicht weiter erläutert.

Als ordnungsrechtliches Instrument stellt das **Gebäudeenergiegesetz (GEG)** Anforderungen an die Energieeffizienz (Gebäudehülle) und die Energieversorgung (Art der Wärmebereitstellung mit anteiliger Nutzung erneuerbarer Energien) von Neubauten. Hiermit werden unter anderem die Anforderungen der EPBD 2018 zur Einführung des Niedrigstenergie-Gebäudestandards umgesetzt. An bestehende Gebäude werden sogenannte bedingte Anforderungen gestellt. Diese müssen dann erfüllt werden, wenn am Gebäude größere Änderungen vorgenommen werden. Mit dem GEG sind ebenfalls Anforderungen an Energieausweise als informatives Instrument verbunden, welche beim Neubau (Bedarfsausweis) immer und bei Bestandsgebäuden anlassbezogen auszustellen sind.

→ Derzeit ist die Methodik des GEG nicht kompatibel mit der notwendigen Dekarbonisierung des Gebäudesektors zum Erreichen der Klimaziele bis 2045 (dena 2023). Das GEG regelt zudem lediglich die Anforderungen an den Betriebsenergiebedarf in der Nutzungsphase, vernachlässigt aber graue Energie und graue Emissionen, die bei der Herstellung, Rückbau, Abbruch und Entsorgung eines Gebäudes anfallen.

Problematisch sind unter anderem Bauteile und Wärmeerzeuger, die noch in den kommenden Jahren eingebaut werden können und dabei nicht mit den energetischen Anforderungen eines klimaneutralen Gebäudebestands kompatibel sind. Auch die Referenzgebäudemethodik und der Nutzflächenbezug der relevanten Kennwerte stellen Problemfelder dar. Zum einen kommt es aufgrund langer Investitionszyklen im Gebäudesektor zu Lock-in-Effekten, da davon auszugehen ist, dass diese Bauteile und Wärmeerzeuger bis ins Jahr

2045 nicht erneut ausgetauscht werden müssen, zum anderen referenziert die Bilanzierungsmethodik auf relative und keine absoluten Grenzwerte, so dass ein angemessener, bedarfsorientierter Verbrauch von Ressourcen faktisch keine Rolle spielt.

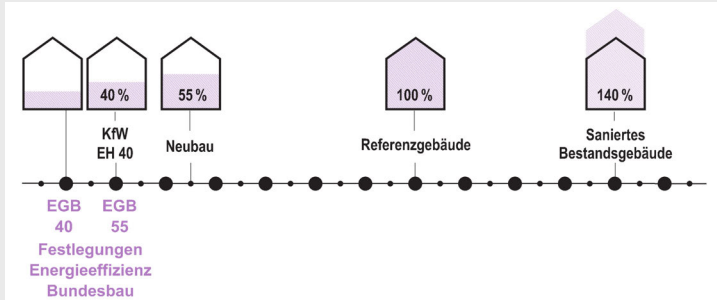
Anreize für mehr Klimaschutz im Handlungsfeld Gebäude sollen unter anderem durch die Einführung des sogenannten CO₂-Preises gelingen. Im Jahr 2021 wurde entsprechend dem **Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)** eine CO₂-Bepreisung eingeführt (Bundesministerium der Justiz, Bundesamt für Justiz 2019). Das nationale Emissionshandelssystem (nEHS) erfasst seitdem die Bereiche Wärme und Verkehr, die im europäischen Emissionshandel (EU-ETS) nicht erfasst sind. Die Menge der verfügbaren Emissionszertifikate orientiert sich dabei an den deutschen THG-Minderungsverpflichtungen der EU-Klimaschutzverordnung. (Europäisches Parlament/Europäischer Rat 2018). Voraussichtlich ab dem Jahr 2027 wird das nEHS in ein europäisches Emissionshandelssystem für Gebäude, Straßenverkehr und weitere Sektoren (EU-ETS 2) überführt. (Umweltbundesamt 2023d) Die CO₂-Bepreisung wirkt sich insbesondere positiv auf die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur CO₂-Einsparung aus und setzt hierdurch Anreize. Es soll erreicht werden, dass dort Maßnahmen zur CO₂-Emissionsminderung durchgeführt werden, wo dies ökonomisch am sinnvollsten, also mit den geringsten CO₂-Minderungskosten, durchgeführt werden kann.

BBSR-Fachbeitrag: Vorbildfunktion Bundesbau? Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu-/ Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes (EEFB)

Vom Bund genutzte Gebäude sollen Vorbild für Energieeffizienz, Klimaschutz und nachhaltiges Bauen sein. Die geltenden gesetzlichen energetischen Mindestanforderungen sollen deutlich übererfüllt werden. Die Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu-/Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes (EEFB) wurden vom Bundeskabinett am 25. August 2021 beschlossen. Neubauten des Bundes müssen künftig mindestens 60 % energieeffizienter sein als die gesetzlichen Anforderungen an den Neubau; Gebäudesanierungen mindestens 45 % energieeffizienter. Auch Mietobjekte sind ab 2025 bei Vertragsdauern von über 15 Jahren betroffen (Die Bundesregierung 2021b). Kritik besteht darin, dass zu hohe Anforderungen an die Energieeffizienz gestellt werden, sodass innovative

Lösungen beispielsweise hinsichtlich Ressourcenschonung und Lowtech-Lösungen kaum umzusetzen sind.

Abbildung 5: Festlegungen und Zielwerte zu aktuellen Gebäudestandards (BBSR, eigene Darstellung)



Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de/> abrufbar.

EXKURS: Inwertsetzung von Natur zur Lösung von Umweltproblemen?

Der Natur einen Preis zu geben, wird immer häufiger von Politik und Wissenschaften diskutiert. Wenn Dinge keinen Wert, also keinen Preis haben, so die Meinung, dann wird mit ihnen nicht sorgfältig umgegangen. Es gibt jedoch viele weitere Einflüsse, wie zum Beispiel ethische oder soziale Aspekte, welche mit Geld nicht messbar sind. Trotz allem lässt sich beobachten, dass die Politik immer häufiger auf monetäre Argumente setzt, und damit auf den Versuch, die Umweltproblematik stärker in das globale Wirtschaftssystem zu integrieren.

Auch der Stern-Bericht von 2007 bekräftigt diese These. Darin wird die Umweltthematik auf eine einfache Formel heruntergebrochen: Die Kosten für den Klimaschutz werden mit zunehmender Untätigkeit immer höher, bis sie, bei zu spätem Handeln, nicht mehr tragbar sind. Der neuere Stern-Bericht (2015) führt diese Aussage weiter. Es wird ergänzt, dass durch techno-

logische Innovationen Klima und Ökonomie gleichermaßen gewinnen können. Der internationale TEEB-Report (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) wählt einen anderen Blickwinkel. Er stellt fest, dass die weit vernetzten Strukturen und unbekanntes Themenfelder der Natur eine Messbarkeit verhindern. Somit ist eine Berechnung dieses komplexen Systems nicht möglich. Aber auch hier wird das Vertrauen in wirtschaftliche Argumente bekräftigt. So wird darin eine ökonomische Bewertbarkeit zur Anerkennung der Biodiversität verlangt. Das Leitmotiv »Man kann nichts bewerten, was man nicht sehen kann« suggeriert, dass alles, was berechnet auch beherrscht werden kann.

Die Inwertsetzung ist für die globale Kapitalisierung von großer Bedeutung. Dabei bedeutet der Begriff nicht die öffentliche Wertschätzung von Ressourcen, sondern vielmehr ihre Eingliederung in den kapitalistischen Weltmarkt. Diese Eingliederung beinhaltet neben der Ausbeutung von Gebieten auch die drastischen Veränderungen von Sozial- und Geschlechterverhältnissen. Die Inwertsetzung ist nicht warenausgebunden, sie besteht aus einem stufenförmigen Konzept (Definieren der Ressource -> Konstituieren -> Identifizieren -> Extrahieren -> Integration in den Weltmarkt). Die Stufen gehen mit sozial-ökologischen Auseinandersetzungen einher. Beispiele hierfür sind die Einmischung in andere Kulturen und ihre Lebensweisen sowie in Eigentums- und Nutzungsformen. Insbesondere die Inbesitznahme von Landteilen und ihrer Ressourcen führt zu großen Spannungen. So leitet die monetäre Betrachtung nicht zu einer gesteigerten Wertschätzung der Natur und ihrer Ressourcen, sondern eher zu einer »Neoliberalisierung der Natur« (Castree, 2008, Übers. CG).

Zusammengefasst nach Christoph Görg (Bauriedl 2015)

Ergänzend zu den ordnungsrechtlichen Instrumenten bieten Förderinstrumente wirtschaftliche Anreize für Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und THG-Minderung in bestehenden Gebäuden sowie im Neubau. Mit der **Bundförderung für effiziente Gebäude (BEG)** unterstützt der Bund finanziell bei der Umsetzung von Maßnahmen, deren Effizienzniveaus über die ordnungsrechtlichen Anforderungen hinaus gehen. Die BEG-Förderung gliedert sich in Einzelmaßnahmen (beispielsweise Austausch des Wärmeerzeugers, Dämmmaßnahmen) und systemische Maßnahmen, bei denen die Gebäude als Ganzes bestimmte Effizienzniveaus erreichen müssen. Die systemischen

Maßnahmen lassen sich wiederum unterteilen in die Sanierung von Bestandsgebäuden und klimafreundliche Neubauten.

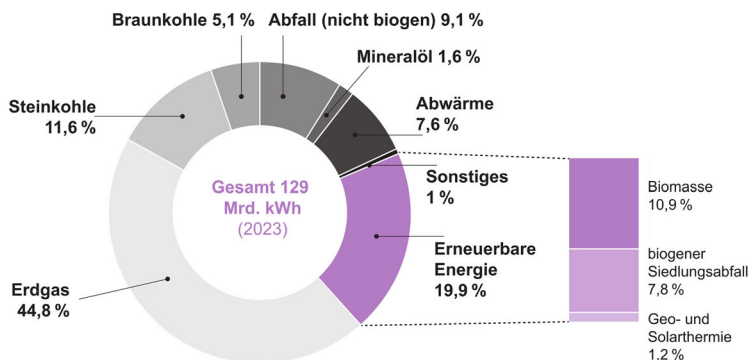
- Die aktuelle Ausgestaltung der Sanierungsförderung der BEG adressiert im Wesentlichen die Energieeffizienz und THG-Emissionen der Betriebsphase. Daher werden nicht die gesamten THG-Emissionen der Sanierungsmaßnahmen zur Erreichung eines bestimmten Effizienzniveaus berücksichtigt. Die verstärkte Fokussierung auf die Sanierung des Gebäudebestands sowie die Gebäude mit der schlechtesten energetischen Qualität (worst performing building beziehungsweise WPB) erhöht den Hebel der Förderung im Hinblick auf einen klimaneutralen Gebäudebestand.

Auch die Transformation der Wärmenetze hin zur THG-Neutralität bildet eine wichtige Säule auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand, da perspektivisch der Großteil der Wärmeversorgung über regenerativ betriebene Wärmepumpen und Wärmenetze bewerkstelligt werden soll. Wärmenetze stellen insbesondere in dicht besiedelten Gebieten eine präferierte Option zur Wärmeversorgung dar. Mit der **Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)** setzt die Bundesregierung den Fokus auf die Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze sowie dem Bau neuer Wärmenetze mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien. Derzeit basiert der Großteil der Wärmeerzeugung in deutschen Wärmenetzen auf fossilen Energien (vgl. Abbildung 6). Erneuerbare Energien nahmen im Jahr 2023 demnach einen Anteil von rund 20 % ein, wovon wiederum der größte Teil aus der Verbrennung von Biomasse und Siedlungsabfällen stammt.

- Um den Ausbau von Wärmenetzen in Deutschland zu beschleunigen, ist mit dem Wärmeplanungsgesetz eine bundesweite Pflicht zur Wärmeplanung auf kommunaler Ebene eingeführt worden. Diese versteht sich als ein Instrument der strategischen Planung, mit der eine klimaneutrale, leitungsgebundene Energieversorgung auf regionaler Ebene bis zum Jahr 2045 sichergestellt werden soll. Als Zwischenziel wird die Nutzung von 50 % erneuerbaren Energien bis 2030 in Wärmenetzen ebenfalls verbindlich vorgegeben. (BMWK 2024a) Die Wärmepläne beinhalten unter anderem eine Analyse der aktuellen und perspektivischen Wärmebedarfe sowie des regional vorhandenen Potenzials erneuerbarer Energien. Darauf aufbauend sollen Gebiete für den Ausbau oder den Rückbau der leitungsgebundenen Energieversorgung ausgewiesen werden (Wärmenetz, Gasleitungen, Versorgung mit Biogas/Wasserstoff, Stromnetze). Hierdurch soll allen beteiligten

Akteuren die notwendige Investitionssicherheit gegeben werden. (BMWK 2023)

Abbildung 6: Nettowärmeerzeugung nach Energieträgern der Fernwärme-/kälteversorger in Deutschland in 2023 (BBSR, eigene Darstellung nach destatis/bdew 2024; Stand 04/2024)



Um die Potenziale der ordnungs- und förderrechtlichen Instrumente tatsächlich ausschöpfen zu können, sind flankierend informierende Instrumente notwendig. Anreize müssen in der Breite bekannt sein, ebenso wie fachliche Informationen zur Umsetzung von Maßnahmen am Gebäude. Der Bund, aber auch Bundesländer, Kommunen und privatwirtschaftliche Akteure sowie Kammern und Verbände bieten umfassende Informationsquellen, Plattformen und Beratungsangebote zum Klimaschutz im Handlungsfeld Gebäude. Die bereits benannten staatlichen Förderprogramme kombinieren finanzielle Anreize mit umfangreichen Informationsmaterialien zum klima- und ressourcenschonenden Bauen. Ein wichtiger Baustein der Informationsbereitstellung sind individuelle Beratungsangebote, zum Beispiel durch die Verbraucherzentrale oder weitere eingetragene Vereine und Verbände, wie Caritas oder BUND. Mit der Bundesförderung der Energieberatung für Wohngebäude (EBW) finanziert der Bund von qualifizierten Expertinnen und Experten durchgeführte Energieberatungen anteilig. Insbesondere der Bereich »Informieren« entwickelt sich dynamisch, sodass eine umfängliche Zusammenfassung an dieser Stelle nicht erfolgt. Auf Bundesebene werden weiterführende Informationen insbesondere von den für Umwelt, Klima und Bauen zuständigen Ministerien und ihren nachgeordneten Behörden wie das

Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungskontrolle (BAFA), das Umweltbundesamt (UBA) und das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) sowie öffentlichen Unternehmen wie die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) zur Verfügung gestellt.

Auf nationaler Ebene sind bereits eine Vielzahl von Instrumenten vorhanden, die auf eine Erreichung der THG-Emissionsminderungsziele hinwirken. Diese sind jedoch in ihrer Ausgestaltung und Wirkung nicht ausreichend, um die klimapolitischen Zielsetzungen zur Klima- und Ressourcenschonung im Handlungsfeld Gebäude zu erfüllen, wie im Folgekapitel dargestellt wird.

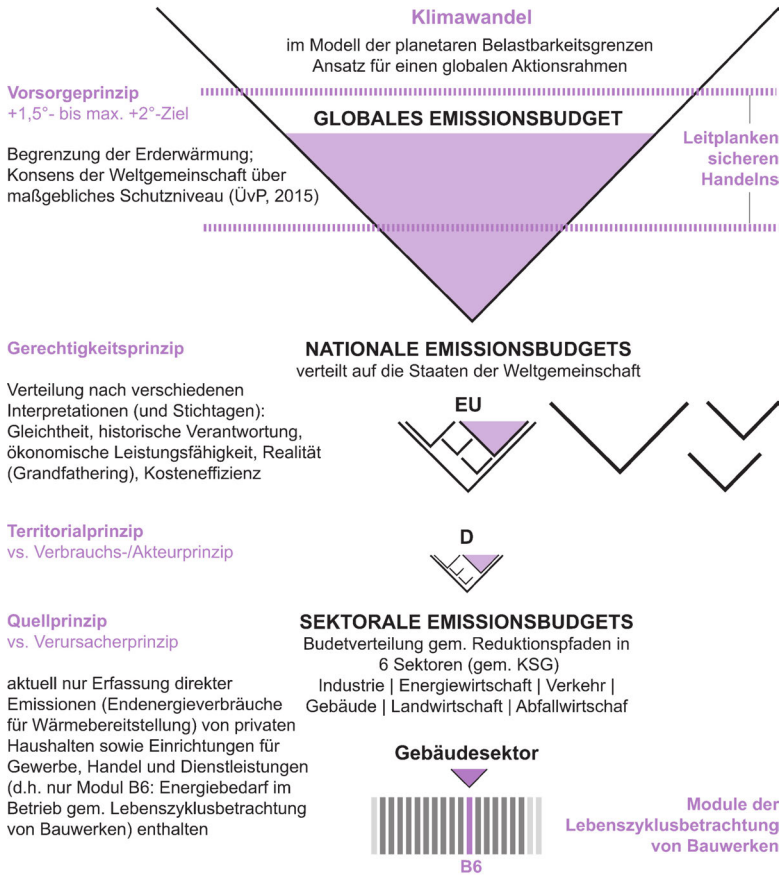
Lücken in der klimapolitischen Zielsetzung

Ansätze von global verfügbaren CO₂-Budgets⁴ erscheinen ein sinnvolles Werkzeug, verfügbare CO₂-Budgets für Länder, Sektoren beziehungsweise Handlungsfelder abzuleiten und diese entsprechend in nationale Klimaschutzziele zu überführen.

Gemäß den aktuellen Ausführungen und der Methodik zur CO₂-Budgetberechnung des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU 2022) ergibt sich bei Annahme eines globalen Restbudgets ab 2020 von 775 Gt CO₂⁵ ein CO₂-Rest-Budget für Deutschland von aktuell 6,1 Gt CO₂⁶. Bei der Berechnung handelt es sich um reine CO₂-Budgets. »Andere Treibhausgase und Aerosole sind oft kurzlebiger und können daher in ihrer Wirkung auf das Klima über lange Zeiträume nicht wie CO₂ als eine sich stetig aufsummierende Gesamtmenge bilanziert werden.« (SRU 2020: 40)

-
- 4 Gemäß den einleitenden Erklärungen zu Begriffen ist es nötig, sich stets einheitlich auf CO₂- oder THG-Emissionen zu beziehen.
 - 5 Basierend auf IPCC (2021) mit der Annahme der interpolierten Werte des IPCC AR 6 und einer Interpretation der Pariser Ziele im Sinne einer Erderwärmung um 1,75 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 %.
 - 6 Stand 04/2022; folgende Parameter liegen zugrunde: Als Berechnungsbeginn für den Budgetzeitraum wird in Anlehnung an den Startpunkt des Pariser Klimaabkommens 2016 angesetzt und die damalige anteilige Bevölkerungszahl Deutschlands an der Weltbevölkerung zugrunde gelegt. Neben der Pro-Kopf-Allokation bleibt die im NDC der EU gewählte Grandfathering-Allokation erhalten, das heißt, historische Emissionen werden vernachlässigt. Als Ausgleich wird ein ambitionierteres Niveau (1,75 °C/67 %) für den Temperaturanstieg und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens berücksichtigt.

Abbildung 7: Disaggregieren des globalen Emissionsbudgets bis zum Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung)



→ Mit den Zielen des KSG ist gerade noch das Erreichen des 2 °C-Ziels im Sinne des Vorsorgeprinzips mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen (SRU 2022). Ziele des Pariser Abkommens, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst jedoch auf 1,5 °C zu begrenzen, werden verfehlt.

Die nationalen Klimaschutzziele beziehen sich nicht auf ein konkretes CO₂-Budget, sondern setzen bestimmte Zieljahre für das Erreichen von Klimaneutralität. National verfügbare Budgets wurden also noch nicht in nationale Klimaschutzziele umgesetzt. Klimawissenschaftlich wird dieses Vorgehen kriti-

siert, da mit dem Erreichen der Klimaneutralität zu diesem Zeitpunkt das nationale CO₂-Budget bereits aufgebraucht sein kann, entsprechend bestünde eine Ambitionsücke.

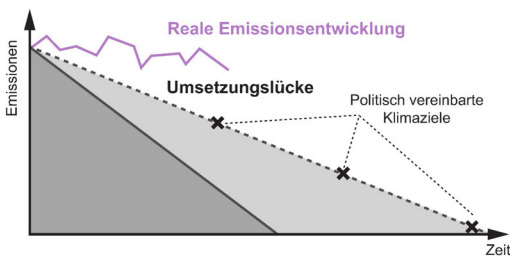
Ausgehend davon, dass das Handlungsfeld Gebäude nach Ramseier & Frischknecht (2020) für 40 % der THG-Emissionen verantwortlich ist, kann man bei der Annahme gleichbleibender Verhältnisse von CO₂ zu anderen Treibhausgasen annehmen, dass dem Handlungsfeld Gebäude aktuell noch 2,44 Gt CO₂ (Mrd. CO₂) ab 2022 zur Verfügung stehen.

- Nach heutigem KSG wäre das Budget im Jahr 2032 bereits aufgebraucht. Eine Netto-CO₂-Neutralität im Handlungsfeld Gebäude müsste somit bis zum Jahr 2032 erreicht werden, anstelle erst 2045.

Umsetzungs- und Ambitionsücke der Klimaziele im Gebäudesektor

Die Umsetzungs- und Ambitionsücke sowie die Transparenzücke durch mangelnde öffentliche Kommunikation der erstgenannten beiden Aspekte wird durch nachstehende Grafik des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) nochmals verdeutlicht:⁷

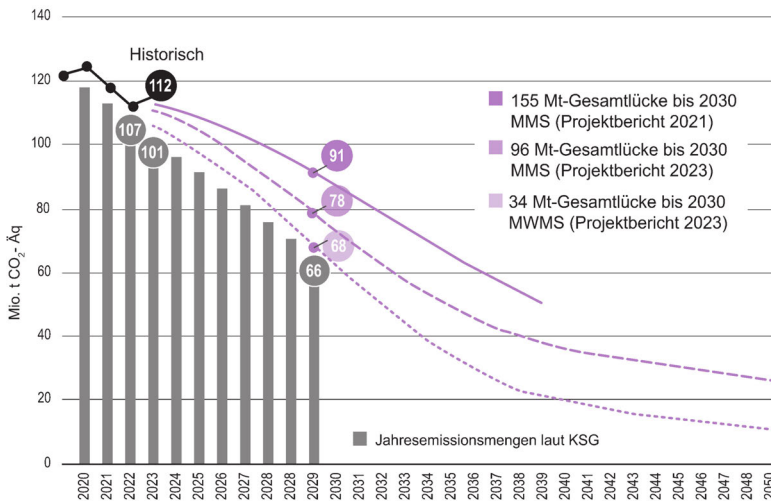
Abbildung 8: Schematische Darstellung der Ambitions- und Umsetzungsücke in der Klimapolitik (BBSR, eigene Darstellung nach SRU 2020)



7 Die nationale Klimapolitik kann nach SRU (2022) durch drei Kriterien eingeordnet werden: die Umsetzungslücke (politisch beschlossene Ziele und tatsächliche Emissionsreduktion), die Ambitionsücke (politisch beschlossene Ziele und ihre Angemessenheit bezüglich des Pariser Klimaabkommens) sowie die Transparenzücke (öffentliche Kommunikation nationaler Ambitions- und Umsetzungslücken).

Der Projektionsbericht 2023 für Deutschland bestätigt das Verfehlen der Ziele zur Treibhausgasminderung und damit die Umsetzungslücke insgesamt sowie für den nach KSG festgelegten Sektorenzuschnitt (Umweltbundesamt 2023e). Im Gebäudesektor ist der Trend einer zielfadkonformen, linearen Absenkung der direkten Emissionen bis 2030 erkennbar. Jedoch werden seit 2020 die festgelegten Jahresemissionsziele verfehlt (siehe Abbildung 9). Die jetzt schon bestehende Lücke zwischen dem Zielwert und der tatsächlichen jährlichen Emission wird zukünftig sehr wahrscheinlich noch größer werden. Dies gilt insbesondere für das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS), bei dem die bereits implementierten Maßnahmen zur Emissionsminderung in allen betrachteten Sektoren berücksichtigt werden. In geringerem Maße gilt dies aber auch für das Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS), in welchem zusätzlich auch geplante, aber noch nicht verabschiedete Instrumente einfließen.

Abbildung 9: THG-Emissionen im Gebäudesektor entsprechend Projektionsbericht 2023 (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2023e). Die Auswirkungen der Nachfrage an Bauprodukten, das heißt, indirekte Emissionen, die im Handlungsfeld Gebäude beeinflusst werden können, fallen derzeit in die Sektoren Industrie, Energie usw. und können nicht transparent in ihrem Trendverlauf abgebildet werden



Fazit

Sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene existiert ein politischer Rahmen, der den Weg in Richtung eines klimaneutralen Gebäudebestands vorgibt. Dabei besteht allerdings eine Lücke zwischen dem aus dem Zwei-Grad-Ziel ableitbaren, verbleibenden Emissionsbudget und den nationalen Emissionsminderungszielen aus dem KSG.

Auf nationaler Ebene sind zahlreiche Instrumente vorhanden, die auf eine Erreichung der THG-Emissionsminderungsziele hinwirken. Diese adressieren jedoch, entsprechend der Ausgestaltung des KSG, überwiegend die einzelnen nach Quellprinzip bilanzierten Wirtschaftssektoren. Dies hat zur Folge, dass bei der Betrachtung des Gebäudesektors nur ein Teil (die direkten Emissionen) der durch das Handlungsfeld Gebäude verursachten Emissionen berücksichtigt wird, wodurch eine ganzheitliche Bewertung und Ausgestaltung von Maßnahmen zur Emissionsminderung nicht möglich ist.

Für eine ganzheitliche Bewertung bietet sich die Lebenszyklusanalyse an, da hierbei die Emissionen der vor- und nachgelagerten Prozesse beim Neu- oder Umbau von Gebäuden, beziehungsweise bei Emissionsminderungsmaßnahmen insgesamt, erfasst werden können. Zusätzlich erlaubt dieses Werkzeug die Bilanzierung von knappen Ressourcen, die neben den THG-Emissionen eine Relevanz für die Umwelt und das Klima haben.

03 Was bedeuten die planetaren Grenzen für den Gebäudebestand?

Svenja Binz, Juliane Jäger, Jörg Lammers

Der Klimawandel wird im öffentlichen Diskurs fast ausschließlich als ein Problem der Nutzung fossiler Energieträger und der dadurch verursachten CO₂-Emissionen wahrgenommen. Angesichts der Vielschichtigkeit globaler Umweltprobleme stellt sich jedoch die Frage, ob eine Dekarbonisierung für einen transformativen Wandel des globalen Wirtschaftens und dem damit einhergehenden Umweltverbrauch wirklich ausreichend ist. Die globale Abstraktion auf nur einen relevanten Indikator erscheint im Hinblick auf den wissenschaftlichen Nachweis von CO₂ als Treiber des Klimawandels zunächst schlüssig, birgt allerdings auch die Gefahr, anderweitig ökologisch relevantes Wissen zu ignorieren und die Umsetzung von multidimensionalen, transformativen Maßnahmen zu behindern (Moreno/Spiech Chassé/Fuhr 2016). Ferner sind Lösungsstrategien wie die durch den IPCC und die IEA als kohlenstoffarme Technologie wieder ins Spiel gebrachte Atomenergie (IEA 2019; IPCC 2022), CO₂-Kompensationsgeschäfte und dadurch verursachtes »Land Grabbing«, vermeintliche saubere Hochtechnologie (Crawford 2021) zur Erreichung der Energiewende oder auch das Erzeugen biogener Kraftstoffe fragwürdig und weisen darüber hinaus auf Problemverschiebungen im globalen Kontext hin. Das Konzept der planetaren Grenzen verdeutlicht hingegen die Komplexität globaler Systeme und benennt neun Indikatoren, die für die Bewahrung der Funktionsweise des Erdsystems berücksichtigt werden sollten. Die einfache Visualisierung globaler Zusammenhänge ist gut zu kommunizieren und intuitiv zu erfassen. Sie fördert das Problembewusstsein für die Endlichkeit der globalen Ressourcen und hilft, Problemverschiebungen – insbesondere in den globalen Süden – zu vermeiden.

Aus diesem Grund wird in diesem Kapitel das Konzept der planetaren Grenzen und dessen Anwendbarkeit im Zusammenhang mit dem politischen Ziel des klima- und ressourcenschonenden Gebäudebestands diskutiert.

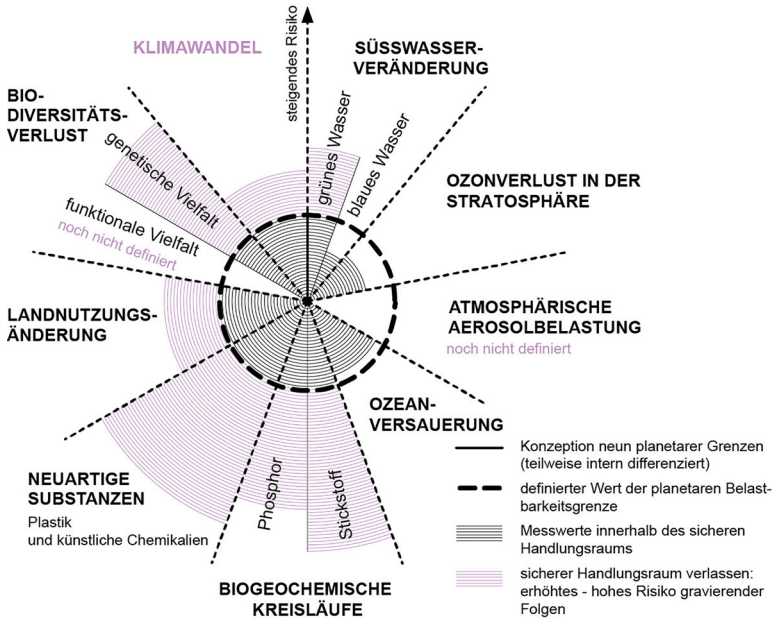
Die planetaren Grenzen als Leitplanken

Die planetaren Grenzen »definieren entlang neun miteinander verbundenen Umweltdimensionen einen sicheren Handlungsraum für die Menschheit« (Gerten 2020), der sich am über 12.000 Jahre andauernden, klimatisch relativ stabilen Zustand des Holozäns orientiert. Die wissenschaftlichen Grundlagen wurden durch Rockström/Steffen/Noone, et al. (2009) formuliert und durch Steffen/Richardson/Rockström, et al. (2015) weiterentwickelt. Auf Basis einer Zustands- und Wirkungsanalyse biophysikalischer und biogeochemischer Systemzustände und Stoffkonzentrationen werden neun globale Prioritäten bestimmt und für deren Mehrzahl Kontrollvariablen, das heißt Schwellen- und Grenzwerte, definiert. Beim Überschreiten der planetaren Grenzen, steigt die Wahrscheinlichkeit, sogenannte Kipp-Punkte zu erreichen. Das Erdsystem kann sich in diesem Fall insgesamt abrupt ändern, sodass menschliche Entwicklung deutlich erschwert wird. Außerdem steigt das Risiko, die Resilienz des Erdsystems zu minimieren.

Der Begriff »planetare Grenze« wird sowohl für das Konzept¹ als auch für den definierten Wert der Belastbarkeitsgrenze verwendet. Sieben Aspekte der neun betrachteten planetaren Grenzen – Klimawandel, Biodiversität, Veränderung der Landnutzung, biogeochemische Kreisläufe und seit 2022 auch neuartige Substanzen und modifizierte Lebensformen (Plastik und künstliche Chemikalien) sowie pflanzenverfügbares (grünes) Wasser – werden bereits jetzt als kritisch, das heißt mit gravierenden Risiken für globale Umweltveränderungen, herausgestellt (Abbildung 10).

1 Das Konzept der planetaren Grenzen formuliert vor diesem Hintergrund Abstände zu Zonen erhöhten Risikos für das Überschreiten dieser Kipp-Punkte (»Pufferabstände«) beziehungsweise Zonen erhöhten Risikos der Reduzierung der Resilienz mit der Absicht, einen holozän-ähnlichen Zustand des Anthropozäns zu erhalten (Dittrich/Limberger/Vogt, et al. 2021).

Abbildung 10: Schematische Darstellung der planetaren Belastbarkeitsgrenzen (BBSR, eigene Darstellung nach Wang-Erlandsson/Tobian/van der Ent, et al. 2022).



Die planetare Grenze des anthropogenen Klimawandels wird maßgeblich durch die Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre als Obergrenze für die Vermeidung von Klimawandelauswirkungen (IPCC 2021) beurteilt. Die atmosphärische Konzentration von CO₂ ist messbar und wird in den Berichten des Weltklimarates (IPCC 2019) ausgewertet. Sie lässt sich sowohl in Emissionsmengen als auch in Temperaturveränderungen der Erdoberfläche umrechnen² und bildete die Grundlage bei der Formulierung der Klimaziele von Paris. Klimaneutralität im Sinne der im Abkommen von Paris verwendeten Begriffe als »Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen aus Treibhaus-

2 Die Obergrenze der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre beläuft sich auf 350 ppm (parts per million). Dies ist gleichbedeutend mit einer Stabilisierung der globalen Mitteltemperatur bei ca. 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau. Die Auswertungen von 2009 mit 387 ppm und 2015 mit 396,5 ppm übersteigen den Grenzwert deutlich, woraus sich ab 2015 eine jährliche Steigerung um 2–3 ppm ableiten lässt.

gasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken ...« (UN 2015) stellt damit »einen [...] definierten Zielzustand« (dena 2020: 17) dar³.

Anwendbarkeit und Kritik des Konzepts der planetaren Grenzen

Angesichts der bereits eingetretenen regionalen Folgen des Klimawandels, die nicht nur ökologische, sondern auch erhebliche soziale Auswirkungen haben, bezeichnet der Soziologe und Transformationsforscher Christoph Görg (2016a) die Rede von einem »sicheren Handlungsraum für die Menschheit« als fragwürdig. Demzufolge werden die innerhalb des Konzepts der planetaren Grenzen formulierten Schwellenwerte, Kipp-Punkte, deren Zusammenspiel und der Fokus auf global aggregierte Werte innerhalb der Naturwissenschaften kritisch diskutiert (ebd.). Darüber hinaus sind bisher nicht alle Prozesse und Indikatoren mit belastbaren Grenzwerten hinterlegt, die ohnehin nur mit großen Unsicherheiten bestimmt werden können und von weiteren dynamischen Faktoren abhängig sind (ebd; Streissler 2016). Die »normative Implikation von Grenzen« (Görg 2016a: 242) zeigt darüber hinaus die grundsätzliche Problematik von politisch ausgehandelten Grenzwerten, da Wissen in der Regel unsicher und dynamisch ist, während konkrete Grenzwerte einen scheinbar sicheren Handlungsraum implizieren. Insbesondere das 2 °C-Ziel wird als Kompromiss zwischen wissenschaftlicher Diagnose und politischer Abwägung des Erreichbaren gesehen. Dieser Umstand verleitet unter Umständen dazu, noch vorhandene Puffer vollständig auszuschöpfen, oder kann im umgekehrten Fall zu einer fatalistischen Haltung führen, wenn definierte Schwellenwerte bereits deutlich überschritten sind.

Im Kontext sozial-ökologischer Transformationskonzepte wird die Herleitung des Konzepts der planetaren Grenzen auf Grundlage der Holozän- beziehungsweise Anthropozän-Debatte dahingehend kritisiert, dass globale, regionale und soziale Ungleichheiten zu wenig berücksichtigt werden (Görg 2016b; Wissen 2021; Malm/Hornborg 2014). Die Menschheit als Ganzes in die Verantwortung zu nehmen, obwohl in den vergangenen Jahrhunderten der weitaus größte Anteil der CO₂-Emissionen durch den globalen Norden verursacht worden sind, scheint der Idee einer globalen Gerechtigkeit, wie es beispielsweise im Brundtland-Bericht formuliert worden ist, zu widersprechen. Wie soll mit

3 Wenngleich mit diversen Unsicherheiten, zum Beispiel in Bezug auf die Klimasensitivität, Kipp-Punkte mit unvorhersehbaren Auswirkungen usw.

den bereits verursachten Umweltschäden umgegangen werden? Auch das Pariser Klimaschutzabkommen bietet diesbezüglich keine Antwort und geht zunächst von einer gleichmäßigen Pro-Kopf-Verteilung des verbleibenden CO₂-Budgets aus, ohne die historische Klimaschuld des globalen Nordens und deren Hauptverursacher in die Verantwortung zu nehmen.

Mit ihrer Missbilligung des globalen wachstumsorientierten Wirtschaftssystems greift die Wirtschaftswissenschaftlerin Kate Raworth (2018) das Konzept der planetaren Grenzen auf und ergänzt es um zwölf soziale Dimensionen, die aus den von der UNO formulierten Zielen für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals) der Agenda 2030 abgeleitet sind. Somit reagiert Raworth auch auf die Kritik am Konzept der planetaren Grenzen und ergänzt dieses um die bisher fehlenden sozialen Aspekte: »Der Donut der sozialen und der planetaren Grenzen ist eine schlichte Visualisierung der beiden Grundbedingungen – der sozialen und der ökologischen Bedingungen –, die das Fundament des allgemeinen menschlichen Wohlbefindens bilden. Das soziale Fundament markiert die innere Grenze des Donuts und bildet die Grundlagen des Lebens, die niemandem vorenthalten werden sollten. Die ökologische Decke stellt die äußere Grenze des Donuts dar, die durch den Druck des Menschen auf die lebensspendende Erde in gefährlicher Weise überschritten wird. Zwischen diesen beiden Begrenzungen liegt der ökologisch sichere und sozial gerechte Bereich, in dem die Menschheit prosperieren kann.« (Raworth 2018)

Grundsätzlich eignet sich das Planetare Grenzkonzept dennoch, um die ökologischen Grenzen der Erde im Sinne eines Vorsorgeprinzips zu beschreiben.

Wirtschaftswachstum und Umweltverbrauch

Seit den beiden Ölpreiskrisen der 1970er-Jahre ist in den Industrieländern eine Stagnation des jährlichen Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen zu verzeichnen. Da die Wirtschaftsleistung im gleichen Zeitraum jedoch weiterhin stark gewachsen ist, kann von einer relativen Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und Umweltverbrauch gesprochen werden. Vor dem Hintergrund des Festhaltens an einem paradigmatischen Wirtschaftswachstum war eine relative Entkopplung bisher das erklärte Ziel europäischer und deutscher Umwelt- beziehungsweise Energiepolitik. Für diese Zielstellung war es ausreichend, auf indirekte Maßnahmen zur Reduzierung der Umweltwirkung

des wirtschaftlichen Handelns zu setzen, was in der Regel eine Verbesserung relativer Zahlen durch technikfokussierte Effizienz- und Konsistenzmaßnahmen verfolgt. Eine Reduzierung des Energiebedarfs pro m² Gebäudenutzfläche stellt aber keineswegs sicher, dass der *absolute* Umweltverbrauch reduziert wird. So ist der flächenspezifische Energieverbrauch von Gebäuden in den vergangenen Jahrzehnten zwar deutlich gesunken, der Gesamtverbrauch des Sektors bleibt aber auf unverändert hohem Niveau. Dies wird insbesondere deutlich, wenn der Heizwärmeverbrauch – der den größten Anteil des Gesamtverbrauchs einnimmt – klimabereinigt wird, also der verbrauchsreduzierende Effekt der milden Winter aus den vorliegenden Verbrauchsdaten der vergangenen Jahre herausgerechnet wird.

Die beiden Wirtschaftswissenschaftler und Rebound-Forscher Reinhard Madlener und Blake Alcott formulieren die Problematik indirekter Effizienzmaßnahmen in ihrem Sondergutachten »Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkoppelung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum« für den Bericht der Enquete-Kommission »Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität« folgendermaßen: »[...] die relative Entkopplung alleine verursacht noch keine Umweltentlastung; die Umwelt ›interessiert sich nicht‹ für bloße Verhältnisse, für Ressourcenverbrauch pro Euro, pro Kopf oder pro (nationalem) BIP. Es sei denn, eine Kausalität zwischen zunehmender Effizienz (auf Mikro- oder Makro-Ebene) und abnehmendem Ressourcenverbrauch ist nachgewiesen.« (Madlener/Alcott 2011)

Als wesentliche Ursache für die fehlende Wirksamkeit von Effizienzmaßnahmen gelten Rebound-Effekte, die im Fall von Gebäuden sowohl die Gebäudenutzenden als auch strukturelle Prozesse auf gesamtwirtschaftlicher Ebene betreffen. Ein wichtiger Faktor für das Auftreten von Rebounds auf Gebäudeebene scheint die fehlende Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Technik und Nutzenden bei der Planung und Umsetzung von technikzentrierten Effizienzmaßnahmen zu sein. Dabei handelt es sich bei Gebäuden um soziotechnische Systeme – ein Erklärungsmodell, das bereits in den 1950er-Jahren durch das Tavistock Institute in London im Kontext der Organisationssoziologie etabliert wurde und in der Fachliteratur auch für Gebäude seit Jahren verwendet wird (Castles 1997: 110ff; Rohrer/Ornetzeder 2008: 19ff; FH Erfurt, IBIT, INIT Bautronic Institut 2007: 87ff.). Im Hinblick auf die makroökonomische, also gesamtwirtschaftliche Ebene hat bereits der britische Ökonom und Philosoph William Stanley Jevons im 19. Jahrhundert erkannt, dass Effizienzsteigerungen veränderte Produktions- und Konsummuster nach sich ziehen, die nicht zwangsläufig zu einer Reduzierung des Ressourcenverbrauchs

führen (Jevons Paradoxon). In der Regel werden Effizienzgewinne zur Produktionssteigerung und damit zum Wachstum eines Betriebs, eines Industriebereichs oder einer ganzen Volkswirtschaft eingesetzt.

Da die beiden Ziele »Ressourcenschonung« und »Wirtschaftswachstum« in der Politik als wesentlich gelten, befindet sich nicht nur das Bauwesen angesichts einer dringend notwendigen Reduzierung von THG-Emissionen und des Ressourcenverbrauchs in einer dramatischen Orientierungskrise. Sowohl in der Postwachstumscommunity, als auch in der Rebound-Forschung setzt sich zunehmend die Ansicht durch, dass eine absolute Reduzierung des Umweltverbrauchs nur mit wachstumsvermindernden Maßnahmen erreicht werden kann, das heißt mit den immer öfter ins Gespräch gebrachten Steuern, Subventionsstreichungen sowie Caps und Budgets. Demzufolge erscheint auch das seitens der Politik propagierte »Grüne Wachstum« wenig erfolgversprechend. Wie der Sozial- und Wirtschaftswissenschaftler Tilman Santarius beschreibt, wird auch eine grüne Effizienzrevolution mit Rebounds einhergehen und die zunehmende Tertiärisierung der Wirtschaft von einer Verlagerung ressourcenintensiver Produktionsprozesse in den globalen Süden begleitet sein (Lange/Santarius 2018). Ferner können saubere, regenerative Energieträger nur mit einem hohen Ressourcenaufwand zur Verfügung gestellt werden. Der sogenannte »Return on Energy« wird zunehmend schlechter, je höher der Bedarf an regenerativen Energiequellen ist. Infolgedessen ist aus Sicht der Wissenschaft eine starke, absolute Entkopplung, also eine Abkehr von einem paradigmatischen Wirtschaftswachstum, dringend nötig, um die angestrebten Klimaschutzziele bis 2045 zu erreichen.

Pro-Kopf-Budgetierung

Die Betrachtung der planetaren Grenzen sowie der Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltverbrauch führt zu einem Vorschlag, der eine Budgetierung für die Bereiche Fläche, Material und Energie beziehungsweise THG zur Diskussion stellen möchte. Vorteil der Budgetierung ist die klare Definition der jeweiligen Zielkorridore mit entsprechenden Ober- und Untergrenzen. Die Frage, wie das global verbleibende CO₂-Budget national verteilt werden kann, ist komplex. Noch komplexer ist allerdings die Frage, wie darüber hinaus auch Flächen und Material pro Kopf budgetiert werden können. Die Klimaziele im Rahmen des Pariser Abkommens adressieren nationale

Strategien zur Reduktion der THG-Emissionen⁴. Das Klimaabkommen fordert jedes Land dazu auf, einen fairen Anteil des Reduktionsfortschritts zu tragen. Bei den verschiedenen Berechnungsmethoden dieses Anteils wird vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) die Pro-Kopf-Allokation für die Berechnung des nationalen CO₂-Budgets angewandt. Die Definition des Pro-Kopf-Ausstoßes ist die »Summe der Emissionen des Landes dividiert durch dessen Einwohner[zahl]« (Deutscher Bundestag 2007).

Jedem Menschen wird das gleiche Recht an Nutzung der natürlichen Ressourcen zugesprochen. Die Pro-Kopf-Verteilung schafft einen international vergleichbaren Wert und benötigt keinen Bezugspunkt wie relative Reduktionsziele (meist wird in Anlehnung an das Kyoto-Protokoll das Jahr 1990 als Bezugsjahr gesetzt). Während die Anzahl der Einwohner Betrachtung findet, wird die Verantwortung historischer Emissionen vernachlässigt, ebenso wie die wirtschaftliche Situation des Landes. Um eine Obergrenze an Emissionen wissenschaftlich und ethisch zu formulieren, schlug der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2020 die Einführung eines maximalen CO₂-Budgets für Deutschland vor, um damit einen »ausreichenden, angemessenen und gerechten Beitrag« zu leisten (SRU 2022: 3). Um ein nationales CO₂-Budget föderal umzusetzen, wird eine Übertragung auf Ebene der Länder und Kommunen diskutiert.

4 Da sich CO₂ als stetig aufsummierende Gesamtmenge über lange Zeiträume bilanzieren lässt, beziehen sich die Berechnungen auf Grundlage des IPCC auf reine CO₂-Budgets.

04 Welchen Beitrag kann Suffizienz zum klima- und ressourcenschonenden (Nicht-)Bauen leisten?

Katja Hasche, Annika Hock, Jörg Lammers, Michael Lautwein, Ralf Schüle, Julia Siedle

Die vorherigen Kapitel haben die klimapolitische Ausgangslage und den wissenschaftlichen Rahmen für Klima- und Ressourcenschonung sowie entsprechende Bilanzierungsverfahren fokussiert und jeweilige Lücken und Handlungsbedarfe aufgezeigt. Im Rahmen dieses Kapitels soll eruiert werden, welche Potenziale die Suffizienz – neben der Effizienz und der Konsistenz – als dritte Leitstrategie einer nachhaltigen Entwicklung hat, um den Umweltverbrauch im Bauwesen zu reduzieren und damit den notwendigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu leisten. Bisher fokussierte sich die Debatte zu klimaneutralen Gebäuden auf die Effizienzsteigerung sowie den Einsatz von Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen und erneuerbaren Energien und für Bau und Betrieb von Gebäuden. Die beiden Strategien allein schafften es jedoch bislang nicht, die komplexen Anforderungen an Klima- und Ressourcenschutz zu erfüllen. Trotz Verwendung erneuerbarer Ressourcen und den Einsatz immer effizienterer Systeme bleibt die Umweltbelastung durch Ressourcenverbrauch und Emissionen beim Bau und Betrieb von Gebäudeflächen bestehen. Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) nannte Suffizienz daher in seiner Empfehlung für politische Entscheidungsträger 2022 als wichtige Strategie, um den Klimawandel abzumildern (Lage 2022).

Auf übergeordneter Ebene bedeutet Suffizienz die Einhaltung der planetaren Grenzen als gesellschaftliches Fundament sowie die Sicherung von Grundbedürfnissen und eine faire Verteilung auf gesellschaftlicher Ebene im Sinne einer globalen und intertemporalen Gerechtigkeit, wie es bereits im Brundtland-Bericht von 1987 formuliert worden ist. Im Bauwesen bedeutet Suffizienz einen grundsätzlich anderen Umgang mit dem bereits gebauten Bestand sowie ein reduziertes und nach den Grundsätzen des Klima- und

Ressourcenschonung ausgerichtetes Sanieren, Bauen und Umbauen. Im Jahr 2020 überwog die Masse an anthropogenem Material, also Rohstoffe, die in Infrastrukturen, Gebäuden und Waren des täglichen Bedarfs gebunden sind, die gesamte natürliche Biomasse der Erde (Elhacham/Ben-Uri/Grozovski, et al. 2020). Während die globale Nachfrage nach Nahrung, Konsumgütern und Infrastruktur aufgrund des anhaltenden Bevölkerungswachstums weiter steigt, überschreiten wir nicht nur im Bereich des Klimawandels unsere planetaren Grenzen, sondern auch im Hinblick auf den Verbrauch unserer natürlichen Rohstoffe. Die Klima- und Umweltwirkpotenziale im Handlungsfeld Gebäude können dabei grob in drei Phasen analysiert werden: Bau, Nutzung und Rückbau. Hier lassen sich jeweils die großen umweltspezifischen Einflüsse im Bauwesen betrachten: Flächen-, Material- und Energieverbrauch (Xue 2014). Während die Umweltwirkungen des Flächenverbrauchs vor allem die Bodenversiegelung betreffen, bedeutet der Materialverbrauch den Abbau natürlicher Rohstoffe mit entsprechenden Auswirkungen und Verlusten für die Abbaugebiete und teilweise hohen CO₂-Emissionen bei der Verarbeitung der abgebauten Rohstoffe zu Baumaterialien, die im ungünstigsten Fall nicht wiederverwendet werden. Neben dem Klimaschutz, insbesondere der Senkung der Treibhausgase, sind auch andere elementare Umweltwirkungen zu beachten, wie beispielsweise der Verlust von Biodiversität und ein gestörtes Wassermanagement. Damit die Umweltauswirkungen im Bauwesen hinsichtlich der planetaren Grenzen bewertet werden können, ist eine ganzheitliche und damit sektorübergreifende sowie lebenszyklusnahe Betrachtung aller Prozesse notwendig.

Aus der notwendigen Einhaltung der planetaren Grenzen folgt der vorliegende Bericht eine Gleichstellung von Klima- und Ressourcenschonung sowie ein Pro-Kopf-Budget für die Bereiche Fläche (Netto-Neuersiegelung von Flächen), Material und Energie beziehungsweise THG. Vorteil dieser Pro-Kopf-Budgetierung ist eine klare Definition der jeweiligen Zielkorridore mit entsprechenden Ober- und Untergrenzen. Für die Umsetzung dieser Budgets zeigt dieser Bericht politische und wirtschaftliche Suffizienzstrategien auf kommunaler sowie nationaler Ebene auf und adressiert weiteren Forschungsbedarf.

EXKURS: Strategien der Nachhaltigkeit: Effizienz – Konsistenz – Suffizienz. Warum spielt die Suffizienz bisher nur eine untergeordnete Rolle?

Effizienz, Konsistenz und Suffizienz bilden die drei Leitstrategien zur Erreichung der globalen und nationalen Nachhaltigkeitsziele. Die Effizienz verfolgt das bestmögliche Ergebnis bei einem möglichst geringen Aufwand und einem effizienten Ressourceneinsatz. Die Konsistenz zielt auf die Vereinbarkeit von Natur und Technik durch umweltverträgliche Wirtschaftsprozesse mit einer reduzierten Schadensintensität. Die Suffizienz hingegen setzt auf veränderte Konsummuster für einen verträglichen Umweltverbrauch innerhalb der gesellschaftlichen und ökologischen Grenzen. Die drei Strategien können nicht losgelöst voneinander betrachtet werden, sondern ergänzen sich vielmehr.

Effizienz: Effizienz umschreibt das Verhältnis eines bestmöglichen Arbeitsergebnisses (Ertrag) bei einem möglichst geringen Aufwand und effizientem Ressourceneinsatz (Hegger/Faffl/Hegger, et al. 2013). Viele Effizienzstrategien versuchen, das Verhältnis von Ertrag zu Aufwand durch den Einsatz von Technik zu optimieren und Effizienzsteigerungen durch technische Innovationen zu erzielen. Die somit erzielten Ressourceneinsparungen führen – idealerweise – bei einem gleichbleibenden Wohlstandsniveau zu einer reduzierten ökologischen Belastung (Folkers/Paech 2020). Die resultierende Entspannung der Angebot-Nachfrage-Situation kann jedoch auch dazu führen, dass neue Anwendungen attraktiver werden und damit insgesamt der Verbrauch sogar noch ansteigt (Schmidt 2008).

Konsistenz: Konsistenzstrategien setzen auf die Vereinbarkeit von Natur und Technik durch umweltverträgliche Prozesse und Materialien mit einer reduzierten Schadensintensität (Folkers/Paech 2020). Hierbei wird der Ressourceninput beziehungsweise Emissionsoutput durch neue Technologien und Materialien qualitativ so verändert, dass diese sich besser in Naturkreisläufe einbetten. So setzen Konsistenzstrategien bei der Herstellung neuer Produkte in der Regel auf erneuerbare Energieträger. Insgesamt liegt der Fokus auf der Naturverträglichkeit von Prozessen und Materialien und nicht auf der Verringerung der Energie- und Ressourcenverbräuche. Ein bekanntes

Beispiel hierfür ist das Konzept der Kreislaufwirtschaft, das sich von der linearen Produktionswirtschaft absetzt und konsequent auf geschlossene Stoffkreisläufe setzt. Aber auch kreislauffähige Wirtschaftsweisen erlauben keinen ungebremsten Konsum, denn auch erneuerbare Energien und kreislauffähige Rohstoffe sind begrenzt.

Suffizienz: Die Suffizienz ergänzt als dritte Strategie die Effizienz und Konsistenz. Suffizienz ist eine zunehmend wichtige Strategie für eine nachhaltige Entwicklung auf wissenschaftlicher, praktischer und politischer Ebene. Der Begriff Suffizienz leitet sich von dem lat. Begriff »sufficere« ab und kann mit »ausreichen« oder »genügen« übersetzt werden. Der Suffizienzbegriff wird häufig auch mit Verzicht gleichgesetzt. Dies greift allerdings zu kurz. Vielmehr bietet die ganzheitliche Betrachtung von Suffizienzkriterien, wie sie beispielsweise im Kontext der Postwachstumsbewegung diskutiert wird, die Möglichkeit, gesamtgesellschaftliche Potenziale zu entfalten und eine bewusste Veränderung des Lebens- und Konsumstils durch einen verantwortungsbewussten Umgang mit den endlichen Ressourcen herbeizuführen. »Suffizienz steckt damit das für eine nachhaltige Entwicklung einzuhaltende absolute Maß sozialer und ökologischer Wirkungen von Verhalten, Alltagspraktiken, Konsum- und Handlungsweisen und für langfristig global verträgliche Lebens- und Wirtschaftsweisen ab, das von den beiden anderen Nachhaltigkeitsstrategien Effizienz und Konsistenz nicht oder nicht prioritär adressiert wird.« (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023)

Im Bauwesen gewinnt Suffizienz zunehmend an Relevanz. Sie erfordert eine Architektur-, Gebäude- und Freiraumplanung, die individuelle Nutzenaspekte unter Einhaltung der ökologischen Belastungsgrenzen verfolgt (Over/Zimmermann/Brischke 2021). Aufbauend auf Drebes (2021) wurden im BBSR-Bericht »Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich« (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023) fünf Handlungsfelder für Suffizienz im Bauwesen konkretisiert: Bestand vor Neubau/Pro-Kopf-Wohnfläche senken/Anpassbarkeit/Lowtech/Nutzungsverhalten. Die Herausforderung bei der Anwendung von Suffizienzstrategien besteht darin, dass das Einsparpotenzial schwer zu quantifizieren ist, da entsprechende Vergleichsgrundlagen fehlen. Für die Bewertung von Suffizienz im Gebäudebereich ist es notwendig, die Gesamtheit aller Suffizienz Aspekte im Zusammenhang mit dem Lebenszyklus von Gebäuden zu untersuchen.

Zur umfassenden Bewertung der Suffizienz im Gebäudebereich gibt es noch keine einheitliche anerkannte Systematik. Eine erste Bewertungsmatrix hat Zimmermann in seiner Arbeit an der TU München für eine ganzheitliche Suffizienzbewertung mit Indikatoren im Wohnungsbau erstellt (Zimmermann 2018). Die Bewertungsmatrix greift auf verschiedene Erkenntnisse und Methoden bekannter Zertifizierungssysteme (DGNB, NaWoh) zurück. Mit der erstellten Bewertungsmatrix können grundlegende Aussagen zur Suffizienz von Wohngebäuden getroffen und konkrete Optimierungsstellschrauben identifiziert werden. Allerdings ist es auch weiterhin kaum möglich, die Suffizienz auf wenige Kennzahlen zu reduzieren, da es sich im Gegensatz zur Effizienz und Konsistenz nicht um eine rein technische Strategie handelt. Während Effizienz in Verbrauch pro Fläche gemessen werden kann und Konsistenz sich unter anderem in THG-Emissionen pro Einheit ausdrückt, müssen Zahlen zum Feststellen einer Suffizienzqualität erst in ein Verhältnis gesetzt werden (Steffen 2012: S.62). »Die lediglich eingeschränkte Messbarkeit liegt unter anderem daran, dass zur Suffizienz neben der quantitativen Verbrauchsreduktion eben auch die qualitative Anpassung von Nutzenaspekten zählt und die Suffizienz stark mit Lebensstilfragen verwoben ist [...]« (Zimmermann 2018: 161)

Zudem sind zwischen Suffizienz und den beiden anderen Nachhaltigkeitsstrategien Effizienz und Konsistenz Wechselwirkungen gegeben, wodurch einzelne Aspekte nicht scharf voneinander trennbar sind. Der BBSR-Bericht »Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich« (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023) hat mögliche Einsparpotenziale von Suffizienzmaßnahmen bezüglich ihrer Umweltauswirkungen analysiert. Dabei zeigte sich, dass die isolierte Potenzialabschätzung einzelner Maßnahmen schwer darstellbar ist und vielmehr eine ganzheitliche und lebenszyklusnahe Betrachtung notwendig wird. Während ökobilanzielle Untersuchungen bereits in den frühen Planungsphasen helfen können, mögliche Alternativen abzuwägen, sind zur umfangreichen Bewertung von Suffizienzmaßnahmen Anpassungen in der Ökobilanz-Methodik unerlässlich. Von zentraler Bedeutung ist es beispielsweise, die Ergebnisse der Ökobilanz auf die Anzahl der Nutzenden anstelle der Nutzfläche zu beziehen (Zimmermann 2018). Zudem sind viele Parameter der Suffizienz nicht am Gebäude selbst zu quantifizieren, sondern erst in seiner Nutzung durch den Menschen.

BBSR-Forschungsprojekt: Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich

Im Rahmen einer vom BBSR beauftragten und vom ifeu, der BTU Cottbus-Senftenberg und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie durchgeführten Studie wurden sogenannte Suffizienzmaßnahmen als dritte »Säule« (neben Innovationen und Strategien) zur Verbesserung der Energieeffizienz untersucht. Im Gegensatz zu Innovationen und Strategien setzen Suffizienzstrategien auf eine Veränderung umweltrelevanter Verhaltensmuster und zielen auf einen genügsamen, umweltverträglichen Verbrauch von Energie und Materie durch eine Veränderung von Lebens- und Konsumstilen.

Mit der Studie wurde ein Definitionsrahmen für Gebäudesuffizienz vorgeschlagen, der für die weitere Übersetzung und Verbreitung der Nachhaltigkeitsstrategie in Öffentlichkeit, Politik und unter Bauschaffenden als Grundlage dienen soll. Der Definitionsrahmen umfasst fünf Ziele:

- Bestandsentwicklung vor Neubau,
- Reduktion des Pro-Kopf-Flächenbedarfs,
- Anpassbarkeit,
- Lowtech,
- energiesparendes Nutzungsverhalten.

In entsprechenden Potenzialberechnungen für die Wirkungskategorien THG-Emissionen, Endenergie- und Ressourcenbedarf sowie Flächeninanspruchnahme wies das Bearbeitungsteam der Studie nach, dass Suffizienzmaßnahmen einen wesentlichen Beitrag zur sozial-ökologischen Transformation leisten können. Vor allem die Reduktion der Pro-Kopf-Wohnfläche lässt die Umweltauswirkungen deutlich sinken. Gleichzeitig verdeutlichen die Quantifizierungen bezüglich der Flächenpotenziale, dass in Bezug auf die Wohnfläche eher ein Verteilungsproblem als eine Wohnungskrise besteht. In den jeweiligen optimistischsten Szenarien reduzieren sich die jährlichen THG-Emissionen im Gebäudebetrieb um rund 11 Mio. t CO₂-Äq und die grauen Emissionen um rund 9 Mio. t CO₂-Äq.

Die Studie kommt zu dem Schluss, dass entsprechende Politikinstrumente besonders dann effektiv wirken, wenn sie zielgerichtet im Sinne einer geschlossenen Wirkkette gebündelt werden (sensibilisieren, infor-

mieren, motivieren, fördern, rechtlich flankieren). Um die bestehenden gesellschaftlichen Barrieren gegenüber (gegebenenfalls neuen) suffizienten Wohnformen und -normen abzubauen und den gesellschaftlichen Wandel zu beschleunigen, bedarf es insbesondere weiterer transdisziplinärer Forschung zu den fünf o.g. Schwerpunktthemen der Gebäudesuffizienz.

Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de/abrufbar>.

Bei der Frage nach den Gründen einer bisherigen Vernachlässigung von Suffizienz und Suffizienzpolitik lassen sich mindestens zwei zentrale Ursachen erkennen: Zum einen zielt Suffizienz auf eine absolute Reduktion benötigter Material- und Energiemengen. Dies führt zu der sehr weitreichenden Frage, ob sich Wohlstands- und Lebensmodelle vorstellen lassen, die nicht auf weiterem Wachstum und zunehmendem Umweltverbrauch basieren und trotzdem, oder gerade deshalb, ein gutes Leben ermöglichen. Kann durch einen synchronisierten Gleichklang von Konsistenz, Effizienz und Suffizienz vielleicht sogar eine Entkopplung der wirtschaftlichen Entwicklung von ihren Materialverbräuchen initiiert werden (Hennicke/Koska/Rasch, et al. 2021), wenn die entsprechenden Städte und Regionen zu pulsierenden Wachstumsregionen zählen? An dieser Stelle gilt es, Suffizienz (stadt-)politisch zu verankern, zum Beispiel in Form von Förderungen oder im Ordnungsrecht.

Zum anderen hat Reckwitz (2023) darauf hingewiesen, dass die materiellen Bedürfnisse im Bereich privater Haushalte stark sozial-strukturell bedingt sind. Das bedeutet, dass ein starkes Individualisierungs- und Selbstverwirklichungsstreben in der sogenannten Mittelklasse nicht nur Ursache für eine große Reserviertheit gegenüber jedweder Form des Verzichts auf materielle Güter ist, sondern wichtige Quelle eines steigenden ökologischen Fußabdrucks. Dies zeigt sich bisher auch trotz eines Aufkommens ökologischer(-er) Lebensstile und der Erkenntnis aus der ökonomischen beziehungsweise psychologischen Glücksforschung, dass das subjektive Glücksempfinden ab einer bestimmten Schwelle nicht mehr proportional mit steigendem Einkommen und materiellem Wohlstand ansteigt (vgl. u.a. Folkers/Paech 2020; Hickel 2023; Steinberger 2024).

Basierend auf den großen umweltspezifischen Einflüssen im Bauwesen werden im Folgenden Flächen-, Material- und Energieverbrauch betrachtet, um Suffizienz einzelnen Branchen, Akteuren und Potenzialen zuordnen zu können.

Fläche

Entscheidend für den Umweltverbrauch von Gebäuden ist die Frage nach einer suffizienten Nutzung von Flächen. Das gilt für die Umwandlung von unbebauter Grundfläche in Siedlungs- und Verkehrsfläche und ihre Überbauung (Flächenverbrauch oder Flächenneuanspruchnahme) ebenso wie für die Nutzungsintensität und Nutzungseffektivität von Gebäudeflächen (Flächenkonsum oder Flächenneuanspruchnahme). Die Umwandlung von Böden in Siedlungs- und Verkehrsflächen geht in der Regel mit **Flächenversiegelung** einher, ist aber nicht mit dieser gleichzusetzen. Wird beispielsweise ein Wohngebiet auf einem Acker neu ausgewiesen, wird landwirtschaftliche Nutzfläche zu Siedlungs- und Verkehrsfläche, auch wenn das künftige Wohngebiet öffentliche und private Grünflächen enthält. Laut Umweltbundesamt sind etwa 45 % der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland versiegelt (Umweltbundesamt 2023a; Dittrich/Auberger/Limberger, et al. 2020). Der **Flächenkonsum** betrifft Wohnflächen und Nutzflächen in Gebäuden, die pro Kopf oder pro Nutzung gemessen werden können. Während die Reduktion des Flächenverbrauchs seit Langem ein zentrales Thema in der Stadt- und Raumplanung ist, war die Diskussion darüber, wie viel Gebäudeflächen für Wohn-, gewerbliche, soziale, kulturelle und andere Zwecke überhaupt benötigt werden und wo hierbei Reduktionen möglich sind, lange nicht Teil der Debatte zu einem »klimaneutralen« Gebäudebestand. Diese Debatte gewinnt aber an Bedeutung, vor allem im Kontext steigender Kosten für Bau und Betrieb von Gebäudeflächen. Aus klimawissenschaftlicher Sicht ist dies folgerichtig und notwendig, denn in der Reduktion der Gebäudeflächen liegt auch ein wesentlicher Hebel für die Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der THG-Emissionen.

Der Bau von Gebäuden und Straßen geht mit der Versiegelung und dem Verlust von natürlichen Bodenfunktionen einher. Wasser- und Stoffkreisläufe werden unterbrochen. Lebensräume von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen werden eingeschränkt, wenn Flächen intensiv genutzt und versiegelt werden. Die Notwendigkeit, den Flächenverbrauch, und damit die Versiegelung von Flächen, zu reduzieren beziehungsweise vollständig zu vermeiden (»Netto-Null«), wurde spätestens mit Vorliegen der Ergebnisse aus dem BMBF-Förderschwerpunkt »Forschung für die Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)«, der 2004 aufgelegt und 2012 abgeschlossen wurde, nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in der politischen Diskussion zum Konsens. Neben dem Erhalt der bio-

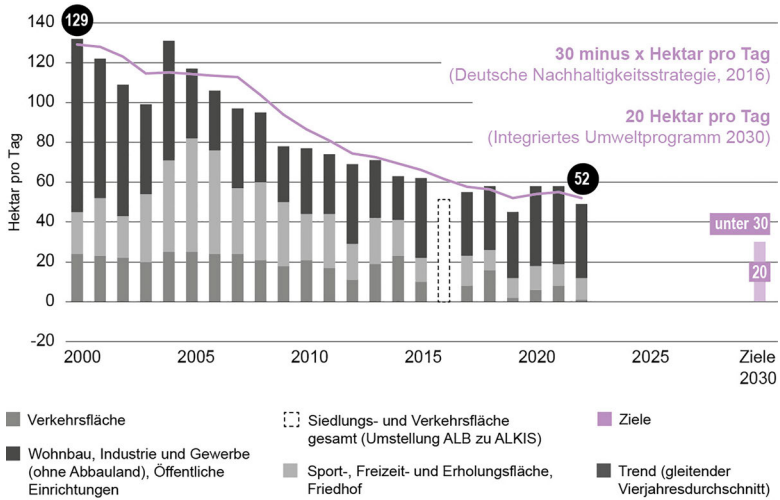
logischen Bodenfunktionen und der Biodiversität ist es ein wesentliches Ziel, die Versickerung von Oberflächenwasser zu gewährleisten, um die Folgen von Starkregenereignissen abzumildern und das Grundwasser wieder aufzufüllen. Allerdings trägt die tatsächliche Reduktion der Flächenneuinanspruchnahme den Reduktionszielen nur unzureichend Rechnung.

Flächenneuinanspruchnahme: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche

Von 2019 bis 2022 wurden in Deutschland im Mittel insgesamt 53 ha Fläche pro Tag neu in Anspruch genommen und meist von landwirtschaftlich genutzter Fläche in Siedlungs- und Verkehrsfläche umgewandelt (Umweltbundesamt 2024b). Zwar geht die tägliche Flächenneuinanspruchnahme seit ca. zwei Jahrzehnten zurück, dieser Rückgang verlangsamt sich jedoch beziehungsweise stieg in den Jahren 2020 und 2021 wieder an, sodass das Erreichen der gesteckten Ziele von 30 ha pro Tag als sehr ambitioniert erscheint. Die gängige Berechnung der Flächenneuinanspruchnahme erfolgt gemäß dem Territorialprinzip innerhalb der nationalen Grenzen, darüber hinaus werden durch Material- und Energieimporte auch internationale Flächen beansprucht (s. Abb. 11).

Ziele zur Reduktion des Flächenverbrauchs wurden in der Vergangenheit auf EU-, Bundes- und Landesebene definiert. Im Koalitionsvertrag der Ampelkoalition von 2021 wird das »30-ha-Ziel« aus der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie von 2016 zitiert: die Begrenzung des Flächenverbrauchs auf unter 30 ha pro Tag bis 2030 (SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP 2021). Im Integrierten Umweltprogramm 2030 wird ein Reduktionsziel auf 20 ha pro Tag definiert. In der Fortschreibung der Nachhaltigkeitsstrategie 2021 bekennt sich die Bundesregierung zusätzlich zum Flächenverbrauchsziel Netto-Null bis 2050 (Flächenkreislaufwirtschaft). Damit greift sie eine Zielsetzung der Europäischen Kommission auf. Das Erreichen der Netto-Null ist mit Zielen und Indikatoren adressiert, es fehlen jedoch die Instrumente für eine Vollzugskontrolle. Zudem erscheint der Zeithorizont als zu spät, um dem mit der Flächenversiegelung einhergehenden Biodiversitätsverlust entgegenzuwirken.

Abbildung 11: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche(BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2024b)

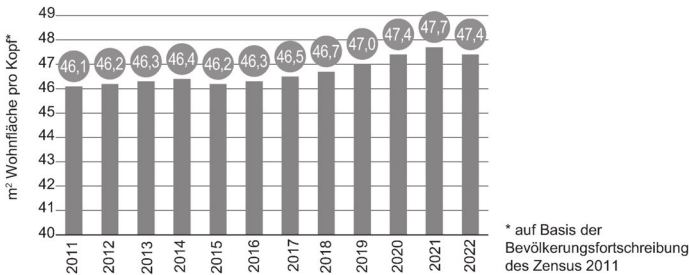


Wohnflächenkonsum

Die deutliche Zunahme des Gebäudebestands in den letzten Jahrzehnten bei proportional geringerem Bevölkerungswachstum lässt Einsparpotenziale durch Reduktion der beheizten Gebäudeflächen (Wohnflächen und Nutzflächen) vermuten. Aus Suffizienzperspektive ist es daher notwendig, den Konsum von Fläche pro Nutzung beziehungsweise pro Kopf zu hinterfragen. Wohngebäude bilden hier den Hauptbestandteil, da sie rund 90 % des Gebäudebestands in Deutschland ausmachen. Daher fokussiert sich die folgende Betrachtung auf Wohnflächen. Im Rahmen des Zensus beziehungsweise des Mikrozensus (Zusatzerhebung »Wohnen«) werden durch die Befragung von Eigentümerinnen und Eigentümern und von Verwaltungen von Wohnraum regelmäßig detaillierte Daten zu Wohnungsbeständen erhoben.

2021 betrug die Wohnfläche in Deutschland 3,939 Mrd. m² (+6,5 % seit 2011). Dieser absolute Wert steigt kontinuierlich an; Gleiches gilt auch für die Wohnfläche pro Kopf. 2021 betrug die bewohnte Wohnfläche gemäß der Gebäude- und Wohnungszählung des Statistischen Bundesamts pro Kopf im Schnitt 47,7 m² mit einem kontinuierlichen Anstieg seit den 1990er-Jahren (Umweltbundesamt 2022d).

Abbildung 12: Wohnfläche pro Kopf auf Basis der Bevölkerungsfortschreibung des Zensus 2011 (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022d, destatis 2022)



Das Institut der Deutschen Wirtschaft Köln (DIW) geht davon aus, dass die Wohnfläche pro Kopf auch im Zeitraum von 2017–2030 insgesamt mit einer Rate von 0,77 % pro Jahr weiter steigen wird (Dreschenmeier/Henger: 193). Die Hauptrolle spielen dabei zwei zentrale Effekte: der »Altersstruktureffekt« und der »Kohorteneffekt«. Ersterer beschreibt den Trend zu kleineren Haushalten durch die demografische Entwicklung der Gesellschaft. Viele Menschen verbleiben im Alter in ihren ehemaligen Familienwohnungen und -häusern, wo sie vorher mit ihren Kindern wohnten. Mit zunehmendem Lebensalter verkleinert sich daher statistisch die Haushaltsgröße, das heißt, im Schnitt leben weniger Personen in einer Wohnung. So steigt die durchschnittliche Wohnfläche pro Kopf mit der steigenden Zahl an Menschen, die die Familienphase hinter sich haben, weiter an. Der Kohorteneffekt trägt ebenfalls zu diesem Anstieg bei: Die Wohnfläche steigt nicht nur mit dem Lebensalter eines Individuums, sondern die gesamtgesellschaftliche Steigerung des Wohlstands führt zu größer werdenden Wohnflächen. Gleichwohl stellen Prognosen den Rückgang der Gesamtbevölkerung in Aussicht (Statistisches Bundesamt 2019). Damit einherginge dann auch ein Rückgang des Bedarfs an Wohnflächen, aber auch an gewerblich, sozial und kulturell genutzten Gebäudeflächen. So besteht die Möglichkeit, dass Teile des derzeit unter hohem Druck neu gebauten Wohnungsbestands künftig leer stehen könnten.

Sozial-ökologisch verträglicher Wohnflächenverbrauch

Die bislang ungebremste Entwicklung müsste deutlich geändert werden, um das Wohnflächenwachstum zu entschleunigen. Ein wichtiger Hebel ist hier eine gesamtgesellschaftlich gerechtere Verteilung von Wohnraum. Wie hoch ist

der Bedarf an Wohnfläche pro Kopf im Sinne zu schützender Grundbedürfnisse, und wie lässt sich dieser Bedarf mit ökologischen Grenzen in Einklang bringen? Auch hier kann das Konzept der Konsumkorridore (Fuchs/Sahakian/Gumbert, et al. 2021) Orientierung bieten, indem ermittelt wird, welche Flächen je Nutzung angemessen sind, um grundsätzliche körperliche und soziale Bedürfnisse zu befriedigen, ein »gutes Leben«¹ zu ermöglichen und gleichzeitig die ökologischen Grenzen nicht zu überschreiten. (ebd.: 84) haben Überlegungen zu einem solchen Konsumkorridor für die Wohnfläche zusammengetragen (vgl. Tabelle 2). Demnach bewegt sich der Soll-Flächenkonsum für Alleinstehende bei maximal 30 m² pro Kopf und damit deutlich unterhalb aktueller Zahlen. Hier greift die soziale Dimension von Suffizienz, die Untergrenzen für ein gutes Leben für alle sichern und Überkonsum reduzieren will. Während sich eine solche Tabelle an globalen Annahmen für den Flächenkonsum orientiert, steht dieser theoretischen Ambition die gebaute und gesellschaftlich bedingte Gebäudestruktur entgegen. Bei der Umsetzung geht es vorerst darum, den Trend des steigenden Flächenkonsums umzudrehen und wieder zu reduzieren. Dabei geht es neben individuellen Initiativen insbesondere um politische Strategien zur Unterstützung dessen.

Tabelle 2: Konsumkorridor des Flächenkonsums im Wohnbereich (BBSR, eigene Darstellung nach Fuchs/Sahakian/Gumbert, et al. 2021: 84)

Haushaltsgröße	Geschätzter Mindeststandard		Geschätzter Maximalstandard	
	Ein-Personen-Haushalt	Vier-Personen-Haushalt	Ein-Personen-Haushalt	Vier-Personen-Haushalt
Geringere Schätzung	13,9 m ²	40 m ²	20 m ²	80 m ²
Höhere Schätzung	30 m ²	41,8 m ²	30 m ²	120 m ²

1 Sumak kawsay (das gute Leben oder buen vivir) ist ein wesentliches Prinzip in der spirituellen Weltanschauung der indigenen Völker des Andenraums, das auf ein friedliches Zusammenleben von Menschen und Natur hinweist

Die Potenziale an eingesparten THG-Emissionen zeigen Zimmermann et al. (2023) in ihrem Bericht auf. Ihrer Einschätzung nach kann eine deutliche Reduktion der Pro-Kopf-Wohnfläche die jährlichen THG-Emissionen im Gebäudebetrieb um rund 11 Mio. t und die grauen Emissionen um rund 9 Mio. t vermindern (ebd.: 7). So kann das Teilen von Wohnraum in einem unsanierten Einfamilienhaus den Pro-Kopf-THG-Ausstoß ebenso stark reduzieren wie eine konventionelle Sanierung (ebd.: 58).

Suffizienzstrategien zur Reduzierung des Flächenverbrauchs

Aus einer integrierten Nachhaltigkeitsperspektive heraus betrachtet scheint es sinnvoll, Suffizienzstrategien für eine Erhöhung der Nutzungsdichte von Gebäudeflächen zu entwickeln, die nicht nur ein Ende des Anstiegs, sondern eine sukzessive Reduktion des absoluten Konsums von Gebäudeflächen zum Ziel haben. Die Grundlagen für solche Strategien müssen entsprechende Rahmensetzungen und Fördermaßnahmen auf Landes- und Bundesebene bilden. Gängige Strategien zur Reduktion von Flächenverbrauch und Flächenversiegelung sind im Wesentlichen Innenentwicklung und Nachverdichtung. Kommunen weisen allerdings auch weiterhin Neubauflächen aus. Gerade kleinere Kommunen erhoffen sich hierdurch vor allem eine Steigerung der Attraktivität für neue Einwohnerinnen und Einwohner sowie Gewerbetreibende und/oder zusätzliche Einnahmen. Diskutiert wird seit längerer Zeit auch der Handel mit Flächenausweisungsrechten beziehungsweise -zertifikaten zwischen Städten und Gemeinden, um die Summe der Neuinanspruchnahme von Flächen zu regulieren und zu budgetieren. Ein Planspiel im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde 2014 – 2016 durchgeführt und lieferte positive Ergebnisse, dass ein Flächenhandelssystem in der Lage ist, die Flächenneuanspruchnahme effektiv zu verringern (Umweltbundesamt 2019a: S.148 ff.).

Um konkrete Handlungsstrategien zur Reduktion des Flächenverbrauchs für Akteurinnen und Akteure der Gebäude- und Stadtplanung zu formulieren, spricht jedoch vieles für eine umgekehrte Vorgehensweise, welche die absolute Reduktion des aktuellen Flächenkonsums durch die Veränderung von Flächennutzungspraktiken fokussiert. Wie von Siedle² dargestellt umfasst eine suffiziente Flächennutzung

2 Julia Siedle: Nutzungsverdichtung im Gebäudebestand: Reduktion des Flächenkonsums in Deutschland durch kommunale Suffizienzstrategien. Dissertation, noch unveröffentlicht.

1) die multifunktionale Nutzung von Flächen. Innerhalb gemeinschaftlicher Wohneinheiten oder -gebäude können das etwa gemeinsam genutzte Gästezimmer oder Gemeinschaftsräume sein. Auf Quartiersebene können beispielsweise Arbeits- und Lernräume in Bibliotheken oder auch für private Treffen geeignete Außenräume bestimmte Wohnfunktionen abbilden und entsprechende Räumlichkeiten in privaten Haushalten ersetzen. Flächen sind somit im besten Falle nicht mehr sinnvoll, einzelnen Nutzungseinheiten zuzuordnen, sondern werden anteilig von unterschiedlichen Nutzerinnen und Nutzern und gegebenenfalls für unterschiedliche Dinge genutzt.

2) die Ausnutzung baulicher Eigenschaften und Raumzuschnitte. Angesichts des umfangreichen Gebäudebestands sind existierende Gebäude mit ihren vorhandenen baulichen Eigenschaften und Raumzuschnitten bestmöglich zu nutzen. Im Bestand sind große Mengen grauer Energie und grauer Emissionen gebunden und Gebäudeflächen dürfen nur noch in sehr begrenztem Maße neu gebaut werden, wenn auch das Handlungsfeld Gebäude planetare Grenzen respektieren soll. Umnutzung wird somit obligatorisch. In der Lebenszyklusbetrachtung liegt der Mehraufwand für die Bewirtschaftung des Gebäudes durch solche Ineffizienzen in der Regel deutlich unter dem Aufwand für einen Neubau (König 2017).³

3) die Ausnutzung von Flächenreserven. Es sind neben einem lokal sehr unterschiedlich ausgeprägten Leerstand von Wohnungen und anderen Nutzungseinheiten auch innerhalb genutzter Einheiten und Gebäude erhebliche Ineffizienzen durch einzelne leer stehende Räume festzustellen, wie zum Beispiel verlassene Kinderzimmer innerhalb von Wohnungen oder nur sporadisch genutzte Büros innerhalb gewerblicher Nutzungseinheiten.⁴ Diese Räume wieder in Nutzung zu bringen heißt, sozial und ökonomisch verträgliche Strukturen des Nebeneinanders und Sich-Überlagerns verschiedener Nutzungen und gegebenenfalls auch Nutzerinnen und Nutzer aufzubauen.

Der BBSR-Bericht »Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich« (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023) hat anhand der Wohnungsbauziele der Bundesregierung, nämlich der Schaffung von 400.000

3 Laut einer durch das Land Bayern in Auftrag gegebenen Studie aus dem Jahr 2017 entstehen bei der Betrachtung von Wohngebäuden über 50 Jahre hinweg durchschnittlich 44 % der gesamten Gebäudeemissionen durch Herstellung, Instandsetzung und Entsorgung des Gebäudes (S. 182 ff).

4 Zu untergenutzten Räumen innerhalb von Wohnungen siehe zum Beispiel Zollet/Siedle/Bodenheimer, et al. (2022: 806f.).

Wohneinheiten pro Jahr, verschiedene Potenziale einer flächensparsamen Auslegung dieser Ziele ermittelt. Anhand dieses Beispiels zeigt sich, dass hier keinesfalls nur Neubau infrage kommt, sondern dass in der Leerstandnutzung, Umnutzung, Teilung sowie Aufstockung große ungenutzte Flächenpotenziale liegen, die durch zielgenaue Fördermaßnahmen durch den Bund aktiviert werden könnten. Ansatzpunkte für einen suffizienten Umgang mit Gebäudeflächen sind folglich, die Reduktion von Raumbedarfen je Nutzung, die Mehrfachnutzung von Gebäudeflächen, die Umnutzung obsoleter Bestandsgebäude und die Nachnutzung leer stehender Räume innerhalb genutzter oder ungenutzter Nutzungseinheiten (Siedle 2020). Für jeden dieser Ansatzpunkte lassen sich Reduktionspotenziale identifizieren, die in der Praxis absehbar einen unterschiedlichen Aufwand erfordern. Dieser kann Planungsleistungen und bauliche Veränderungen beinhalten, etwa, wenn Gebäude umgenutzt, große Wohnungen in zwei Nutzungseinheiten aufgeteilt oder so umgestaltet werden, dass mehrere Parteien darin wohnen und die Wohnflächen in Teilen gemeinschaftlich nutzen können. Solche Umbauten sind machbar und vielfach erprobt. Nicht erprobt sind allerdings Prozesse, um lokale Flächensuffizienzpotenziale, Raumbedarfe und dafür relevante Akteurinnen und Akteure zu identifizieren. Auch zu deren Gewinnung gibt es keine erprobten Strategien. Bisher existiert bei Nutzenden, Eigentümerinnen und Eigentümern ebenso wie in Verwaltung und Politik nur ein geringes Problembewusstsein für die Ressourcenintensität des Flächenkonsums. Dessen Reduktion wird dem entsprechend bisher auch nicht systematisch gefördert, mit Ausnahme kleiner kommunaler Initiativen. Daniel Fuhrhop (2023) zeigt in seiner Dissertation »Der unsichtbare Wohnraum« Beispiele und Potenziale der Skalierung solcher Strategien auf. Auch gibt es, mit einigen Ausnahmen (Öko-Institut e. V. 2020; Wuppertal Institut 2020), bislang wenig Forschung zu den quantitativen Flächensuffizienzpotenzialen und -wirkungen einzelner Maßnahmen, die eine klare Priorisierung ermöglichen würden. Hieraus ergibt sich ein dringlicher Auftrag an Forschung und Politik. Durch entsprechende Analysen und Pilotprojekte muss relevantes Wissen generiert (Forschung) und dann in entsprechende gesetzliche Rahmenbedingungen und Förderprogramme überführt werden (Politik). Siehe dazu das Kapitel o mit Umsetzungsstrategien für eine kommunale Suffizienzpolitik.

Auch Verbesserungen in anderen Handlungsfeldern können bei richtiger Ausgestaltung zu einer erheblichen Senkung des Flächenkonsums pro Kopf führen: hohe Nutzungsdichte und -mischung in Quartieren, kurze Versorgungswege, kompakte Gebäudestrukturen, Mehrfamilienhäuser statt

Ein- und Zweifamilienhäuser, wohnungsnaher Co-Working-Spaces, geteilte Güter und Infrastrukturen, barrierearmes Wohnen im Alter. Eine gezielte Förderung, insbesondere von kommunikativ und wissenschaftlich begleiteten Pilotprojekten oder Reallaboren zu Flächensuffizienz, könnte dazu beitragen, die Öffentlichkeit für die Zusammenhänge zwischen Flächenkonsum je Nutzung, Ressourcen- und Energieverbrauch sowie planetaren Grenzen zu sensibilisieren und auch die fachliche Debatte zu stärken. Beispiele dafür sind die Projekte »LebensRäume« im Kreis Steinfurt, in dessen Rahmen ein Unterstützungs- und Beratungsangebot für ältere Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer entwickelt wurde (Öko-Institut e. V. 2020), oder das Projekt »OptiWohn« des Wuppertal Instituts zur optimierten Flächennutzung (Wuppertal Institut 2020). Diese Schritte sind Voraussetzung für einen mittelfristig sparsameren Umgang mit Gebäudeflächen – gleichwohl wird eine Reduktion des Flächenkonsums für die oben genannten Akteursgruppen dadurch nicht zum Selbstzweck. Sie kann auch als Nebeneffekt finanzieller Einsparbemühungen, sozialer, städtebaulicher und anderer Projekte auftreten. In solchen Synergieeffekten liegt möglicherweise der größte Hebel für eine suffiziente Flächennutzung – dann nämlich, wenn sie genutzt werden, um Akteurinnen und Akteure zu aktivieren und kommunale Flächensuffizienzprogramme anzustoßen.⁵

Ein integrierter exemplarischer Ansatz findet sich beispielsweise in einem Wohnquartier in Zürich, dem Hunziker Areal. Das Wohn- und Gewerbeprojekt mit 13 Neubauten bietet Wohn- und Arbeitsraum für mehr als 1.100 Menschen und wurde von 2009 bis 2015 durch eine eigens gegründete Genossenschaft in enger Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung und den künftigen Bewohnerinnen und Bewohnern errichtet (Hugentobler/Hofer 2015). Themen wie Organisationsstrukturen, Inklusion, Nachhaltigkeit, soziale und funktionale Mischungen bis hin zu Urban Gardening und eine eigene Quartierswährung wurden in partizipativen Verfahren entwickelt. Jedes der errichteten Gebäude bietet unterschiedliche Wohnkonzepte, von der klassischen Zwei-Zimmer-Wohnung bis hin zu Groß-Wohngemeinschaften, sogenannten Cluster-Wohnungen mit teilweise 13 Zimmern. Gemeinschaftsräume und gemeinschaftliche Nutzungen zielen darauf, die soziale Integration der Bewohnerinnen und Bewohner zu erhöhen. Mit dem Leitbild der 2.000-Watt-Gesellschaft hat das Pro-

5 Julia Siedle: Nutzungsverdichtung im Gebäudebestand: Reduktion des Flächenkonsums in Deutschland durch kommunale Suffizienzstrategien. Dissertation, noch unveröffentlicht.

jekt auch ein energetisch anspruchsvolles Konzept umgesetzt und für die Errichtung der Gebäude eine nachhaltige Auswahl von Baustoffen vorgenommen.

BBSR-Forschungsprojekt: Clusterwohnungen. Eine neue Wohnungstypologie für eine anpassungsfähige Stadtentwicklung

Sämtliche gesellschaftliche Veränderungen gewinnen an Dynamik. Es ist daher entscheidend, bauliche Strukturen zu realisieren, die den wachsenden Anforderungen an Flexibilität, Anpassungs- und Wandlungsfähigkeit ökonomisch und ökologisch gerecht werden.

In den letzten Jahren wurden unter dem Begriff »Cluster-Wohnungen« Pilotprojekte gemeinschaftlichen Wohnens gesammelt, in denen mit unterschiedlichen Sozial-, Bau- und Eigentumsformen experimentiert wurde. Acht Fallbeispiele aus Deutschland und der Schweiz widerspiegeln die baulichen, sozialen, energetischen, rechtlichen und ökonomischen Qualitäten von Cluster-Wohnungen sowie deren Beitrag für eine resiliente Stadtentwicklung. Aufgezeigt werden zudem die Bedingungen für eine Übertragbarkeit und Skalierung in größeren Maßstäben.

Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de/abrufbar>.

Insbesondere in Zeiten hoher Immobilienpreise und steigender Energiekosten gehen mit der Reduktion des Flächenkonsums finanzielle Einsparungen für Individuen und Unternehmen einher.⁶ Wo beispielsweise Büroräumlichkeiten statt individueller Büros nach dem Shared-Desk-Prinzip genutzt werden oder Mitarbeitende in wohnungsnahen Co-Working-Spaces arbeiten, wird pro Kopf weniger teure Mietfläche benötigt. Wer die leerstehende Einliegerwohnung im Einfamilienhaus oder das vakante Kinderzimmer in der ehemaligen Familienwohnung untervermietet, kann so möglicherweise gestiegene Nebenkosten ausgleichen. Solche Untervermietungen können aber auch sozial

6 Wohnprojekte in Heidelberg, die Mehrfamilienhäuser auf Konversionsflächen ertüchtigt und gemeinschaftliche Strukturen im Wohnumfeld geschaffen haben und damit Fläche, Material und Energie/THG-Emissionen sparen, sind in einer Broschüre des Forschungsprojektes »SuPraStadt« dokumentiert: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Leitf%C3%A4den_und_Brosch%C3%BCren/220615_BroschuereSuprastadt_barrierefrei_screen_final.pdf.

motiviert sein. So überlassen im Rahmen von »Wohnen für Hilfe«-Programmen in über 30 Städten in Deutschland insbesondere ältere Menschen und Familien ungenutzte Räume innerhalb ihrer Wohnungen jungen Menschen. Sie tun das nicht gegen Geld, sondern im Tausch für Unterstützung im Alltag und häufig auch, weil sie Gemeinschaft suchen oder sich sicherer fühlen, wenn noch jemand im Haus ist. Soziale Umzugs- oder Wohnraumberatungen unter anderem in Köln und Münster wiederum unterstützen Ältere, die meist in Ein- oder Zwei-Personen-Haushalten leben, dabei, in barrierefreie Wohnungen umzuziehen und länger selbstständig leben zu können. Diese Wohnungen sind meist kleiner als die vorherigen, in denen häufig ehemals ganze Familien wohnten, und diese großen Wohnungen können an Mehrpersonenhaushalte vermietet oder verkauft werden. Auch Projekte mit städtebaulichen Zielen wie Leerstandsmanagement oder Beratungsangebote für Eigentümerinnen und Eigentümer können zu einer Reduktion des Flächenkonsums beitragen. In Amsterdam unterstützen Fachleute in jedem Stadtteil Eigentümerinnen und Eigentümer ganz oder teilweise leer stehender, häufig gewerblicher Immobilien dabei, innovative Geschäftsmodelle für diese Immobilien zu entwickeln, die auch den kommunalen Stadtentwicklungszielen zuträglich sind; in einigen Städten, zum Beispiel Frankfurt, vermitteln Agenturen im Auftrag der Stadt leer stehende Ladenlokale an Künstlerinnen und Künstler, die die Erdgeschosszonen stärken und zu lebendigen Quartieren beitragen. Ein Beispiel auf Landesebene ist das Projekt RaumTeiler des Landes Baden-Württemberg (Baden-Wuerttemberg.de 2018). An dieser Stelle gilt es, Flächensuffizienzziele politisch durch Förderungen zu unterstützen.

Die nicht zuletzt aufgrund von Kapitalanlagen, Spekulationen und lokal auftretendem Overtourism weiter steigende Nachfrage nach Wohnfläche führt gerade in den Innenstädten und Ballungszentren zu einer Begrenzung des Angebots und zu weiterhin hohen Miet- und Kaufpreisen. Dies führt zu ökonomischen Zwängen, wodurch die Nachfrage nach kleineren und bezahlbaren Wohnungen ansteigt (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023). Hierdurch werden auch Wohnformen mit kompakten Grundrissen, einer bewussten Reduktion der Wohnfläche oder die Konversion bestehender Gewerbebauten in Wohnraum immer attraktiver.

Einige der oben beispielhaft skizzierten Maßnahmen mit Flächensuffizienzeffekt sind bereits breit, andere nur punktuell erprobt. Gesellschaftliche Normen, kulturelle Vorstellungen und der individuelle emotionale Wert von Gebäuden für ihre Nutzenden stehen einer Verkleinerung von Flächen pro Nutzung entgegen. Gebäudebestand und Stadtstruktur sind lokal unter-

schiedlich, ebenso wie Akteurskonstellationen, Netzwerke, Verwaltungs- und Wissensstrukturen. Daraus ergeben sich schwankende Flächensuffizienzpotenziale und es braucht lokal unterschiedliche Herangehensweisen mit Monitoringmaßnahmen und laufenden Anpassungen. Transdisziplinäre Pilotprojekte und Reallabore müssen diese in den nächsten Jahren grundlegend weiterentwickeln und nach Wegen der Skalierung suchen. Nur so können trotz unterschiedlicher Randbedingungen und Bedürfnisse zukunftsweisende Wege zu einer strategischen Verankerung entstehen.

Material

Der übergeordnete Begriff »Material« umfasst sowohl die im Boden lagernden Ressourcen, die unter Aufwendung von Energie als Rohstoffe entnommen und zu Bau-Materialien weiterverarbeitet werden. Für die Erstellung von Gebäuden werden zahlreiche Materialien verwendet – in Form von mineralischen Stoffen (zum Beispiel Beton, Gips, Ziegel), Metallen (zum Beispiel Stahl, Aluminium, Kupfer), speziellen Technologiemetallen (zum Beispiel Neodym, Kobalt) und weiteren Materialien (Kunststoffe, Holz). Bezüglich der THG-Emissionen von Gebäuden spielen Herstellung und Einsatz von Materialien eine große Rolle. Materiell bedingte Emissionen wie zum Beispiel durch die Herstellung von Zement sind nur durch eine Substitution oder Reduktion des Materialbedarfs lösbar, was die Unumgänglichkeit von Suffizienzmaßnahmen hervorhebt (Habert/Röck/Steininger, et al. 2020). Um die Trenn- und Wiederverwendbarkeit bereits verbauter oder noch zu verbauender Materialien zu fördern, greift die bauliche Suffizienz in den Phasen Bau (weniger Ressourceneinsatz bzw. Material), Betrieb (weniger Austausch) und Rückbau (Wiederverwendung).

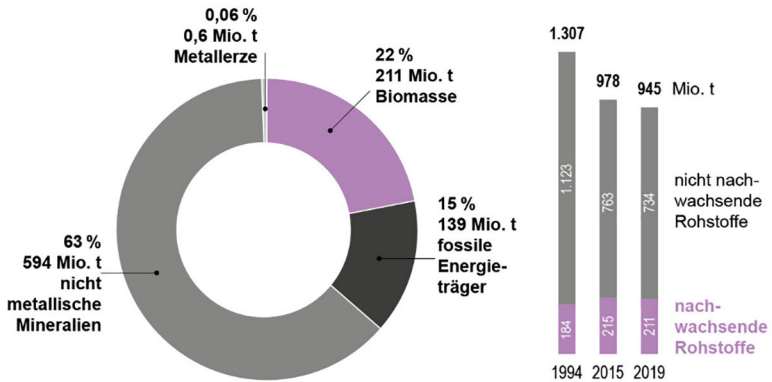
Materialverbrauch

Aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung, der regen Bautätigkeit und dem steigenden Konsum in den hoch entwickelten Ländern nimmt der Rohstoffverbrauch in den letzten Jahrzehnten stetig zu. »Die weltweite Rohstoffentnahme hat sich nach Angaben des ›International Resource Panel (IRP) der Vereinten Nationen in den letzten fünf Jahrzehnten mehr als verdreifacht und wird ohne entsprechende Gegenmaßnahmen auch in Zukunft weiter rapide ansteigen. [...] Globale Umweltprobleme wie Klimawandel, Bodendegradation, Wasser-

knappe oder Biodiversitätsverlust werden verschärft durch die Rohstoffentnahme.« (Umweltbundesamt 2022e: 3)

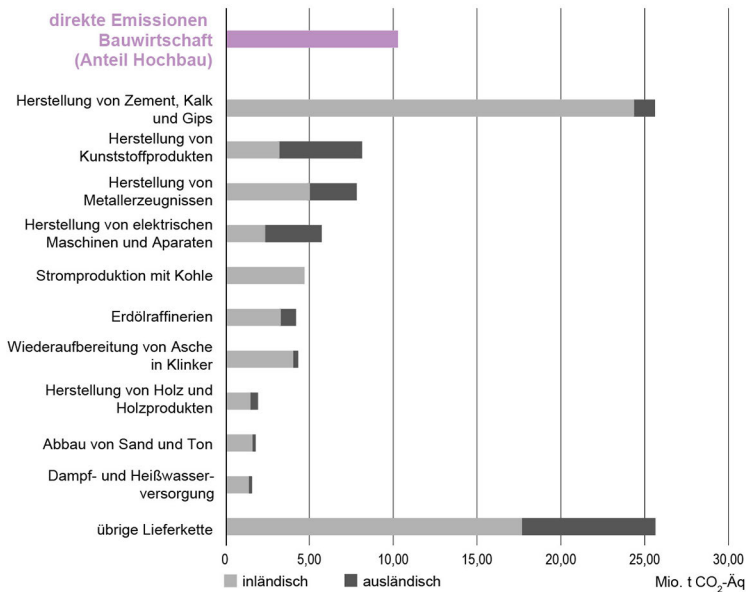
Neben klimatischen und ökologischen Problemen verursacht der wachsende Verbrauch von Rohstoffen auch soziale Probleme, da mit dem internationalen Handel ungleiche Rohstoffverbräuche pro Kopf verstärkt werden. Die angestrebten Transformationsprozesse des sogenannten grünen Wachstums werden das globale Ungleichgewicht voraussichtlich nicht entschärfen, sondern weiter beschleunigen.

Abbildung 13: Inländische Entnahme von Rohstoffen; langfristig sind ein Rückgang der nicht nachwachsenden Rohstoffe und eine Zunahme der nachwachsenden Rohstoffe zu erkennen (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022e: 6)



Der Rohstoffverbrauch pro Kopf in reichen Ländern ist bis zu zehnmal höher als in armen Ländern (SERI 2009: 3). Überdurchschnittlich hoch ist der Rohstoffverbrauch in Nordamerika mit 90 kg pro Kopf und Tag. In Europa liegt der tägliche Rohstoffverbrauch pro Kopf mit 43 kg deutlich niedriger, die Rohstoffentnahme liegt hier jedoch lediglich bei 36 kg. Beispielsweise weist Afrika ein umgekehrtes Verhältnis zwischen Pro-Kopf-Verbrauch (10 kg) und Pro-Kopf-Entnahme (15 kg) auf (ebd.: 20–21).

Abbildung 14: Treibhausgas-Fußabdruck der Herstellung, Errichtung und der Modernisierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden nach direkten Zulieferern, inkl. der THG-Emissionen ihrer Lieferketten (BBSR, eigene Darstellung nach Ramseier/Frischknecht 2020)



Im internationalen Vergleich weist Deutschland einen hohen Rohstoffkonsum auf, der pro Kopf 30 % über dem globalen Durchschnitt liegt. Dieser Konsum blieb in den letzten Jahren nahezu konstant, einzig während der Corona-Pandemie war ein geringfügiger Rückgang erkennbar (Umweltbundesamt 2022e). In Deutschland beträgt der Materialbestand bezogen auf Gebäude pro Kopf 187 t (Wohngebäude 105,4 t/Nichtwohngebäude 81,7 t) (BSBK 2021). Mineralische Rohstoffe, von denen 90 % für die Herstellung von Baustoffen eingesetzt werden, machen in Deutschland die Hälfte des Rohstoffverbrauchs aus (DBU 2015). Trotz Einführung des Deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetzes und kontinuierlichen Fortschritten in der Gesamtrohstoffproduktivität steigt die Nachfrage und Konkurrenz um Rohstoffe weiter an.

Der THG-Fußabdruck der Herstellung, der Errichtung und der Modernisierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden (ohne Betrieb und Abriss, siehe Tabelle 1) trägt gemäß dem Forschungsprojekt »Umweltfußabdruck

von Gebäuden in Deutschland« rund 10 % zum gesamten THG-Fußabdruck des Handlungsfelds Gebäude bei. Wie in Abbildung 14 zu sehen, umfasst die Herstellung von Zement, Kalk und Gips den größten Anteil der »embodied impacts« (Ramseier/Frischknecht 2020). Bei Neubauten sind die materialbedingten THG-Emissionen deutlich höher anzusetzen als bei Sanierungen. Wie viel Prozent an THG-Emissionen im Vergleich eingespart werden, verdeutlichen Zimmermann et al. (2023: 45) – die Zahlen schwanken hier zwischen 7 % und 20 %.

Sozial-ökologisch verträglicher Materialverbrauch

Das Sustainable Europe Research Institute (SERI 2009: 5) aus Wien beschreibt: »Die Ausweitung des ressourcenintensiven Wirtschaftsmodells Europas und anderer hoch entwickelter Länder für heute sieben oder in Zukunft sogar zehn Mrd. Menschen ist mit Hinblick auf die Umwelt weder möglich, noch kann sie wirtschaftlich und sozial aufrechterhalten werden.«

Die Schonung von Rohstoffen ist als ressortübergreifendes Handlungsfeld in den letzten Jahrzehnten zunehmend in den Fokus gerückt. Den Ausgangspunkt für den internationalen Nachhaltigkeitsprozess bildete 1992 die UN-Konferenz in Rio de Janeiro. 2007 rief das *UNEP Environment Program* das *International Resource Panel* ins Leben, um einen besseren Umgang mit den globalen Ressourcen zu fördern. Auf europäischer Ebene folgte 2011 der von der EU-Kommission verabschiedete *Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa*. 2012 wurden in Deutschland das neue *Kreislaufwirtschaftsgesetz* und das *Deutsche Ressourceneffizienzprogramm* verabschiedet. 2020 verabschiedete die EU-Kommission den *Aktionsplan Kreislaufwirtschaft* als wichtiges Element des *European Green Deal*. Beim Entwurf für den EU-Aktionsplan Kreislaufwirtschaft 2020 gab es in einer früheren Version die Forderung, die Rohstoffnutzung pro Kopf bis 2030 zu halbieren. Diese wurde in die finale Version des Plans jedoch nicht aufgenommen (NABU 2020; Ressourcenwende 2020). Obwohl Ziele, wie sie beim Klimaschutz existieren, für einen nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen und Ressourcen auf internationaler Ebene fehlen, sind einzelne Länder hier Vorreiter. So haben die Niederlande die Reduzierung abiotischer Rohstoffe bis 2030 um 50 % mit ihrem Kreislaufwirtschaftspaket 2016 verankert und Frankreich verfolgt ein gesetzlich festgelegtes Reduktionsziel des Ressourcenverbrauchs bis 2030 um 30 %. Das Netzwerk Ressourcenwende, ein Zusammenschluss aus 14 Umwelt-, Sozial- und Naturschutzorganisationen, fordert auch für Deutschland, die Nutzung

nicht nachwachsender Rohstoffe bis 2030 um mindestens 50 % zu senken und bis 2050 auf maximal 6 t pro Kopf und Jahr (16,4 kg/Tag) zu begrenzen. Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe soll bis 2050 auf maximal 2 t pro Person und Jahr (5,5 kg/Tag) reduziert werden (Ressourcenwende 2021). Auch das UBA hält es für notwendig, dass die Bundesregierung die Senkung der Ressourceninanspruchnahme verbindlich festlegt, und verweist darauf, dass in der internationalen Diskussion ein Zielkorridor von 3 bis 8 t pro Kopf und Jahr vorgeschlagen wird (Günther/Lehmann/Lorenz, et al. 2019). Mit einer ehrgeizigen Klima- und Rohstoffpolitik hält das UBA im Bereich Wohnen einen Rückgang um 84 % des Rohstoffkonsums bis 2050 für möglich.

Ein sozial-ökologisch verträglicher, materialbedingter Verbrauch von Energie/THG ist anzustreben aber bisher noch nicht ausreichend definiert. Allerdings zeigen Ansätze wie Bestandserhaltung, Lowtech und Einfaches Bauen Möglichkeiten auf, den materialbedingten Verbrauch von Energie/THG signifikant zu reduzieren. Zudem belegen die unter 0 genannten Zahlen, dass eine Bestandssanierung in den meisten Fällen weniger THG emittiert als ein Neubauvorhaben.

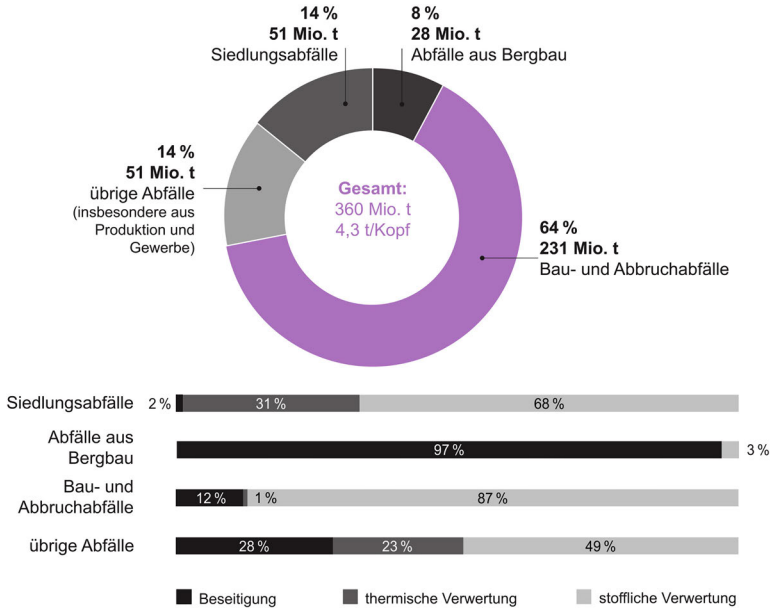
Suffizienzstrategien zur Reduzierung des Materialverbrauchs

Die im Weiteren aufgeführten Suffizienzstrategien zur Reduzierung von Material und materialbedingter Energie bzw. THG orientieren sich weitgehend an der Hierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (Vermeidung/Erhaltung/Wiederverwendung/Recycling/Neubau mit Auflagen) (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023: 7).

Vermeidung von Abbruch, Vermeidung von Neubau

Neben Entnahme und Verbrauch von Rohstoffen ist auch deren Entsorgung ein bedeutender Umweltfaktor. Das Abfallaufkommen in Deutschland liegt bei ca. 352 Mio. t für 2021 (Statista 2023). Über die Hälfte des anfallenden Abfallaufkommens in Deutschland stammt aus Bau- und Abbruchabfällen wie Bauschutt, Straßenaufbruch oder Bodenaushub. Der in Abbildung 15 ausgewiesene hohe Anteil der stofflichen Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen bezieht sich zum überwiegenden Teil auf die Verwendung im Straßenbau, also dem Downcycling von Bauschutt.

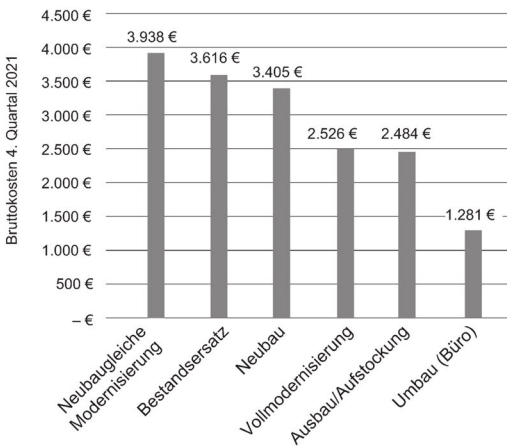
Abbildung 15: Netto-Abfallaufkommen in Deutschland nach Abfallarten sowie Abfallarten nach Anteilen thermischer und stofflicher Abfallverwertung und -beseitigung (2019) (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022e: 40)



Durchschnittlich gingen in den vergangenen 30 Jahren etwa 20.000 – 30.000 Wohnungen pro Jahr durch Abbruch verloren (destatis 2021: 22). Angesichts der Tatsache, dass Bestandsgebäude eine wichtige Ressource darstellen, erscheinen diese Zahlen trotz einer abnehmenden Tendenz zu hoch. Demzufolge sind politische Maßnahmen notwendig, um den Erhalt von Gebäuden zu fördern. Dazu gehören vor allem wirtschaftliche Anreize und erleichterte rechtliche Rahmenbedingungen im Umgang mit Bestandsgebäuden. Die Nutzung leerstehender Gebäude ist eine weitere wichtige Strategie, um Neubau zu vermeiden. Für den Erhalt und die Verdichtung von Bestandsgebäuden kann eine verbesserte Datenlage hilfreich sein. Bisher erfassen lediglich 50 % der deutschen Städte und Gemeinden Baulücken, 25 % Leerstände und 8 % Nachverdichtungspotenziale (Blum/Atci/Roscher, et al. 2022: 85). Noch betreiben viele Entwickler Abriss und Neubau, da Lebenszykluskosten und Umweltschäden nicht in der Renditekalkulation auftauchen. Um die Klimafolgekosten mit einzupreisen, müsste diese Kalkulation verändert werden.

Gerade bei der Schaffung kostengünstiger Wohnungen gibt es jedoch auch ohne diese Faktoren wirtschaftlichere Optionen. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass Aufstockungen oder Umnutzungen von Bürogebäuden im Vergleich zu konventionellen Neubauten 28 % beziehungsweise 62 % günstiger sind.

Abbildung 16: Kostenvergleich unterschiedlicher (Um-)Bauvarianten; (BBSR, eigene Darstellung nach Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023: 7)



Perspektivisch werden sich diese Preisunterschiede vermutlich aufgrund steigender Bauzinsen, Problemen in den Lieferketten, veränderten Förderbedingungen, der allgemeinen Inflation sowie des Fachkräfte- und Materialmangels weiter erhöhen. Auch bezüglich der Senkung von THG-Emissionen liegt die Sanierung von Bestandsgebäuden vor dem Neubau. Während die grauen Emissionen bei typischen Neubauten in Deutschland $10 - 16 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/m}^2\text{*a}$ betragen, emittieren typische Bestandsanierungen lediglich $3 - 8 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/m}^2\text{*a}$ (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023: 7), da i. d. R. die Primärkonstruktion erhalten bleiben kann.

Damit sich ein wertschätzender und bedürfnisorientierter Umgang mit dem Vorhandenen, insbesondere mit bestehender Bausubstanz, gewachsenen Strukturen und bisher ungenutzten Flächen ergibt, haben Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. (2023) in ihrem Bericht eine Suffizienz-Entscheidungspyramide entwickelt, die in diesem Bericht in eine Entscheidungskaska-

de Suffizienz übersetzt wurde. Diese Kaskade verdeutlicht, dass die Abwägung der Maßnahmen vom geringsten (Bestandserhaltung) zum aufwendigsten Eingriff (Neubau) erfolgen sollte. Erst wenn eine Bestandserhaltung und -erneuerung objektiv nicht möglich ist, sollte die Bestandserweiterung in Betracht gezogen werden.

Abbildung 17: Entscheidungskaskade Suffizienz (BBSR; eigene Darstellung in Anlehnung an die erweiterte Suffizienz-Entscheidungs pyramid von Zimmermann et al. 2023)



BBSR-Forschungsprojekt: HochhausBestandBest Practice im Umgang mit Bürohochhäusern der 1950er/1960er Jahre

Im Rahmen eines von Zukunft Bau geförderten und von der TU München (Professur für Neuere Baudenkmalpflege, Prof. Andreas Putz) durchgeführten Forschungsprojekts wurden Best-Practice-Strategien im Umgang mit Bürohochhäusern aus den 1950er-/1960er-Jahren untersucht.

Bürohochhäuser der Nachkriegszeit stellen eine große baulich-materielle Ressource dar, die es nicht zuletzt zur Verringerung der CO₂-Belastung und Minimierung des Bauabfallaufkommens zu erhalten gilt. Im Rahmen des Forschungsprojekts erwiesen sich die untersuchten Bauten materiell und konstruktiv als sehr robust. Es zeigte sich, dass die Erhaltung dieses Bestands stärker durch Nutzungsveränderungen und neue Nutzungsanforderungen gefährdet ist als durch bauliche Schwächen. Neben regelmäßigen Wartungsarbeiten evaluierten die Forschenden den Einsatz von Lowtech-Anlagen als sinnvolle Erhaltungsstrategien. Wie in Simulationen nachgewiesen wurde, können durch minimalinvasive Eingriffe und einfache organisatorische Anpassungen an den Bestand aktuelle Anforderungen weitgehend eingehalten werden.

Eine wichtige Erkenntnis des Forschungsprojekts ist, dass für bestands-gerechte, reduzierte Instandsetzungs- und Ertüchtigungsoptionen empiri-

sche Grundlagen und fundierte Kenntnisse über Umfang, Eingriffstiefe und Effektivität von baulichen Maßnahmen erforderlich sind. Die Forschenden schlagen daher ein methodisches Vorgehen für zukünftige Voruntersuchungen vor, dass Analysen zur Umbaugeschichte und historischen und städtebaulichen Bedeutung umfasst sowie Analysen zu Konstruktion und Materialität, bauphysikalischen und gebäudetechnischen Charakteristika. Diese Analysen sollen im Rahmen der Voruntersuchungen durch thermische und bauphysikalische Messungen und Simulationen erweitert werden, um Aufschlüsse über die tatsächlichen Defizite und Potenziale des Bestehenden zu erlangen.

Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de> abrufbar.

Erhaltung von Bestandsgebäuden

»Der sorgsame Umgang mit dem Bestand ist eine Haltungsfrage, die sich auf verschiedene Maßstäbe anwenden lässt: das Quartier, das Gebäude, das Bauteil und das Material.« (BBSR 2022: 85) Gemäß Deutschem Ressourceneffizienzprogramm, dem EU-Aktionsplan Kreislaufwirtschaft und dem aktuellen deutschen Koalitionsvertrag kommen der erhöhten Lebensdauer und der einfachen Reparierbarkeit von Produkten große Bedeutung zu. Diese Forderung lässt sich im Bauwesen auf ganze Gebäude übertragen. Auch Gebäude sollten langlebig, reparierbar, wiederverwendbar und recycelbar sein. Da ein heutiger hocheffizienter Neubau während der kurzen Erstellungsphase mehr Treibhausgase emittiert kann als in seiner Nutzungsphase, sollten Gebäude in erster Linie so lange wie möglich erhalten werden. Um die Lebensdauer von Gebäuden zu verlängern, sind diese regelmäßig und fachgerecht instand zu halten. Bei Alterung einzelner Bauelemente sind diese zunächst zu reparieren, bevor sie im Einzelfall ausgetauscht werden. Darüber hinaus ist auch ein optimierter Betrieb von Gebäuden wichtig. Gerade bei großmaßstäblichen Gebäuden wird sehr viel Aufwand in deren Planung und Erstellung gesteckt, während der über den Energieverbrauch entscheidende Betrieb zu wenig überprüft und optimiert wird. Im Rahmen eines größeren Maßstabs wird der Kontext auf Quartiersebene zunehmend wichtig, um durch die Sektorenkopplung Potenziale wie bspw. Nahwärmenetze und kommunale Versorgungskonzepte auszuschöpfen, die bislang häufig noch ungenutzt bleiben. Aktuell untersucht das Forschungsprojekt »Systemisch optimierte Sanierungsstrategien für energieflexible CO₂-neutrale Quartiere« (de-Borja-Torrejón/Danzer/Saleem No-

uman, et al. 2024), wie lokal angepasste Sanierungsmaßnahmen im Quartiersverbund aussehen sollten, damit der Gebäudebestand eine THG-optimierte Rolle als Akteur in der Energieinfrastruktur spielen kann. Ein abgeschlossenes, vom BBSR gefördertes Forschungsprojekt untersuchte suffiziente Erhaltungsstrategien für Bürogebäude der 1950er- und 1960er-Jahre.

Wiederverwendung und Recycling

Das Fördern von Kreislaufwirtschaft und zukunftsorientierten Materialkreisläufen adressiert weniger die Suffizienz als die Nachhaltigkeitsstrategie der Konsistenz. Gleichwohl kommt der direkten Wiederverwendung von Baumaterialien und -elementen nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz eine höhere Priorität zu als dem Recycling, so dass auch hier Aspekte der Suffizienz tangiert werden. Ein Recycling von Baumaterialien sollte in diesem Kontext erst in Erwägung gezogen werden, wenn eine direkte Weiter- oder Wiederverwendung nicht möglich ist. Um die Wiederverwendung von Bauteilen und bestehenden Infrastrukturen in der Praxis zu fördern, werden entsprechende Gesetzgebungen und Logistik benötigt. Hemmschwellen für den Einsatz wiederverwendeter Bauteile sind abzubauen, indem Normen und Gewährleistungspflichten angepasst werden. Analog zu den öffentlichen Abfalldeponien sind entsprechende Lager für wiederverwendbare Bauteile anzustreben. So hat das Schweizer Baubüro *in situ* bei der Aufstockung einer bestehenden Lagerhalle in Winterthur berechnet, dass durch den Einsatz von wiederverwendetem Material 500 t CO₂ und damit 60 % der CO₂-Emissionen gegenüber einem Neubau eingespart werden konnten (BBSR 2022: 87).

Verwendung von langlebigen, nachhaltigen, verwert- oder wiederverwendbaren Baumaterialien

Zum reduzierten Einsatz von Baumaterialien sowie deren Eigenschaften hinsichtlich Langlebigkeit, Nachhaltigkeit und Verwertbarkeit bis hin zur Wiederverwendung gibt es viele Forschungsprojekte und -erkenntnisse, die sich allerdings bislang nur wenig in der Praxis niederschlagen. Hier gilt es, sowohl durch entsprechende Reallabore den Transfer zu vereinfachen als auch bestehende Hemmnisse zu eruieren und zu überwinden. Die Themen *Lowtech* beziehungsweise *Einfaches Bauen* haben in den letzten Jahren an Relevanz gewonnen. Das von Zukunft Bau geförderte Forschungsprojekt *Einfach Bauen* kommt beispielsweise zu dem Ergebnis, dass Holzmassivgebäude in »einfacher« Bauweise bis zu 38 % THG-Emissionen im Vergleich zu einem Standardgebäude einsparen können (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al.

2023: 46). Eine Kreislaufwirtschaft⁷ im Handlungsfeld Gebäude bedeutet eine Optimierung von Materialeffizienz, die Verlängerung der Lebensdauer der Bauteile und des Gebäudes, das Ersetzen ressourcenintensiver Materialien durch nachwachsende Rohstoffe sowie möglichst geschlossene Materialkreisläufe (Malabi Eberhardt, Leonora Charlotte/van Stijn/Kristensen Stranddorf, et al. 2021). Konstruktionstechniken müssen eine sortenreine Trennung ermöglichen und verbaute Materialien in einem Inventar erfasst werden, um die Materialtransparenz zu erhöhen und eine Wiederverwendung zu ermöglichen (Gebäudeforum Klimaneutral 2023).

Energie

Im Lebenszyklus eines Gebäudes wird Energie während aller Phasen benötigt. Im Rahmen der aktuellen Klimaziele für den Gebäudesektor wird bisher jedoch lediglich der Gebäudebetrieb bilanziert. Neben einer Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus ist auch die Betrachtung über den gebäudespezifischen Blick hinaus zugunsten einer Quartiersperspektive und übergeordneter Energienetze wichtig für die Umsetzung der Wärmewende (Steinbach/Deurer/Senkpiel, et al. 2021).

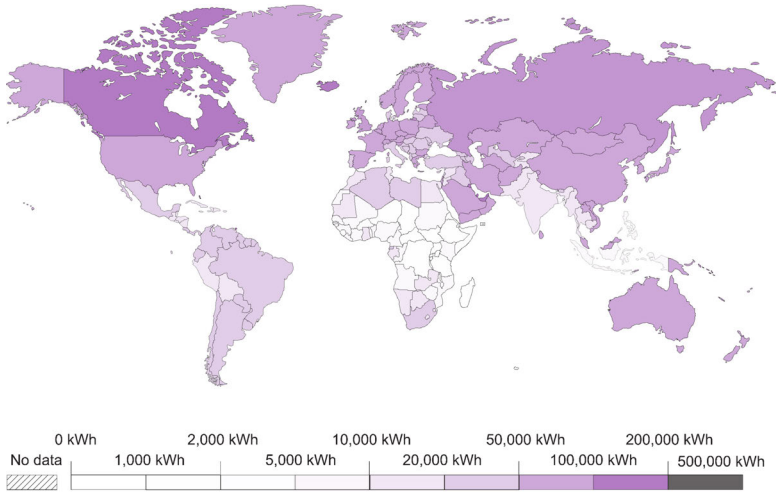
Energieverbrauch

Energieverbrauch und THG-Emissionen bedingen sich gegenseitig, die energiebedingten THG-Emissionen sind den Verbrauchssektoren und der Nutzungsphase zuzuordnen. Hauptbestandteil der emittierten Treibhausgase bildet Kohlenstoffdioxid. Während der Endenergieverbrauch in Deutschland seit den 1990er-Jahren kaum gesunken ist, ist der Wärmeenergiebedarf (gebäuderelevanter Endenergieverbrauch), der etwa die Hälfte des Gesamtenergiebedarfs bildet, leicht rückläufig (Umweltbundesamt 2022a). Der Anteil von Gebäuden am Endenergieverbrauch (gebäuderelevanter Wärmeverbrauch

7 Das Umweltbundesamt formuliert als Leitsatz für Kreislaufwirtschaft: »Die Kreislaufwirtschaft ist Teil einer ressourceneffizienten, nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweise, welche die Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen fördert und planetare Grenzen respektiert.« (Müller/Kohlmeyer/Krüger 2020).

für Raumwärme 31,8 % und Warmwasser 4,9 %) beträgt in Deutschland 36,7 % (Umweltbundesamt 2023c).

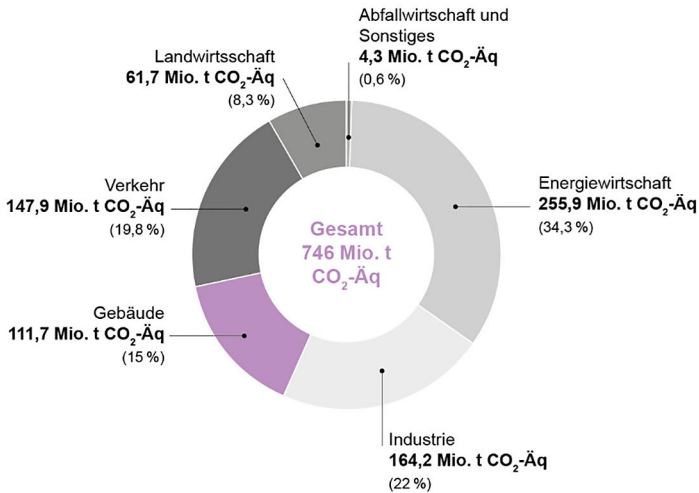
Abbildung 18: Globaler Vergleich des Primärenergieverbrauchs pro Kopf in kWh/Person für 2022 (BBSR, eigene Darstellung nach Our World in Data 2023)



Der Primärenergieverbrauch pro Kopf betrug 2022 weltweit rund 21.039 kWh, in den USA 78.754 kWh, in China 31.051 kWh, in Europa 38.324 kWh und in Deutschland 40.977 kWh (Our World in Data 2023). Ergänzend zum Primärenergieverbrauch pro Kopf in Wattstunden wird für die konstant verbrauchte Leistung pro Kopf und Sekunde die Einheit Watt herangezogen. Hier liegt die Dauerleistung an verbrauchter Primärenergie pro Kopf in Deutschland aktuell bei rund 5.500 Watt, die meiste Energie wird für die Bereiche Wohnen und Mobilität aufgewendet. Trotz immenser politischer Bemühungen ist der Endenergiebedarf der privaten Haushalte pro Kopf seit den 1970er-Jahren nahezu unverändert. Effizienzsteigerungen haben allenfalls dazu beigetragen, den steigenden Konsum zu kompensieren (Umweltbundesamt 2006). Vor dem Hintergrund der angestrebten Klimaziele ist daher die politische Notwendigkeit gegeben, neben der Effizienz verstärkt auch Suffizienzansätze im Gebäudereich zu verfolgen, die bspw. gängige Komfortstandards hinterfragen. So orientieren sich die Temperaturenniveaus in Gebäuden in der Regel am tech-

nisch machbaren und nicht an angemessenen, dem menschlichen Empfinden durchaus zuträglichen Raumtemperaturen.

Abbildung 19: THG-Emissionen in Deutschland nach Sektoren 2022 (BBSR, eigene Darstellung auf Basis von UBA 2024a und Agentur für Erneuerbare Energien 2023)



Im Gegensatz zum Endenergieverbrauch sanken die deutschen THG-Emissionen zwischen 1990 und 2021 in Deutschland deutlich um knapp 39 % (Umweltbundesamt 2022b). In dem durch die Corona-Pandemie geprägten Jahr 2020 waren die Emissionen nochmals deutlich niedriger, bevor sie im Jahr 2021 wieder anstiegen (Umweltbundesamt 2022c). Grund für die in der Tendenz gesunkenen Emissionen waren Sondereffekte (zum Beispiel der Strukturwandel in den ostdeutschen Bundesländern), aber auch Klimaschutzmaßnahmen wie Ausbau des Ökostroms, Kohleausstieg und Emissionshandel sowie Verlagerungseffekte THG-intensiver Produktionsprozesse. Im weltweiten Durchschnitt lagen die energiebedingten CO₂-Emissionen 2021 pro Kopf bei 4,7 t, der höchste Verbrauch pro Kopf betrug 35,59 t in Katar (Statista 2023). Mit 8,09 t CO₂-Äq pro Kopf lag Deutschland 2021 im oberen Mittelfeld der Emissionen pro Kopf in Europa (Umweltbundesamt 2023b). Wenn man die Emissionen berücksichtigt, die durch den Konsum von im Ausland hergestellten Produkten entstehen, verursacht eine Person in Deutschland sogar jährlich 10,3 t CO₂-Äq pro Kopf.

Sozial-ökologisch verträglicher Energieverbrauch

Ein Soll-Energieverbrauch pro Kopf ist weder in der EU noch in Deutschland politisch definiert. Dieser könnte sich beispielsweise aus der verfügbaren Energie ableiten oder aus dem Konzept der »Decent Living Standards« (DLS), aus denen sich ein angemessener Lebensstandard ableiten lässt. Eine weitere Ableitung wäre aus dem Konzept der 2.000-Watt-Gesellschaft denkbar. Die Schweiz verfolgt seit den 1990er-Jahren mit diesem Konzept das Ziel, den durchschnittlichen ständigen Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2150 auf 2.000 Watt pro Kopf zu reduzieren, um mit einer nationalen Initiative dem vorgegebenen Zwei-Grad-Ziel der internationalen Klimapolitik und dem Welt-Durchschnitts-Energieverbrauch von 1990 zu entsprechen. Von den angestrebten 2.000 Watt entfallen 500 Watt auf den Bereich Wohnen, 500 Watt auf Mobilität und 1.000 Watt auf den restlichen Konsum. Wissenschaftlich ist darstellbar, dass dieses Ziel in hoch industrialisierten Ländern bereits 2050 erreichbar ist (siehe Purr/Günther/Lehmann, et al. 2019 und Umweltbundesamt 2020b).

Die absoluten Ziele in der Minderung von Treibhausgasen gem. KSG lassen sich auf Pro-Kopf-Budgets herunterbrechen. Laut UBA müssen die THG-Emissionen pro Kopf und Jahr bis 2050 auf unter 1 t reduziert werden, um die Pariser Klimaziele zu erreichen und aus nationaler Perspektive die Erderwärmung auf unter 2 °C zu halten (Umweltbundesamt 2019b). Auch die Schweizer 2.000-Watt-Gesellschaft strebt eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes bis 2150 auf 1 t pro Kopf und Jahr an. Das Ziel von 1 t/pro Kopf wurde jedoch nicht von einem globalen Budget abgeleitet, sondern ist lediglich eine Annäherung an eine nachhaltige Emissionsbegrenzung (Habert/Röck/Steininger, et al. 2020). Maßgeblicher wäre der Ansatz, dass die bis 2050 kumulierten THG-Emissionen pro Kopf das noch zustehende Budget nicht überschreiten.

Suffizienzstrategien des Energieverbrauchs

Ein großer Hebel für die Reduzierung von Energie und energiebedingtem THG liegt in einem bewussten Nutzendenverhalten, angepassten Komfortansprüchen und dem intelligenten Einsatz einer robusten technischen Gebäudeausrüstung. Für den Energiebereich existieren sowohl Budget-Ansätze wie das Stromkundenkonto als auch Ansätze zur Begrenzung beziehungsweise Reduktion, z. B. mittels progressiver Steuertarife. Die Diskussion um Energieeinsparung durch Nutzendenverhalten rückt durch die aktuelle Energiekrise

in den Fokus und sollte in Anbetracht des Klimawandels geführt werden. Denn in der Gebäudenutzung lässt sich bereits durch sehr einfache Maßnahmen Energie einsparen. So werden beispielsweise durch die Reduktion der Raumtemperatur (Wohnräume 20° Celsius) um 1 °Celsius durchschnittlich rund 6 % des Energieverbrauchs oder 240 kg CO₂ pro Jahr eingespart (EnergieSchweiz 2021). Das UBA beziffert das Potenzial einer Absenkung der Raumtemperatur um 2 °C in allen Wohn- und Nichtwohngebäuden auf 31 TWh pro Jahr, das etwa 7,5 Mio. t CO₂ entspricht) (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023: 7). In einem entsprechenden Feldtest der Deutschen Energie-Agentur (dena) wurde für das energiesparende Verhalten beim Heizen und Lüften ein Energiesparpotenzial von 10 % quantifiziert (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023: 7). Weitere Studien sprechen bei zielgenauer Unterstützung sogar von 15 bis 20 % Einsparpotenzial (Energy-Awareness-Services). Zimmermann et al. kommt zu dem Ergebnis, dass durch die Kombination von Effizienz und Suffizienz gegenüber dem Status quo Stromeinsparpotenziale bis zu 77 % darstellbar sind, das das einer Einsparung von bis zu 110 TWh pro Jahr beim Haushaltsstromverbrauch ermöglichen würde (ebd.).

Neben dem Nutzendenverhalten und angepassten Komfortansprüchen sind auch gebäudetechnische und vor allem bauliche Aspekte entscheidend für die Einsparung von Energie. Das von Zukunft Bau geförderte Forschungsprojekt »Einfach Bauen« setzt sich beispielsweise zum Ziel, die Komplexität bezüglich Gebäudekonstruktion und -ausbau zu reduzieren, und erforschte drei monolithische Bauweisen aus Massivholz, Porenbeton und hochwärmedämmendem Mauerwerk. Insgesamt lässt sich festhalten, dass bauliche Maßnahmen (günstige Ausrichtung von Gebäuden und Wohnräumen, natürliche Belichtung und Belüftung von Innenräumen, reduzierter Glasflächenanteil bei Fassaden) kostengünstiger, wartungsärmer und energiesparender waren gegenüber gebäudetechnischen Anlagen, die bauliche Schwachstellen CO₂-intensiv ausgleichen müssen. Die Geschäftsstelle EnergieSchweiz im Schweizer Bundesamt für Energie kommt zu dem Schluss, Weglassen sei »die naheliegendste und günstigste Möglichkeit, graue THG-Emissionen (GTHG) einzusparen« (Näf/Sacher/Dinkel, et al. 2021: 4).

Um reale und erwünschte Einsparpotenziale erfassen und abbilden zu können, bedarf es ganzheitlicher, transparenter Bilanzierungsmethoden, die den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes miteinbeziehen. Die Problematik der Bilanzierung verdeutlicht eine Studie von Infas (2021). Diese hebt als ein eingegrenztes Phänomen hervor, dass Personen, die ihr Haus mit Wärmepumpen beheizen, mit einem CO₂-Fußabdruck von 17,6 t deutlich über

dem gesellschaftlichen Durchschnitt (11,2 t) liegen. Die Art des Heizsystems rückt damit im Verhältnis zum Lebensstandard in den Hintergrund. Die flächendeckende Versorgung mit erneuerbaren Energien bedarf einer möglichst effizienten und technologisch qualitativen Umsetzung, aber auch einer Reduktion des durchschnittlichen Pro-Kopf-Energieverbrauchs.

Suffizienzpolitik auf kommunaler Ebene

Stadtentwicklung sieht sich gegenwärtig sehr unterschiedlichen Herausforderungen ausgesetzt: Auf der einen Seite besteht ein zunehmender Problem- und Handlungsdruck durch ungleiche sozial-räumliche Entwicklungen von Wachstum und Schrumpfung, wirtschaftlichem Struktur- und demografischem Wandel, sozialer Ungleichheit und zunehmenden Umweltrisiken. Auf der anderen Seite bestehen in Städten und Regionen gleichzeitig Wissensressourcen und Handlungskapazitäten, vielfältige Lösungsansätze zu entwickeln, zum Beispiel durch eine breite Mobilisierung der Stadtgesellschaft. Der Sozial- und Handlungsraum der Stadt birgt somit auch die Chance, eine Schlüsselebene für eine moderne Nachhaltigkeits- und Innovationspolitik einzunehmen, also auch für den Aufbau einer lokalen Suffizienzpolitik.

Obwohl in Kommunen bereits eine Vielzahl von Ansätzen nachhaltiger Stadt- und Regionalentwicklung betrieben werden, spielt Suffizienz in der lokalen Politik und Planung bisher nur eine sehr untergeordnete Rolle. Auf der kommunalen Ebene bleibt die Aufgabe, eine Suffizienzpolitik in der nachhaltigen Stadtentwicklung zu etablieren und damit den Maßstab über das Handlungsfeld Gebäude und das Quartier hinaus zu erweitern. Entsprechende Suffizienzansätze stehen naturgemäß quer zu bestehenden Handlungsfeldern. Bisher zeichnet sich kommunale Suffizienzpolitik dadurch aus, dass sie als Ergänzung und Komplettierung bestehender Ansätze lokaler Nachhaltigkeitsstrategien zur Steigerung von Konsistenz und Effizienz angelegt ist. In einem solchen Kontext fokussiert sie mit ihren Vorschlägen und Maßnahmen vorwiegend auf handelnden Akteurinnen und Akteuren.

Die Ziele entsprechender kommunaler Suffizienzmaßnahmen sind neben der Einsparung von Umweltressourcen (Fläche, Material und Energie) auch andere lokale Umweltentlastungen (Lärm, Feinstaub, Lichtverschmutzung, Verbesserung des Mikroklimas) und die Erhöhung der lokalen Resilienz, die wichtig für die Anpassung an den Klimawandel ist. Eine zumindest teilweise Erfassung dieser Ressourcen und Entlastungen als Teil einer integrierten

kommunalen Suffizienzpolitik bildet eine zentrale Voraussetzung. Erst über eine solche bilanzielle Erfassung, beispielsweise von Material- und Ressourcenverbräuchen (Wuppertal Institut 2016), lassen sich mögliche absolute Reduktionsziele setzen, Budgets für Umweltverbrauch entwickeln und adäquate Handlungsansätze auflegen. Für eine derartige Fundierung kommunaler Suffizienzpolitik fehlt es jedoch zumeist an den notwendigen personellen, technischen und finanziellen Voraussetzungen vor Ort. Trotzdem finden sich zumindest in ausgewählten Schlüsselressourcen erste Handlungsansätze hierzu, insbesondere in den Handlungsfeldern Siedlungs- und Flächenentwicklung, Naturhaushalt und Nachhaltigkeit sowie Klimaschutz.

Handlungsfeld Siedlungs- und Flächenentwicklung

Ein erster zentraler Ansatzpunkt für eine kommunale Suffizienzpolitik liegt in einer restriktiven Steuerung der Siedlungs- und Flächenentwicklung auf kommunaler Ebene. Zwar ist eine Verringerung der Flächenneuinanspruchnahme in Deutschland in den Jahren von 2000 bis 2015 deutlich erkennbar, allerdings bleiben die flächenpolitischen Ziele des Bundes (insbesondere das 30-ha-Ziel) weiterhin unerreicht, da der Flächenverbrauch bei rd. 50 ha pro Tag stagniert. Zusätzlichen Herausforderungen müssen sich die Kommunen beim Flächensparen auch mit der Umsetzung der wohnungspolitischen Ziele der Bundesregierung stellen, die unter anderem den Neubau von 400.000 Wohnungen pro Jahr vorsehen (SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP 2021). Zimmermann et al. (2023: 7) zeigen in ihrem Bericht, dass dieses Ziel jedoch nahezu ohne Netto-Neuersiegelung von Flächen erreicht werden könnte.⁸ Auch Fuhrhop (2023) zeigt Möglichkeiten und Wege auf, durch eine Nutzungserhöhung bestehender Wohnflächen zusätzlichen Wohnraum im Bestand zu schaffen. Zudem konnten gerade in den letzten Jahren in der Flächen- und Siedlungsplanung Erfahrungen mit Instrumenten und Maßnahmen gesammelt werden, die das Flächensparen maßgeblich unterstützen (zum Beispiel durch doppelte oder dreifache Innenentwicklung). Das Umweltbundesamt (Umweltbundesamt 2019a) nennt auf der Basis eines fallstudienbasierten Planspiels Ansätze mit hoher Wirkungskapazität, wie zum Beispiel

8 Siehe zu Flächenpotenzialen im Stadtraum unter anderem auch Günther/Lehmann/Lorenz, et al. 2019 und TU Darmstadt, pestel Institut 2019

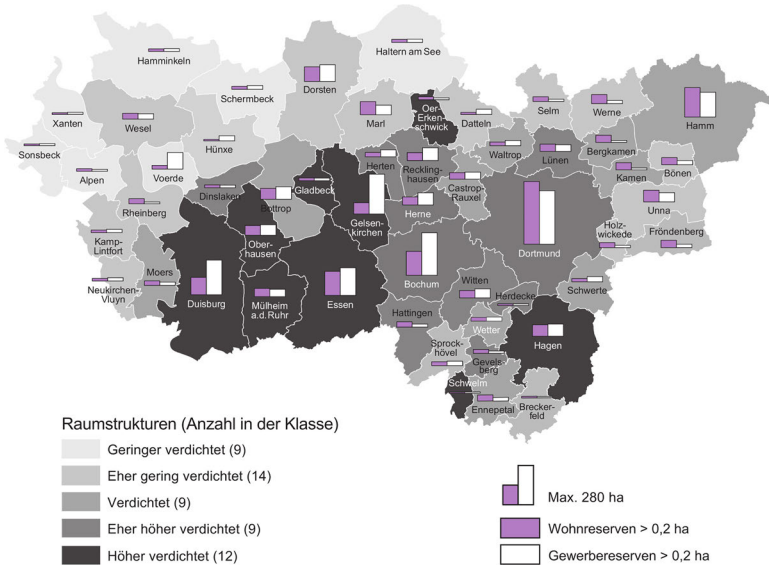
1. Beschlüsse mit konkreten quantitativen und qualitativen Vorgaben für eine flächensparende Siedlungsentwicklung,
2. Begrenzung und Steuerung von Flächenneuausweisungsmengen und deren planerische Umsetzung,
3. solide Bedarfsprognosen beziehungsweise Bedarfsnachweise für Wohnen und Gewerbe auf der Basis eines unterstützenden Siedlungsflächenmonitorings inkl. der Erfassung bestehender Innenentwicklungspotenziale.

Ein Beispiel für ein regionales/interkommunales Monitoring der Siedlungsentwicklung bildet das Flächeninformationssystem ruhrFIS, das auf dem Gebiet des Regionalverbandes Ruhr seit 2011 ein Siedlungsflächenmonitoring, eine Siedlungsflächenbedarfsrechnung und ein Monitoring zur Daseinsvorsorge⁹ bereitstellt. Das ruhrFIS wird in einem dreijährigen Rhythmus aktualisiert und dokumentiert. Auf dessen Basis wird eine Bedarfsermittlung der Siedlungsflächenentwicklung in der Region vorgenommen (RVR 2021).

In Zusammenhang mit der Flächen- und Siedlungsentwicklung hat sich in den letzten Jahren ein breites Spektrum von Politikstrategien und Handlungsansätzen für die kommunale Ebene entwickelt, in denen insbesondere die Bereiche urbane Mobilität sowie Bauen und Wohnen eine Schlüsselstellung einnehmen (Over/Zimmermann/Brischke 2021). So zeigen Over et al. an Beispielen der Quartiersentwicklung aus den Städten Berlin, Flensburg, Heidelberg und Kelsterbach, dass Suffizienz einen geeigneten Zielrahmen auch in der Quartiersentwicklung bilden kann, um eine Verknüpfung ökologischer Nachhaltigkeit (anspruchsvolle Energiekonzepte, Klimaschutz), sozialer Integration (Gemeinschaftsräume, Nahversorgung) und ressourcenärmerer Lebensstile (alternative Wohnungszuschnitte im Sinne eines niedrigen Pro-Kopf-Budgets, nachhaltige Mobilitätsangebote) zu befördern.

9 Betrachtung grundzentraler Infrastruktureinrichtungen wie Kitas, Schulen, Ärzte sowie Einkaufsmöglichkeiten.

Abbildung 20: Siedlungsflächenreserven in den Flächennutzungsplänen und im Regionalen Flächennutzungsplan – Siedlungsflächenmonitoring des RVR (BBSR, eigene Darstellung nach RVR 2021)

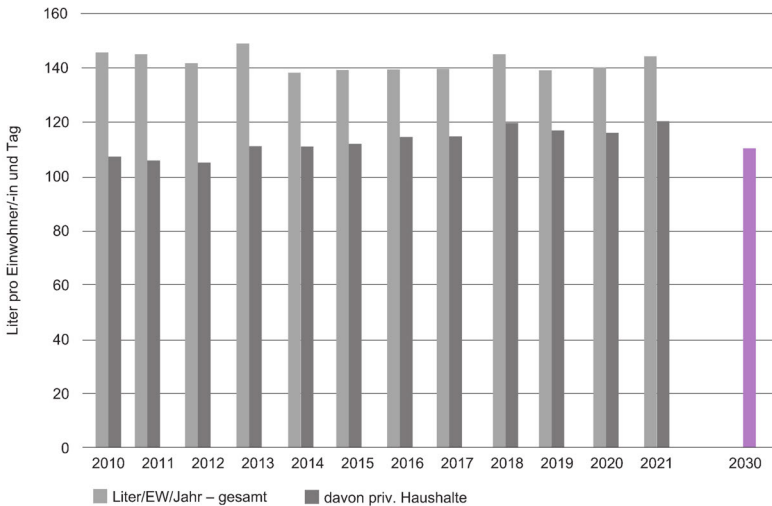


Handlungsfeld Naturhaushalt und Nachhaltigkeit

Eine Reihe von Städten und Gemeinden hat nach den 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs der UN) eigene Nachhaltigkeitsziele mit einer dazugehörigen Berichterstattung aufgebaut. Beispielsweise hilft die durch das BMZ unterstützte »Servicestelle – Kommunen in der Einen Welt« in elf Flächenbundesländern bei der Erstellung kommunaler Nachhaltigkeitsberichte beziehungsweise -konzepte. Weitere Bundesländer wie Hamburg und Berlin haben ebenso eigene Konzepte aufgelegt. Die lokalen Ziel- und Indikatorsysteme nehmen dabei teilweise expliziten Bezug auf Themenstellungen ökologischer Suffizienz. Bei den aktiven Kommunen wird weniger versucht, einen kompletten Naturhaushalt aufzustellen. Stattdessen werden ausgewählte Schlüsselindikatoren festgelegt und Veränderungen der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen einem Monitoring unterzogen. Ein Beispiel hierzu bildet das Indikatorset HEINZ – Hamburger

Entwicklungsindikatoren Zukunftsfähigkeit des Zukunftsrates Hamburg¹⁰ (2022). Das seit 2003 erhobene und immer wieder ergänzte beziehungsweise modifizierte System mit gegenwärtig 24 Indikatoren enthält neben Ziel- und Messgrößen für die ökonomische und soziale Entwicklung auch einige Schlüsselindikatoren für die Inanspruchnahme ökologischer Ressourcen, wie zum Beispiel den Flächenschutz, die Qualität von Lebens- und Erholungsräumen, Abfallvermeidung, Wasserverbrauch, Klimaschutz/CO₂, Nachhaltige Mobilität, Luftgüte und Lärmschutz. Entsprechende Zielsetzungen sind den Indikatoren hinterlegt, die in einem jährlichen Rhythmus erhoben werden. Das Beispiel des Wasserverbrauchs dokumentiert die Zielstellung für das Jahr 2030 und den Verlauf von Wasserneubildung und -verbrauch.

Abbildung 21: Wasserverbrauch Hamburg (Liter/Person/Tag) (BBSR, eigene Darstellung nach Zukunftsrat Hamburg 2022)



10 Der Zukunftsrat Hamburg ist ein öffentliches Forum von und für inzwischen mehr als hundert Mitgliedern. Dabei handelt es sich um Institutionen, Verbände, Unternehmen und Initiativen, die im Sinne einer lokalen Agenda 21 sowie der Agenda 2030 mit den Sustainable Development Goals für ein zukunftsfähiges Hamburg arbeiten wollen.

Handlungsfeld Klimaschutz

Im Handlungsfeld Klimaschutz zeigen sich exemplarisch Möglichkeiten einer Budgetierung von Umweltverbrauch auf kommunaler Ebene. Zwar zeigten Leuser & Brischke (2018) in ihrer Auswertung kommunaler Klimaschutzkonzepte und kommunaler Initiativen des Programms »Masterplan 100 % Klimaschutz« deutliche Ansätze kommunaler Suffizienzpolitiken; auch hat sich indes eine Vielzahl von Kommunen sehr anspruchsvolle Klimaschutzziele gesetzt und strebt zum Beispiel eine Klimaneutralität bereits ab 2030 an; Handlungsansätze und Ziele geben allerdings keine präzise Auskunft darüber, welches Gesamtbudget an THG-Emissionen bis zum Zeitpunkt der Klimaneutralität noch zur Verfügung steht und in welcher Weise bereits umgesetzte oder geplante Maßnahmen zu einer effektiven Emissionsreduktion beitragen.

Einen solchen Weg hat unter anderem die Stadt Wien beschritten, deren Gemeinderat 2019 die Ausweisung eines eigenen städtischen Klimabudgets (gemessen in t CO₂) bis zum Jahr 2040 auswies. Das Wiener Klimabudget orientiert sich dabei an den Klimaschutzzielen der Smart-City-Strategie Wien, die unter anderem bis zum Jahr 2030 eine 55 %-ige Reduktion der CO₂-Emissionen pro Kopf im Vergleich zu 2005 vorsehen und im Jahr 2040 den Status der Klimaneutralität anstreben (Stadt Wien 2022). Im Rahmen des sogenannten Wiener Klimafahrplans sind ein entsprechendes Maßnahmenkonzept sowie Ansätze zur Beteiligung von Stakeholdern sowie Bürgerinnen und Bürgern aufgelegt, außerdem gibt es ein umfassendes Monitoringkonzept. Projekte und Maßnahmen werden anhand eines umfassenden Kriterienkatalogs bewertet, unter anderem nach Emissionseinsparungspotenzial, Klimaanpassungspotenzial, finanziellem Aufwand, Einsparungen und Co-Benefits.

Umsetzungsstrategien für eine kommunale Suffizienzpolitik

In vielen Städten arbeitet mittlerweile eine Vielzahl zivilgesellschaftlicher Initiativen und Organisationen, die suffiziente Lebensstile umzusetzen versuchen. Dabei reicht das Spektrum von Tauschbörsen über Repair-Cafés bis hin zu Urban Gardening und Foodsharing (Leuser/Brischke 2018). Auch gemeinschaftliche Wohnformen können Suffizienzpraktiken ermöglichen und erleichtern, indem Wohnflächen, Haushaltsgeräte und andere Güter geteilt und lokale Dienstleistungen gemeinschaftlich organisiert werden (ifeu 2022).

Doch wie können sowohl Flächen- und Materialverbräuche als auch Emissionen von Treibhausgasen auf kommunaler Ebene abgemildert werden? Einen ersten frühen Hinweis hierzu formuliert Sachs bereits vor 30 Jahren (1993), in dem er verschiedene Zielebenen von Suffizienz unterscheidet:

1. Entrümpelung/Maßhaltung,
2. Entschleunigung,
3. Entkommerzialisierung und
4. Entflechtung/Regionalisierung.

Der Vorschlag von Sachs zielt dabei bereits sowohl auf die moralisch-normative Ebene der individuellen Haushaltsführung als auch auf die politische Rahmensetzung. Schüle/Bierwirth (2019) (siehe auch Stengel 2011) haben dies am Beispiel des Handlungsfelds Bauen und Wohnen für einen kommunalen Kontext explizit ausbuchstabiert (vgl. Tabelle 3).

Die Entwicklung und Umsetzung einer effektiven Suffizienzpolitik bleibt angesichts bestehender Handlungsprämissen und -zwänge für die kommunale Ebene eine große Herausforderung. Sie bietet aber auch jenseits der rein ökologischen Wirkungen die Chance für zahlreiche themenübergreifende Co-Benefits für die Kommune, die bisher noch nicht angemessen berücksichtigt worden sind, wie zum Beispiel verbesserte soziale Integration oder gehobene Potenziale regionalökonomischer Wertschöpfung. In vielerlei Hinsicht unterstützen Kommunen zwar Initiativen und Projekte zur Steigerung von Suffizienz in der Lebenswelt der Stadtgesellschaft, eine systematische Erfassung der Umweltwirkungen und des Materialverbrauchs in Kommunen als Grundlage eines zielorientierten und evidenzbasierten Politikrahmens bildet jedoch bisher eine große Ausnahme.

Die skizzierten Handlungsfelder Klimaschutz, Naturhaushalt und Nachhaltigkeits-, Siedlungs- und Flächenentwicklung bieten ausreichend Anknüpfungspunkte, um eine kommunale Suffizienzpolitik zu entwerfen. Weitere Handlungsfelder sind in diesem Sinne zu erschließen beziehungsweise auszubauen wie unter anderem die Handlungsfelder Urbane Mobilität, Bauen und Wohnen; Urbane Landwirtschaft und Urban Mining. Digitale Datenerfassung und -verarbeitung wird hier eine Schlüsselrolle einnehmen, auch wenn es hier unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit abzuwägen gilt, welche Daten digital erfasst und bis zu welchem Niveau digitale Infrastrukturen erweitert werden müssen. Insofern greifen die Entwicklung einer kommunalen

Suffizienzpolitik und die digitale Suffizienz (Lange/Santarius 2018) in der Stadtentwicklung eng ineinander.

Tabelle 3: »Die vier E's« im Handlungsfeld Bauen und Wohnen der Kommunen (BBSR, eigene Darstellung nach Schüle/Bierwirth 2019)

Entrümpelung	Entschleunigung
<ul style="list-style-type: none"> · Verringerung der Wohnfläche pro Person · Verringerung der Ausstattung · im Haushalt 	<ul style="list-style-type: none"> · Versorgungsarbeit gleichgeschlechtlich verteilt · Reparatur statt Neukauf · Lebensdauer-Verlängerung, · Wiederverwendung von Bauteilen und Materialien
Entkommerzialisierung	Entflechtung
<ul style="list-style-type: none"> · Instandhaltung bestehender Geräte/ Maschinen · Nachbarschaftshilfe · Boden dauerhaft in kommunaler Hand (z.B. Erbpacht) · Gemeinwohlorientierte Eigentumsformen für Grundstücke und Gebäude (u.a. Genossenschaften, gemeinnützige Unternehmen und Vereine) 	<ul style="list-style-type: none"> · Verwendung regionaler Baustoffe · Gewährleistung der Nahversorgung · Bereitstellung/Konsum regionaler(-er) Lebensmittel

Suffizienzpolitik auf nationaler Ebene

Das Forschungskonsortium des BBSR Ressortforschungsprojekts »Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich« (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023) kommt zu der Erkenntnis, dass Suffizienzmaßnahmen sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene bisher eine untergeordnete Rolle spielen. Die Auswertung nationaler Energie- und Klimapläne ergab, dass im Gebäudesektor politisch verankerte Suffizienzmaßnahmen unterrepräsentiert sind und entsprechend nachgebessert werden müssen (Zell-Ziegler/Thema/Best, et al. 2021). Gründe hierfür sind verschiedene Bar-

rieren und Hemmnisse wie beispielsweise die politische und gesellschaftliche Fokussierung auf Wirtschaftswachstum, steigende Mobilitäts- und Wohnansprüche und die Baugebietstypisierung mit fehlender Nutzungsvielfalt (Stengel 2011). Zimmermann et al. (2023) haben 15 Kriterien für gebäudebezogene Maßnahmen herausgestellt, die aus Sicht der Forschenden durch den Bund beeinflussbar und umsetzbar sind. Dabei wurden unter anderem rechtliche Anpassungen im Raumplanungs-, Bau-, Planungs-, Energie- und Immobilien-/Mietrecht, zielführende Planungs- und Ausführungshilfen sowie Aus- und Weiterbildungsprogramme, ein Bestandspotenzial- und Baulückenkataster, eine suffizienzorientierte Förderlandschaft und eine nationale Suffizienzstrategie vorgeschlagen. Für viele Suffizienzmaßnahmen braucht es Anreize oder auch Rahmenbedingungen, die ein suffizientes Handeln unterstützend flankieren. Beispielsweise könnten Konsummuster und Lebensstile, die nicht mit den Anforderungen der Nachhaltigkeit kompatibel sind, erschwert oder verhindert werden (Brischke/Leuser/Duscha, et al. 2016). Wie jedem anderen politischen Handlungsfeld auch steht der Suffizienz der gesamte politische Werkzeugkoffer zur Verfügung, beispielsweise mit ökonomischen, fiskalischen, regulatorischen oder informatorischen Instrumenten. Vor allem bei den ökonomischen und regulatorischen Instrumenten geht es dabei nicht nur um Erschwerung beziehungsweise Verhinderung, sondern auch um Ermöglichung der suffizienten Alternativen (push & pull).

Umsetzungsstrategien für eine nationale Suffizienzpolitik

Gemäß des Koalitionsvertrag von SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP (2021) gilt die Prämisse, »zu erhalten, was uns erhält und unsere Ressourcen zu schützen«. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Politik unser lineares, am aufsteigenden Konsum ausgerichtetes Wirtschaftsmodell neu justieren und auf die Erhaltung unserer Lebensgrundlagen ausrichten. Die in den letzten Jahrzehnten stark geförderte Energieeffizienz ist auf eine umfassende und absolute Senkung des End- und Primärenergieverbrauchs (2.000-Watt-Gesellschaft) auszurichten. Diese sollten als gleichberechtigte Bestandteile im Klima- und Umweltschutz verankert werden. Analog zur Klimapolitik sollten auch in der Ressourcenpolitik klare Reduktionsziele definiert und festgelegt werden. Politische Schlagworte wie die Erhöhung der jährlichen Sanierungsrate sind weder wissenschaftlich, wirtschaftlich noch fachlich fundiert und »in ihrer jetzigen Form kaum als politische Zielvorgabe geeignet« (Rein 2016: 6). Tatsäch-

lich nimmt das Investitionsvolumen an energetischen Maßnahmen im Gebäudebestand trotz immenser politischer Bemühungen ab. Dieses hatte 2021 mit rund 52 Mrd. Euro einen Anteil von 27 % am gesamten Bestandsmarktvolumen, während der Anteil 2010 noch bei rund einem Drittel lag. Die tatsächliche Spanne ist aufgrund der zwischenzeitlich erfolgten Preissteigerungen für Bauleistungen vermutlich noch größer.

BBSR-Forschungsprojekte: Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe sowie Bestandsinvestitionen 2020 – Struktur der Investitionstätigkeit in den Wohnungs- und Nichtwohnungsbeständen

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens erfolgt seit 2010 in regelmäßigen Abständen die Erfassung zum Umfang und zur Struktur der Maßnahmen in den Gebäudebeständen im deutschen Wohnungs- und Nichtwohnungsbau. Mit diesen Vorhaben liegen valide und belastbare Daten zum Umfang und zur Struktur der Bestandsmaßnahmen im deutschen Wohnungs- und Nichtwohnungsbau vor. Die Daten sind vor allem hinsichtlich der durchgeführten energetischen Sanierungsmaßnahmen und deren Entwicklung von erheblichem Bundesinteresse.

Nach den aktuellsten Berechnungen lag das gesamte Wohnungsbauvolumen im Jahr 2021 bei 276 Mrd. Euro. Auf den Neubau entfallen rund 86 Mrd. Euro, davon 48 Mrd. Euro auf den Ein- und Zweifamilienhausbau, die übrigen 38 Mrd. Euro entfallen auf den Geschosswohnungsbau. Im Gebäudebestand sind rund 190 Mrd. Euro verausgabt worden; das entspricht rund 70 %. Das Volumen der energetischen Maßnahmen liegt bei gut 52 Mrd. Euro und hat einen Anteil von 27 % am gesamten Bestandsmarktvolumen. 2010 lag der Anteil noch bei rund einem Drittel. Da die Volumina nur auf Basis jeweiliger Preise berechnet werden können, kann man vor dem Hintergrund der erheblichen Preissteigerungen für Bauleistungen vor allem im Hinblick auf das Erreichen der Klimaziele durchaus von einer enttäuschenden Entwicklung sprechen.

Im Nichtwohnungsbau lag das gesamte Bauvolumen im Jahr 2021 bei 116 Mrd. Euro. Die Investitionen in neue Gebäude umfassten 50 Mrd. Euro, die Bestandsmaßnahmen 66 Mrd. Euro. Somit haben die Bestandsmaßnahmen im Nichtwohnungsbau mit 57 % eine geringere Bedeutung als im Wohnungsbau. Der Anteil der energetischen Maßnahmen liegt mit 27 % auf

dem Niveau des Wohnungsbaus. Das entspricht einem Volumen von rund 18 Mrd. Euro.

*Die Studien sind auf der Website des BBSR abrufbar: a) Studie Strukturdaten
b) Studie Bestandsinvestitionen*

Auch andere politische Schlagworte wie Klimaneutralität und Nachhaltigkeit sind bezüglich ihrer Begriffsdefinitionen und Bilanzierungen klar und ganzheitlich zu definieren. Viele der aktuell auf politischer Ebene bearbeiteten Begriffe, Bilanzierungen und Auszeichnungen orientieren sich weiter am Neubau, auch wenn Wissenschaft, Planung und Praxis längst eine Fokussierung auf den Bestand fordern.

Wie können sinn- und wirkungsvolle politische Rahmenbedingungen für genannte Suffizienzansätze kurzfristig definiert und umgesetzt werden? Hier ließe sich von kommunalen, nationalen oder internationalen Strategien lernen. Ein gutes Anschauungsbeispiel sind die im Rahmen der Energiekrise 2022 kurzfristig und niederschwellig erreichten Maßnahmen zur Energieeinsparung, die aufgrund ihrer raschen Umsetzung und direkten Wirkung analysiert und in einem angepassten Rahmen – unabhängig von der Energiekrise, sondern vor dem Hintergrund des Klimawandels – verstetigt werden könnten (vgl. BBSR 2023). Um mehr Energie und Ressourcen zu schonen, sind Suffizienzansätze in den politischen Ansätzen zu berücksichtigen. Das vom BBSR beauftragte Forschungsprojekt »Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich« zeigt die Notwendigkeit auf, Suffizienzmaßnahmen im GEG als übergeordneten Rechtsrahmen für Energieeinsparung und Klimaschutz zu berücksichtigen (Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023: 7). Darüber hinaus könnte der Suffizienzansatz auch bei der im Koalitionsvertrag 2021–2025 benannten Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie und der Einführung digitaler Gebäudepässe unterstützen (SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP 2021: 90).

- Bei Fragen der Zielstellung und Ausrichtung von Suffizienzmaßnahmen ist ein engeres Zusammenspiel von Politik und Forschung wünschenswert. Die seit Jahrzehnten bestehende Forschung zu Suffizienz ist bisher kaum in die Politik eingeflossen. Hier gilt es, zu untersuchen, welche Hemmnisse vorhanden sind und wie diese abgebaut werden können. Zudem sind neue, anwendungsnahe Forschungsformate in Form von systemischen Reallaboren zu fördern, an und in denen interdisziplinär geforscht und erprobt werden

kann. Für die Umsetzung von Suffizienzstrategien bieten sich die beiden politischen Maßstabsebenen an – die kommunale und die nationale Politik.

05 Wie kann Klima- und Ressourcenschonung im Handlungsfeld Gebäude nachgewiesen werden?

Svenja Binz, Juliane Jäger

Da jeder Bauprozess mit einem ökologischen Fußabdruck verbunden ist, ist das im Klimaschutzgesetz (KSG) definierte Ziel der THG-Neutralität als eine Art »Rechenmodell« zur längerfristigen Kompensation des gegenwärtig durch die heutige Emission von Treibhausgasen entstehenden Schadens für das Klima zu verstehen. Eine ausschließliche Reduzierung auf CO₂ oder THG fokussiert aber nur auf einen Aspekt des klimaschonenden Bauens und greift damit zu kurz. Im Rahmen dieses Berichtes wird das Ziel des klima- und ressourcenschonenden Bauens vorgeschlagen und damit die Verwendung dieses Begriffes.

Derzeit bezieht sich die Betrachtung der Emissionen im Gebäudesektor nach dem Quellprinzip nur auf die Betriebsphase mit dem Fokus auf Anforderungen an die direkten Emissionen. Demgegenüber steht die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes als Handlungsfeld Gebäude, einschließlich der Emissionen aus der Herstellungsphase der Baustoffe, der Errichtungsphase des Bauwerks, der Nutzungs- und der Entsorgungsphase (jeweils mit zugehörigen Transportaufwendungen) bis hin zur Ausweisung des Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und Recyclingpotenzials nach dem Verursacherprinzip.¹

1 Die Verwendung des Begriffs Gebäudesektor, wie im KSG eingeführt, ist irreführend, da es keinen Gebäudesektor als solchen gibt; stattdessen eigenen sich eher Begriffe wie Handlungsfeld Gebäude beziehungsweise Bedürfnisfelder, wie etwa das Bedürfnisfeld Wohnen usw. (vgl. Lützkendorf 2021). Der Klimaschutzplan 2050 verwendet den Begriff Gebäudebereich, betrachtet aber ebenso wie im KSG nur die direkten Emissionen in der Betriebsphase von Bauwerken. Sofern eine isolierte Betrachtung nach Quellprinzip gemeint ist, wird in diesem Bericht daher von Gebäudesektor gesprochen; bei sektorenübergreifender Betrachtung mit erweitertem Fokus wird hingegen der Begriff Handlungsfeld Gebäude verwendet.

Die Ökobilanz ist ein anerkanntes Hilfsmittel zur Erfassung und Bewertung von globalen Klima- und Umweltwirkungen im Lebenszyklus von Gebäuden. Das »passende« Instrument ist somit vorhanden. Rechenregeln und Systemgrenzen in Bezug auf die betrachteten Umwelt- und Klimawirkpotenziale sind künftig noch zu schärfen und eine Kopplung beispielsweise an das planetare Grenzkonzept herzustellen.

Gesicherte Daten zur Abbildung der Emissionen im Lebenszyklus (nach Verursacherprinzip beziehungsweise gemäß Lebenszyklusmodell nach DIN EN 15804:2022-03 und DIN EN 15978:2012-10), die mittels Ökobilanzierung erhoben werden können, stehen für viele, aber nicht für alle Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden zur Verfügung. Auch wird beispielsweise mit Energieüberschüssen (zum Beispiel aus gebäudenaher PV-Erzeugung) als Kenngröße in Modul D der Lebenszyklusinformationen sehr unterschiedlich verfahren; Varianten reichen vom informativen Mitführen (wie in der DIN vorgesehen) über teilweise Anrechenbarkeit (wie zum Beispiel im Zuge des QNG umgesetzt) bis hin zur vollständig anrechenbaren Gutschrift (hier werden neu errichtete Gebäude als klimapositiv und somit als CO₂-Senken deklariert).

Abbildung 22: Unterscheidung von Neutralitätszielen (BBSR, eigene Darstellung)



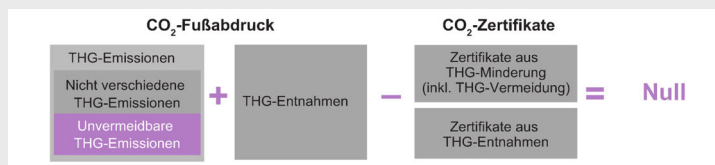
Eine Darstellung vorhandener Ansätze und Definitionen eines »klimaneutralen« Gebäudes, die Bezifferung des Deltas betrachteter Emissionen – auch in Bezug auf unterschiedliche Berechnungsansätze – sowie die Ableitung ein-

heitlicher Begriffs- und Rechenregeln wurden als Forschungslücken identifiziert und im Folgenden diskutiert.

EXKURS: Normative Entwicklung zur Definition von Klimaneutralität im internationalen Kontext

Die im November 2023 erschienene ISO 14068–1:2023 Climate change management — Transition to net zero Part 1: Carbon neutrality, die den Status einer internationalen Norm hat, ist ein erster wesentlicher Schritt, die existierende Lücke einer allgemeingültigen Definition der THG-Neutralität zu schließen. Sie ist auf unterschiedliche Organisationen (Unternehmen, öffentliche Verwaltungen, Finanzinstitute) sowie Produkte (Dienstleistungen, Veranstaltungen und auch Gebäude) anwendbar, jedoch ausdrücklich nicht auf Staaten und andere Gebietskörperschaften (wie Regionen oder Städte). Der normative Ansatz einer THG-Neutralität nach ISO 14068–1 besteht darin, dass Akteure oder Produkte in erster Linie ihren THG-Fußabdruck in Bezug auf Emissionen und Entnahmen minimieren und anschließend die verbleibenden Emissionen durch Zertifikate mit definierten Anforderungen kompensieren (Netto-Null-Prinzip). Damit wird der Hierarchieansatz des Verringerns vor der Kompensation verpflichtend. Der normative Vorschlag eines systematischen und transparenten Prozesses mit definierten Schritten und Berichtsformaten unterstützt die glaubwürdige, nachvollziehbare und einheitliche Dokumentation einer THG-Neutralität.

Abbildung 23: Ansatz der THG-Neutralität nach ISO 14068–1:2023 (Annex A, Figure A.1, S. 23) (BBSR, eigene Darstellung und Übersetzung)



Als Schwächen der Norm sind jedoch drei Aspekte zu nennen, die der Überarbeitung bedürfen: Zum einen wird die mangelnde Operationalisierung des Hierarchieansatzes gesehen. Die Norm enthält bislang keine

überprüfbar Anforderungen an wirksame THG-Emissionsminderungen im Einklang mit den Zielen des Übereinkommens von Paris. Die verwendete Definition »unvermeidbarer Emissionen« kann mit Verweis auf die wirtschaftliche Machbarkeit als Schlupfloch dienen, Emissionsminderungen wenig ambitioniert umzusetzen. Der Ansatz des Vermeidens noch vor dem Verringern wird nicht ausreichend thematisiert. Zum anderen sind die Differenzierung von THG-Entnahmen in Bezug auf ökologische und soziale Auswirkungen sowie Maßnahmen gegen Doppelzählungen unzureichend. Dies birgt hohe Risiken, dass THG-Neutralität auf Basis von THG-Entnahmen die Umwelt schädigt.

Methodische Grundlagen und Instrumente für Klima- und Ressourcenschonung im Handlungsfeld Gebäude

Ökobilanzierung als Werkzeug

Die Ökobilanzierung ist ein zentrales Instrument der Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen. Sie gibt Auskunft über deren Umwelt- und Klimawirkpotenziale und den jeweiligen Ressourcenbedarf. Die Ökobilanzierung unterstützt somit die Identifizierung ökologischer Einflüsse entlang des Lebenswegs eines Gebäudes. Darüber hinaus hilft sie bei der Wahl ökologisch geeigneter Bauprodukte und Konstruktionen, die möglichst wenig beispielsweise zur Klimaerwärmung beitragen.

Um THG-Neutralität als einen Aspekt des Klimaschutzes nachzuweisen, bedarf es einer Bewertung von THG-Emissionen. THG-Emissionen von Gebäuden werden in der Regel durch eine Ökobilanzierung/Lebenszyklusanalyse ermittelt. Die Methode der Ökobilanzierung beschränkt sich nicht allein auf die Ermittlung von THG-Emissionen. Sie gibt bei der Beurteilung von Gebäuden Auskunft über weitere potenzielle Umwelt- und Klimawirkungen und den Ressourcenbedarf für die Herstellung, die Errichtung, den Betrieb und die Entsorgung eines Gebäudes. Die zu verwendenden Daten für einzelne Baustoffe und Prozesse bietet die Datenbank ÖKOBAUDAT des Bundes.

EXKURS: Instrumente des BBSR für ein ressourcenschonendes und klimaangepasstes Bauen

ÖKOBAUDAT: Die ÖKOBAUDAT ist eine Online-Datenbank mit Ökobilanzdaten für Baumaterialien, Bau-, Transport-, Energie- und Entsorgungsprozesse. In der ÖKOBAUDAT werden produkt- und produktgruppenspezifische Daten aus Umweltproduktdeklarationen, generische Daten sowie repräsentative Datensätze (für Holzwerkstoffe, Deutschland) veröffentlicht. Die ÖKOBAUDAT ist von zentraler Bedeutung für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Bauprojekten in Deutschland. Sie spielt eine Schlüsselrolle bei der Zertifizierung öffentlicher Bauvorhaben nach dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) und ist ebenso unverzichtbar für die Zertifizierung privater Gebäude im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) mit QNG. Darüber hinaus findet die ÖKOBAUDAT Anwendung in einer Vielzahl von privatwirtschaftlichen Zertifizierungssystemen. Als umfassende, öffentlich zugängliche Datenbank für generische Datensätze und Datensätze aus Umweltproduktdeklarationen (EPDs) liefert die ÖKOBAUDAT qualitätsgesicherte und international anerkannte Informationen, die für die Erstellung von Gebäudeökobilanzen unerlässlich sind. Sie ist eine der wenigen Datenbanken weltweit, die mit ihren generischen Datensätzen eine vollständige Ökobilanzierung von Gebäuden ermöglicht. Zudem zählen internationale EPD-Programmbetriebe zu den anerkannten Lieferanten von EPD-Daten, was die globale Reichweite und Relevanz der ÖKOBAUDAT weiter unterstreicht.

Das Werkzeug ist unter <https://www.oekobaudat.de/> verfügbar.

Ökobilanzierungswerkzeug eLCA: Mit eLCA, dem Online-Ökobilanzierungswerkzeug für Gebäude, lassen sich die potenziellen Umweltwirkungen von Gebäuden einfach, schnell und unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus bestimmen und bewerten. Die Kernkomponente von eLCA ist der Bauteileditor. Dieser ermöglicht dem Anwendenden, Bauteile einfach und anschaulich zu modellieren. Eine integrierte Bauteilbibliothek mit typischen Beispielkonstruktionen unterstützt die Anwendenden bei der Arbeit.

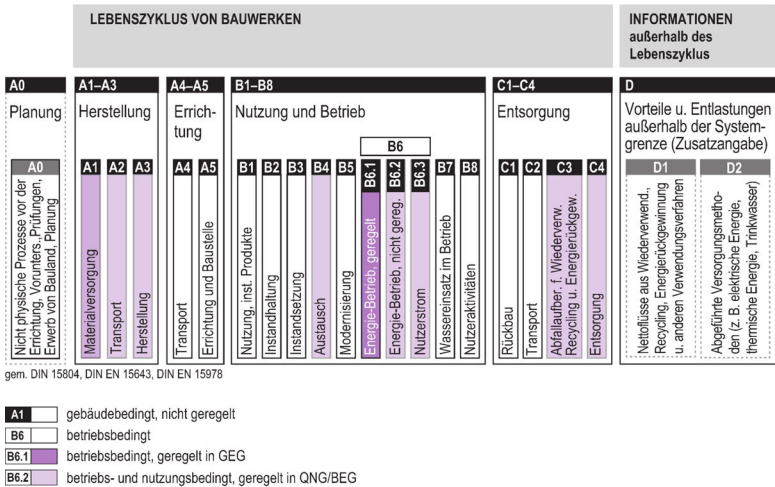
Das Werkzeug ist unter <https://www.bauteileditor.de/> verfügbar.

Der Lebenszyklus eines Bauwerks ist in vier Bereiche mit zugehörigen Modulen aufgeteilt (Abbildung 24):

- A1-3: Herstellung,
- A4-5: Errichtung,
- B1-8: Nutzung und Betrieb sowie
- C1-4: Entsorgung und Verwertung.

Die vorgelagerte Planungsphase und die Module D1 und D2 liegen außerhalb der gemäß DIN definierten Systemgrenze zum Lebenszyklus eines Gebäudes; DIN-konform werden positive und negative Emissionswerte hier nur informativ mitgeführt.

Abbildung 24: Module des Lebenszyklus eines Gebäudes (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12; DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020: 1)



Aktuell werden gemäß KSG und GEG, also unter Zugrundelegung des Quellprinzips, allein die direkten Emissionen von Hochbauten in Modul B6.1 (rot gefärbt) als Maßstab für THG-Neutralität im Gebäudesektor herangezogen. Alle anderen Module sind anderen Sektoren (zum Beispiel Energie-, Industrie-, Verkehrs-, Landwirtschaftssektor etc.) zugeordnet. Der hohe

Anteil an Modulen in anderen Sektoren zeigt den eigentlichen Einfluss des Handlungsfelds Gebäude auf andere Bereiche. Verbräuche in anderen Sektoren können maßgeblich durch Planung und Umsetzung, das heißt durch die Architektur von Gebäuden, beeinflusst werden. Diese werden gemäß KSG jedoch nicht betrachtet und somit werden keine Anreize geschaffen, um Klima- und Umweltschutzpotenziale des gesamten Handlungsfelds Gebäude auszuschöpfen. Gemäß (Ramseier/Frischknecht 2020) müssten alle Module im Optimalfall 40 % THG-Emissionen von Deutschland abdecken. Daten fehlen in Teilbereichen. Weiterer Forschungsbedarf besteht vor allem in der Verknüpfung der planetaren Grenzen mit Ökobilanzen beziehungsweise der Ressourceninanspruchnahme.

EXKURS: Lebenszyklus von Bauwerken – Erläuterung der Module nach DIN EN 15978:2012-10, DIN EN 15643:2021-12

MODULGRUPPE A1-3 beschreibt die Lebenszyklusphase der **Herstellung** (= vom Rohstoff zum Baustoff beziehungsweise Baumaterial):

A1 Rohstoffbeschaffung (über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

A2 Transport (vom Abbauort ins Werk, einschl. Zwischenschritten; über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

A3 Produktion (über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

MODULGRUPPE A4-5 beschreibt die Lebenszyklusphase der **Errichtung** (= Erstellung eines Bauwerks):

A4 Transport (vom Werk auf die Baustelle)

A5 Errichtung/Einbau (alle Tätigkeiten während des Baus, einschl. Energieverbräuche für Baustrom, Baumaschinen etc.)

MODULGRUPPE B 1–8 beschreibt die Lebenszyklusphase des **Betriebs und der Nutzung** (= Lebensdauer eines Bauwerks, angenommen 50 Jahre):

B1 Nutzung (Prozesse durch Alterung von Bauteilen, z.B. Ausgasungen von F-Gasen oder Kältemittel-Leckagen; aktuell wird die Berücksichtigung von Carbonatisierungseffekten bei mineralischen Baumaterialien diskutiert)

B2 Instandhaltung (regelmäßig anfallende Prozesse, z.B. Reinigung, Malern usw.)

B3 Instandsetzung/Reparaturen (unerwartet anfallende Prozesse, z.B. durch Unfälle, Gebrauchsschäden)

B4 Austausch (wesentliche Veränderung in geplanten Austauschzyklen gemäß der Haltbarkeit von Bauprodukten oder Bauteilen)

B5 Modernisierung (wesentliche Veränderung in ungeplanten Austauschzyklen z.B. Nachrüsten, Umbau)

B6 Energieverbrauch im Betrieb (hier wurde zugunsten höherer Transparenz folgende Unterscheidung vorgenommen):

B6.1 betrifft geregelte Energieverbräuche nach GEG (das heißt für Strom, Wärme und Licht für alle fest installierten Lampen)

B6.2 betrifft bisher unregelmäßige Energieverbräuche für gebäudeintegrierte Mobilität (z.B. Aufzüge)

B6.3 betrifft bisher unregelmäßige Energieverbräuche für Nutzerstrom (z.B. für im Gebäude betriebene Kleingeräte)

B7 Wasserverbrauch im Betrieb

B8 Transport/Förderung/Verteilung (hierin eingeschlossen sind z.B. E-Mobilitätsangebote)

MODULGRUPPE C1-4 beschreibt die Lebenszyklusphase **Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung** (= End of Life):

C1 Rückbau/Abriss (alle Tätigkeiten während des Rückbaus, z.B. Energieverbräuche für Baumaschinen)

C2 Transport (von der Baustelle zur Deponie, zum Ort des Umwandeln oder zum neuen Ort des Einbaus)

C3 Abfallbehandlung (Art der Verwertung; über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

C4 Entsorgung (über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

MODULGRUPPE D1-2 beschreibt über die Systemgrenze des Lebenszyklus hinaus **Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenze**:

D1 Recyclingpotenzial

D2 Effekte exportierter Energie

(BBSR, eigene Darstellung)

Systemgrenzen der Lebenszyklusbetrachtung

Die Lebenszyklusbetrachtung unterscheidet zwischen der Beschreibung des **Gebäudemodells** (Tabelle 4) und des **Lebenszyklusmodells** (Tabelle 5). Im Zusammenhang mit der Einführung des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude des Bundes (QNG) wurden Regeln für die Erstellung von Ökobilanzen erstellt und im Folgenden referenziert.

Tabelle 4: Systemgrenze des Gebäudemodells (BBSR, eigene Darstellung nach Lützkendorf 2021 und ebd.)

Gebäudemodell	
Beschreibung	Systemgrenze
Es wird der Betrachtungs- und Bewertungsgegenstand beschrieben: Das Gebäudemodell orientiert sich an den Kostengruppen der DIN 276 und bietet die Grundlage der eigentlichen ökobilanziellen Berechnung.	Neben der Ermittlung absoluter Emissionswerte entlang der Kostengruppe gemäß DIN 276 ist es im Sinne einer einfachen Handhabung möglich, gewisse Kostengruppen anhand von Pauschalwerten zu bewerten oder auch sogenannte Abschneide-Kriterien festzulegen. KG 200 wird aktuell nicht einbezogen und bewertet. KG 300 (ab KG 320) und KG 400 werden vollständig abgebildet. Kleinkomponenten der KG 400 werden in der Regel pauschal abgebildet. Aufwendungen der KG 500 werden sinngemäß abgebildet, sofern sie der Gebäudeversorgung dienen.

Tabelle 5: Systemgrenze des Lebenszyklusmodells (BBSR, eigene Darstellung nach Lützkendorf 2021 und BMWSB 2024)

Lebenszyklusmodell	
Beschreibung	Systemgrenze
<p>Die zeitbezogene Einteilung lässt sich in Herstellung, Errichtung, Betrieb und Nutzung sowie Entsorgung differenzieren.</p>	<p>Für das Lebenszyklusmodell gilt in der Regel ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren. Dieser endet mit den Prozessen am Ende der Nutzungsdauer des Gebäudes. Hierfür wird in der Regel ein selektiver Rückbau angenommen.</p> <p>Treibhausgasemissionen oder andere Umwelt- und Klimawirkpotenziale, welche im Zusammenhang mit der Rückgewinnung und dem Recycling der Bausubstanz entstehen, befinden sich gemäß DIN EN 15643:2021-12 zwar jenseits der Systemgrenze, sind aber als »Recyclingpotenzial« (Modul D1) und »Effekte der an Dritte gelieferten Energie« (Modul D2) u. a. unter Anwendung der Normen DIN EN 15643:2021-12 und DIN EN 15804:2022-03 zu ermitteln. Die Ergebnisse beider Module fließen jedoch nicht in die Gesamtbewertung ein und werden als ergänzende Informationen separat dargestellt.</p>
<p>Die sachbezogene Einteilung untergliedert sich in den gebäudebezogenen Teil und den betriebsbedingten Teil. Einzelne Module können somit zeitbezogen und sachbezogen eingeordnet werden.</p>	<p>Erfasst werden für den gebäudebezogenen Anteil im Minimum die Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Herstellung der Bauprodukte, Bauteile und Systeme (Module A1-3), · Austausch/Ersatzinvestitionen (Modul B4) <p>sowie</p> <ul style="list-style-type: none"> · Aufbereitung/Entsorgung (Module C3-4). <p>Erfasst werden für den betriebs- und nutzungsbedingten Anteil im Minimum die Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Gebäudebetrieb, der im GEG geregelt ist (Modul B6.1), · Gebäudebetrieb, der bisher nicht im GEG geregelt sind, z.B. zentrale Dienste und Aufzüge (Modul B6.2) · Gebäudenutzung, z.B. Nutzerstrom (Modul B6.3). Letztere beide Positionen werden anhand von Kennwerten ermittelt. <p>Aktuell nicht erfasst werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Transporte zur Baustelle (Modul A4) und Baustellenprozesse (Modul A5), Nutzung installierter Produkte (Modul B1), mit folgender Ausnahme: für den Fall des Einsatzes nicht natürlicher Kältemittel gilt die Sonderberechnungsvorschrift F-Gase zu den LCA-Bilanzierungsregeln des QNG, · Instandhaltung (B2), Instandsetzung (B3), Modernisierung (B5) und Wassereinsatz für den Betrieb (B7) sowie · Rückbauprozesse (C1) und damit verbundene Transporte (C2).

- Bevor mit der Gebäude-Ökobilanzierung begonnen werden kann, müssen die Systemgrenzen und Rechenregeln festgelegt und transparent dargestellt werden. Kurz: Es muss dargelegt werden, welche Aspekte in welcher Art und welchem Maß in die Bilanz von Gebäuden einfließen und welche nicht. Der Regelsetzer sollte gleichermaßen entsprechende Anforderungen formulieren. Diese Regeln sollten dann durch Softwareanbieter und Anwender einheitlich umgesetzt werden.

Rechenregeln und Benchmarks

Mit der Anforderung der THG-Neutralität wurde im Handlungsfeld Gebäude eine neue Benchmark (= Vergleichsmaßstab) eingeführt. Bisherige Rechenregeln und Systemgrenzen zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen gelten weiterhin, müssen jedoch weiter geschärft und präzisiert werden (Lützkendorf 2021: 19).

EXKURS: Gebäude-Ökobilanz in frühen Planungsphasen

(siehe auch BBSR-Forschungsprojekt: Klimaschutz im Gebäudebereich. Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten für klimaneutrale Gebäude – ein Diskussionsbeitrag)

Eine detaillierte Ökobilanz allein am Ende des Planungsprozesses macht hinsichtlich des Optimierungspotenzials nur wenig Sinn. Gleichzeitig ist eine detaillierte Ökobilanz für unterschiedliche Entwurfsvarianten aufwendig und wird zumeist nicht vergütet.

Ein gangbarer Weg ist es, ein vereinfachtes Verfahren der Ökobilanz für die frühen Planungsphasen zu entwickeln: In Bezug auf den Detailgrad der Berechnung könnte eine Analogie zur Kostenermittlung nach BKI aufgegriffen werden. Demnach könnte in einer frühen Planungsphase mit Kennwerten beziehungsweise Durchschnittswerten gearbeitet werden, in späteren Leistungsphasen könnte hingegen mit konkreten und objektbezogenen Berechnungen sowie mit Messungen der realen Performance im Betrieb abgeglichen werden. Verbaute Materialien etc. könnten in einem Gebäudepass vermerkt werden. Auch eine Kopplung mit BIM ist denkbar (Lützkendorf 2021).

Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de/abrufbar>.

Zur Sicherstellung von Vergleichbarkeit und Validität von Nachweisergebnissen ist es notwendig, dass der Bund einheitliche Rechenregeln für den Nachweis der THG-Neutralität vorgibt. Dies gilt insbesondere im Zusammenhang mit gesetzlichen Anforderungen und Nachweispflichten, ist aber auch für ein gesamtgesellschaftliches Verständnis von THG-Neutralität unabdingbar. Der Bund hat bereits Benchmarks für die Förderung von Bauvorhaben im Neubau und im Bestand sowie eine neue Generation von Regeln für die Ökobilanz eingeführt: Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) und das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) definieren bereits Anforderungsniveaus für die Zertifizierung und Förderung im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).

- Gemäß dem Bottom-up-Prinzip beziehen sich bisherige Benchmarks auf Referenzgebäude und die Unterschreitung der dort ermittelten Werte. Unklar bleibt, ob die auf Bundesebene bereits definierten Anforderungen gemäß KSG ausreichen, um eine nationale Netto-THG-Neutralität bis 2045 im Gebäudesektor zu erreichen, beziehungsweise wie eine zielkonforme, gegebenenfalls dynamische Steuerung erfolgen könnte und ob die auf Bundesebene bereits definierten Anforderungen im Gebäudesektor ausreichen, um das global und national verfügbare CO₂-Budget gemäß IPCC einzuhalten. Hierfür müsste das globale CO₂-Budget nicht nur auf nationale Sektoren, sondern auf das gesamte Handlungsfeld Gebäude umgelegt werden.

Indikatoren und Messgrößen

Um THG-Neutralität nachzuweisen, wird in der Regel auf den Indikator Treibhauspotenzial (GWP 100) zurückgegriffen. Laut Lützkendorf (2021: 14) besteht für den Nachweis der THG-Neutralität zunächst kein Bedarf, zusätzliche Indikatoren zu entwickeln.

EXKURS: GWP 100 – Globales Erwärmungspotenzial

(siehe auch BBSR-Forschungsprojekt: Klimaschutz im Gebäudebereich. Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten für klimaneutrale Gebäude – ein Diskussionsbeitrag)

Das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) ist der poten-

zielle Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten, das heißt zum sogenannten Treibhauseffekt.

Der Beitrag des Stoffes wird als GWP-Wert relativ zum Treibhauspotenzial des Stoffes Kohlendioxid (CO₂) angegeben. Für die Bewertung werden die Werte GWP 100 – das heißt der Beitrag eines Stoffes zum Treibhauseffekt gemittelt über den Zeitraum von 100 Jahren – verwendet. Dafür wird das flächen- und jahresbezogene CO₂-Äq über den Lebenszyklus für Konstruktion und Betrieb des Gebäudes herangezogen. Je niedriger der Wert des CO₂-Äq ist, umso niedriger ist die potenzielle Wirkung auf die globale Erwärmung und die damit verbundenen Umweltwirkungen.

Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de> abrufbar.

Aktuelle Entwicklungen in der europäischen Normung (DIN EN 15978–1:2021, DIN EN 15804:2022-03) erfordern neben dem GWP 100 gesamt folgende Aufschlüsselung:

- GWP, fossil,
- GWP, biogenic,
- GWP, luluc (land use and land use change).

Mit diesem Ansatz wäre bereits ein erster Schritt gelungen, das Treibhauspotenzial als Indikator für den Klimawandel differenzierter zu beschreiben, und zwar in Bezug auf die während des Wachstums von Biomasse aus der Atmosphäre aufgenommene und über die Lebensdauer des Materials gebundene Menge an CO₂ (GWP, biogenic) sowie in Bezug auf CO₂, welches durch Veränderungen des festgelegten Kohlenstoffbestands infolge der Landnutzung und Landnutzungsänderung entsteht oder gebunden wird (GWP, luluc).

Um jedoch nachteilige Wechselwirkungen und Verlagerungen von Umweltbelastungen im Sinne der planetaren Grenzen zu vermeiden, wird vorgeschlagen, die Bewertung der THG-Emissionen in ein System weiterer Indikatoren einzubinden (Lützkendorf 2021: 16). Empfohlen werden mindestens Indikatoren zur Beurteilung der Ressourceninanspruchnahme (beispielsweise RMI – Raw Material Input – oder TMR – Total Material Requirement), der Einsatz der Ressource Süßwasser (FW), des biogenen Kohlenstoffgehalts (C_{biogen}), der Menge an radioaktiven Abfällen (RWD) und Feinstaub beziehungsweise Particulate Matter (PM). Die Definition einer geeigneten und praktikablen Auswahl steht noch aus. Eine reine Betrachtung des Indikators GWP 100 im

Rahmen der Ökobilanzierung greift zu kurz. Ressourcenschonendes Bauen ließe sich über zusätzliche Rohstoffindikatoren wie folgt abdecken.

EXKURS: Rohstoffindikatoren

(siehe auch BBSR-Forschungsprojekt: Anwendbarkeit von Indikatoren für den Kumulierten Rohstoffaufwand im BNB und QNG)

Rohstoffindikatoren: Rohstoffindikatoren zeigen die Umweltwirkung auf, die mit der Gewinnung (Extraktion) von natürlichen Rohstoffen in erster Linie aus der Erdkruste (abiotische Rohstoffe) und aus dem Erdboden (biotische Rohstoffe) entstehen. Die Indikatoren stellen das Verhältnis dar, wie viel Rohstoff benötigt wird, um eine bestimmte Menge eines (Bau-)Materials zu erzeugen. Mithilfe der Rohstoffindikatoren ist es möglich, ressourcenschonende Bauweisen anhand einer geeigneten Materialwahl bewusst zu steuern. Das BBSR verfolgt die Indikatoren RMI und TMR, die sich zum Teil deutlich in ihrem Erfassungsbereich (Systemgrenze) unterscheiden.

TMR – Gesamtprimärmaterialbedarf (Total Material Requirement): Der TMR umfasst die in- und ausländische Rohstoffentnahme. Es werden neben den genutzten auch die ungenutzten Rohstoffe, wie zum Beispiel Abraum bei bergmännischer Gewinnung oder im Wald bei der Baumfällung verbleibende Äste, mitgezählt.

RMI – Rohstoffeinsatz (Raw Material Input): Der RMI misst den genutzten Anteil des aus der Umwelt entnommenen Primärmaterials, d.h. die Menge eingesetzter abiotischer und biotischer Rohstoffe für Produkte, Infrastrukturen und Dienstleistungen. Gezählt werden sowohl stofflich als auch energetisch genutzte Mengen. Damit wird ein Instrument geschaffen, das die ökobilanziellen Vorteile von Recyclinganteilen bei der Materialherstellung adäquat berücksichtigt. Durch die Messung des Massenumsatzes der Primärmaterialentnahme und Rohstoffnutzung können die grundlegenden Determinanten des Umweltbelastungspotenzials der Nutzung von Baustoffen, Bauteilen oder auch ganzer Gebäude bestimmt werden.

Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de/abrufbar>.

Problematik der Auswahl geeigneter Wirkungskategorien für das »Mainstreaming« von LCA

Die Auswahl der Wirkungskategorien sollte die relevanten Umweltwirkungen eines Systems möglichst vollständig und umfassend abbilden (ISO 14040 und ISO 14044). Die Folgenabschätzung der Ökobilanzierung kann auf unterschiedliche Weisen erfolgen. Ein Hauptunterschied bei der Auswahl der untersuchten potenziellen Umwelt- und Klimawirkungen besteht zwischen sogenannten Midpoint- und Endpoint-Methoden, welche sich auf unterschiedliche Stufen der Ursache-Wirkung-Kette beziehen: Eine Endpunktmethode betrachtet die Umweltauswirkungen am Ende dieser Ursache-Wirkung-Kette, beispielsweise Auswirkungen auf menschliche Gesundheit oder Ökosysteme sowie Erschöpfung von Ressourcen. Die Midpoint-Methode betrachtet die Auswirkungen entlang der Ursache-Wirkung-Kette bevor der Endpunkt erreicht ist, beispielsweise Klimawandel (Global-Warming-Potenzial), toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub (Aerosolbildungspotenzial) oder andere ressourcenbezogene Aspekte. Der Weg von Midpoint zu Endpoint verläuft über die Zuordnung von »damage pathways«, das heißt, mehrere Midpoint-Indikatoren können unterschiedlich gewichtet in einen Endpoint-Indikator einfließen. Die Entwicklung von robusten linearen Wirkungsketten von den Sachbilanzdatensätzen zu Tertiärwirkungen (Endpoints) ist häufig nicht möglich und mit größeren Unsicherheiten in den Charakterisierungsfaktoren verbunden (Busch/Fehrenbach/Vogt 2022).

Somit haben Midpoint-Ergebnisse modellbedingt eine geringere Unsicherheit, sind aber nicht direkt dem Konzept der planetaren Grenzen zugeordnet. Die Umwandlung von Mittelwerten in Endpunkte vereinfacht zwar die Interpretation der LCA-Ergebnisse, mit jeder Aggregationsstufe steigt jedoch die Unsicherheit der Ergebnisse.

Eine Beispielmethode aus der Schweiz ist die Erfassung der ökologischen Knappheit. Hierbei erfolgt die Wirkungsabschätzung nach dem Prinzip »Verhältnis zur tolerierten Zielmenge« (distance-to-target). Zentrale Größe der Methode sind die Ökofaktoren, welche die Umweltbelastung einer Emission, einer Ressourcennutzung beziehungsweise weiterer Stoffflüsse in der Einheit Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Mengeneinheit angeben. Zur Herleitung eines Ökofaktors wird die aktuelle Situation zur tolerierten Zielmenge ins Verhältnis gesetzt. Die Ökofaktoren basieren auf Gesetzgebungen oder politischen Zielen. Je mehr ein Land seine definierte Schwelle, beispielsweise für Emissionen, überschreitet oder ein Umweltschutz-Ziel verfehlt, desto größer

wird der Ökofaktor. Das heißt, die Ökofaktoren müssen mit der Gesetzgebung regelmäßig aktualisiert und länderspezifisch entwickelt werden.

- Die Frage, welche Art und Auswahl von Indikatoren bundeseinheitlich vorgegeben werden sollte, bringt folgenden Konflikt mit sich: Einerseits ist das Ziel, eine möglichst ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung zu fordern, was eine breite Auswahl von sicheren Indikatoren voraussetzt. Andererseits besteht der Bedarf nach der Reduktion von Komplexität, um die Lebenszyklusanalyse möglichst schnell in die Praxisanwendung zu bringen (= »Mainstreaming«) sowie in die Logik der globalen Berichterstattung einzubetten. Eine Logik gemäß dem Prinzip »Verhältnis zur tolerierten Zielmenge« ließe sich an das planetare Grenzkonzept koppeln.

Bezugsgrößen

In der Ökobilanzierung von Gebäuden werden die potenzielle Umwelt- und Klimawirkungen des gesamten Lebenszyklus addiert [$UWG_{ges,i}$] und durch die Netto-Raumfläche [NRF] geteilt. Indem Fläche damit als Referenzwert wirkt, werden Effizienzziele in Bezug auf die Gebäudekonstruktion erreicht. Der klimawirksame Faktor des tatsächlich notwendigen Flächenverbrauchs im Sinne der Suffizienz wird auf diese Weise jedoch vernachlässigt. Ein möglicher Ansatz, um Suffizienzziele innerhalb der Bezugsgrößen zu verankern und gleichzeitig einen möglichst sozial-gerechteren Transformationspfad zu gehen, wäre eine Umrechnung auf »pro Kopf« oder »pro Nutzungsstunden«. Zusätzlich sollte ein Versiegelungsfaktor beziehungsweise Entsiegelungsfaktor zur Umsetzung des 30-ha-Ziels (max. Versiegelung für Siedlungen und Verkehr pro Tag) gefordert werden, formuliert in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2021a). Vor- und Nachteile sollten im Rahmen einer weitergehenden Forschung diskutiert werden. Beispielsweise kann ein Budget pro Kopf mit dem Ziel der Förderung von Flächensuffizienz eine sinnvolle Bezugsgröße sein, jedoch kann die Anzahl der Nutzenden stark schwanken. Bezugsgrößen und übergeordnetes Ziel eines Nachweises sind also nicht voneinander zu trennen. Exemplarisch werden verschiedene Bezugsgrößen in der Case Study als Rechenbeispiel beurteilt. Der Klimawandel im Zusammenspiel mit Gemeinwohlorientierung und sozialer Gerechtigkeit steht mehr und mehr im Fokus aktueller Betrachtungen.

Begriffsdefinitionen

»Klima- und ressourcenschonendes Bauen« muss sich mindestens am Lebenszyklus von Gebäuden, an den planetaren Grenzen und an einem entsprechenden Indikatoren-Set orientieren. Ziel ist es, Klima- und Umweltwirktpotenziale mittels Ökobilanzierung den planetaren Grenzen zuzuordnen.

Die planetare Grenze »Klimawandel« wird aktuell über den Indikator GWP als Treibhauspotenzial abgebildet. Als Teilaspekt des Klima- und ressourcenschonenden Bauens wird nachfolgend die aktuelle Diskussion um Klimaneutralität ausgewertet und die Abbildung weiterführender Umwelt- und Klimawirktpotenziale ergänzend angerissen.

Der Begriff »klimaneutral« wird aktuell in unterschiedlichem Kontext, oft umgangssprachlich, aber auch in Unterlagen der Bundesregierung verwendet (Lützkendorf 2021: 25). Der Begriff ist problematisch, weil er Spielräume im Sinne einer weiten oder engen Interpretation zulässt. Ebenfalls problematisch ist die Verwendung des Begriffs »CO₂-neutral«, weil allein das Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) betrachtet wird.² Neben weiteren Treibhausgasen (zum Beispiel Methan) werden relevante Wirkungskategorien ausgeblendet, wie zum Beispiel Ressourcenverbrauch, Nutzung von (Süß-)Wasser (FW), Naturraumbeanspruchung, Ozonabbaupotenzial (ODP), Versauerungspotenzial (AP), Eutrophierungspotenzial (EP) und Feinstaub (PM), um nur eine Auswahl zu nennen. Gerade im Kontext aktueller politischer Entwicklungen (beispielsweise EU-Taxonomie), aber auch in Anbetracht der eintretenden Folgen des Klimawandels (beispielsweise Extremwetterereignisse wie Starkregen, anhaltende Hitze- und Dürreperioden, Wasserknappheit usw.) zeigt sich, dass neben der planetaren Grenze »Klimawandel« auch die weiteren Dimensionen beziehungsweise Grenzen zu beachten und in entsprechenden Indikatoren im Bauwesen zu messen sind.

→ Im Interesse einer klar abgrenzbaren Definition wird vorgeschlagen, mindestens die Zwillingssziele Ressourcenschonung und Klimaschutz zu adressieren. Weitere Ziele, wie der Erhalt und die Förderung von Biodiversität sollten perspektivisch ebenfalls adressiert werden.

2 Nicht betrachtet würden die Treibhausgase Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆), Stickstofftrifluorid (NF₃) sowie teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFKW) gemäß Anhang V Teil 2 der Europäischen Governance-Verordnung in der jeweils geltenden Fassung (Deutscher Bundestag 2019).

- Für rechtsverbindliche Anforderungen im Bereich Ressourcenschonung muss künftig eine entsprechende Begrifflichkeit vereinbart werden. Für rechtsverbindliche Anforderungen im Bereich Klimaschutz wird vorgeschlagen, zunächst den Begriff »(netto-)treibhausgasneutral« zu verwenden.

Ungelöst bleibt die Frage, welche Abschnitte beziehungsweise, im Sinne der Normung, welche Module des Lebenszyklus von Gebäuden einbezogen werden und welche nicht. Hierzu sollte im Minimum zunächst grob unterschieden werden, auf welchen Zeitraum sich bezogen wird. Folgende Differenzierung wurde bereits durch unterschiedliche wissenschaftliche Akteure u. a. (Lützkendorf 2021: 26), vorgeschlagen und im Rahmen dieser Studie als Definitionen DEF 1 bis 4 fortgeschrieben:

Tabelle 6: Differenzierung aktueller Definitionen und Abstufungen von THG-Neutralität im Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung nach Lützkendorf 2021)

DEF 1 (netto-)treibhausgasneutral im Betrieb

Ein Gebäude wird dann als (netto-)treibhausgasneutral im Betrieb betrachtet, wenn:

- eine ausgeglichene Bilanz an THG-Emissionen unter Beachtung definierter Systemgrenzen sowie Rechenregeln und anerkannter Ausgleichs- beziehungsweise Kompensationsmöglichkeiten nachgewiesen wird.
-

DEF 2 (netto-)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung

Ein Gebäude wird dann als (netto-)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung betrachtet, wenn:

- eine (Netto-)THG-Neutralität im Betrieb (gemäß o. s. Definition) sowie keine energiebedingten THG-Emissionen infolge der Nutzung, beispielsweise Haushaltsstrom (Modul 6.3 und 8), nachgewiesen wurden; am Gebäude/auf dem Grundstück das verfügbare solare Potenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie ausgenutzt, diese überwiegend genutzt und ein Teil an Dritte geliefert wird sowie
 - eine Energiebilanz erstellt wird und eine ausgeglichene oder positive Bilanz der Primärenergie, nicht erneuerbar mindestens als Jahresbilanz, besser als Monatsbilanz nachgewiesen wird.
-

DEF 3 (netto-)treibhausgasneutral im limitierten Lebenszyklus

Ein Gebäude wird dann als (netto-)treibhausgasneutral im Lebenszyklus betrachtet, wenn:

- eine Netto-THG-Neutralität gemäß Begriff »(netto-)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung« gegeben ist und darüber hinaus
- die Module zu Herstellung (Modul A1-3), Austausch (Modul B4) sowie Abfall und Entsorgung (Modul C2 und C4) in Summe die Anforderungen an eine Netto-THG-Neutralität erfüllen.

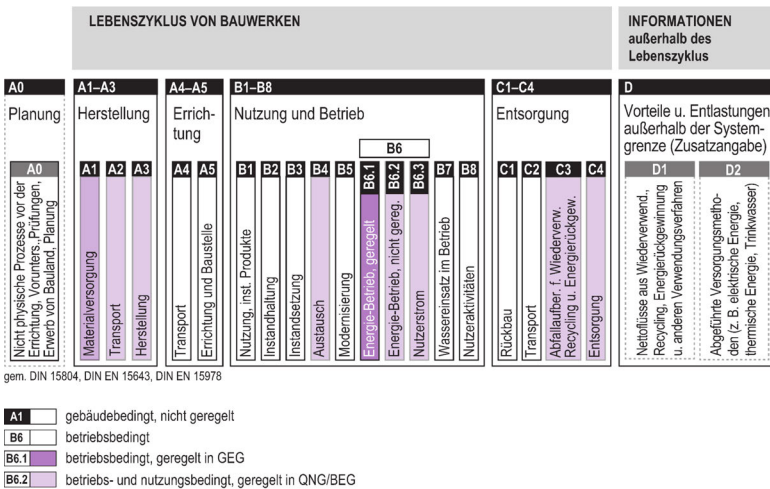
DEF 4 (netto-)treibhausgasneutral im Lebenszyklus

Ein Gebäude wird dann als (netto-)treibhausgasneutral im gesamten Lebenszyklus betrachtet, wenn:

- alle Module gemäß DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12 und DIN EN 15978:2012-10 sektorenübergreifend und in Summe die Anforderungen an eine Netto-THG-Neutralität erfüllen.

Aufgrund fehlender Daten und individueller Gebäudesituationen ist diese Definition aktuell nur mit hohem Aufwand und großen Unsicherheiten umzusetzen und damit noch nicht praktikabel.

Abbildung 25: Vergleich der in die ökobilanzielle Betrachtung eingeschlossenen Module im Lebenszyklus eines Gebäudes bei unterschiedlichen Rechen- und Bilanzierungsregeln (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12, DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020)



Die oben stehende Abbildung veranschaulicht die in ökobilanziellen Betrachtungen in Bezug genommenen Module des Lebenszyklusmodells.

Die Definitionen DEF 1 bis 3 repräsentieren Anforderungen aus Ordnungs- und Förderrecht; der Vorschlag einer praktikablen BBSR-Definition ist im folgenden Kapitel erfasst.

- Aufgrund fehlender Daten und individueller Gebäudesituationen ist die breite Umsetzung von DEF 4 aktuell nur mit hohem Aufwand und großen Unsicherheiten möglich. Um (Netto-)THG-Neutralität umfassend abzubilden, besteht somit dahingehend Handlungsbedarf, die Lücken aufzuarbeiten und die Module zu quantifizieren. Dies könnte schrittweise geschehen; vorerst per Annahmen oder über Pauschalwerte, später evidenzbasiert.
- Unklar bleibt, ob die heutigen QNG-Standards beziehungsweise ein EH-40-Standard bei Neubau/EH-55-Standard bei Modernisierung tatsächlich der THG-Neutralität gemäß IPCC entspricht. Ein Bezug zu den gemäß SRU ermittelten verbleibenden nationalen CO₂-Budgets oder dem KSG ist bisher nicht gegeben beziehungsweise wäre künftig herzustellen.

06 Case Study und Diskussionsvorschlag einer praktikablen Gebäudebewertung

Svenja Binz, Juliane Jäger

Anlass und Zielsetzung

Um den klimapolitischen Top-down-Ansatz der Budgetierung gemäß KSG mit dem Bottom-up-Ansatz der Ökobilanzierung des Lebenszyklus eines konkreten Gebäudes vergleichen zu können, wird eine Case-Study-Betrachtung vorgenommen. Damit kann (wenngleich nur exemplarisch) anhand eines konkreten Gebäudes die Zuordnung von THG-Emissionen zu Sektoren (Quellprinzip) und ihre Zuordnung zu ursächlich verantwortlichen Bereichen (Verursacherprinzip) sichtbar gemacht und quantifiziert werden. Der Ansatz, THG-Emissionsabschätzungen aus Bottom-up-Berechnungen mit den Zielpfaden aus Top-down-Strategien im Sinne eines verbesserten, nationalen THG-Emissionsmonitorings abzugleichen, wird damit skizziert.

Die Case-Study-Betrachtung verdeutlicht, welche Auswirkungen die Wahl einer Definition zur (Netto-)THG-Neutralität auf das Ergebnis abgeschätzter Emissionsmengen eines Gebäudes hat beziehungsweise in welcher Größenordnung potenzieller Umwelt- und Klimawirkungen durch unterschiedliche Definitionen abgebildet werden. Es wird der Versuch einer kompletten Lebenszyklusbetrachtung sowie eine erweiterte Indikatorenbetrachtung vorgenommen, um die Grenzen und Möglichkeiten des aktuellen Werkzeugkastens der Ökobilanz aufzuzeigen. Die Case-Study-Betrachtung ermöglicht es weiterhin, anhand von Szenarien und Varianten sowohl bauliche als auch nutzungs- und organisationsbezogene, das heißt Suffizienzmaßnahmen hinsichtlich ihres THG-Emissionsminderungspotenzials zu vergleichen.

Der Umgang mit dem Bestand und dessen notwendige energetische Sanierung stehen im Fokus der aktuellen Debatte zum Klimaschutz und zur Begrenzung von Ressourcen- und Flächenverbrauch im Handlungsfeld Gebäude.

Der Anteil des Neubaus am Gebäudebestand macht seit 2012 jährlich lediglich 3 % aus (DUH 2022: 12); der größere Hebel auf dem Weg zum treibhausgasneutralen Gebäudebestand bis 2045 kann somit in der Betrachtung der Sanierung liegen. Entsprechend wird ein Bestandsgebäude mittels Ökobilanzierung in unterschiedlichen Szenarien betrachtet und ausgewertet. Die Forschungsarbeit ist hinsichtlich zweier Aspekte limitiert: Erstens sind nicht für alle Module des Lebenszyklus Daten vorhanden, sodass hier Annahmen getroffen werden müssen. Zweitens ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse limitiert, da es sich lediglich um die Auswertung einer einzelnen Case Study handelt. Eine nationale Hochrechnung erfolgt nicht. Das einheitliche Problemverständnis, die konzeptionelle Betrachtung beziehungsweise das generelle Herausarbeiten von Forschungsbedarfen stehen im Vordergrund.

Anhand der bilanzierten Case Study wird entsprechend exemplarisch

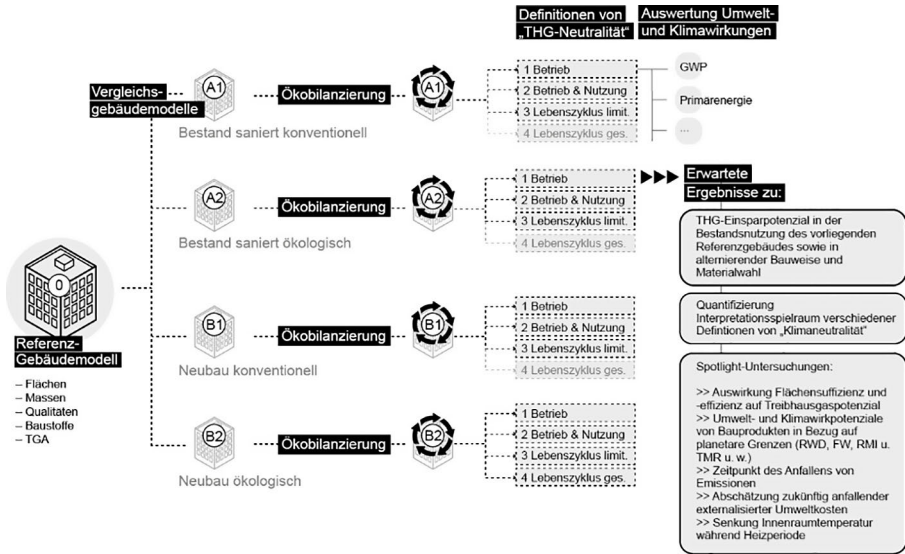
- mittels Ökobilanzierung und Szenarienvergleich ermittelt, ob ein THG-Einsparpotenzial durch Sanierung des Referenzgebäudes versus (Ersatz-)Neubau im Lebenszyklus erzielt wird und wie sich alternierende Bauweisen auswirken:
 Szenario A1: Bestand saniert – konventionell 2022,
 Szenario A2: Bestand saniert – ökologisch 2022,
 Szenario B1: Neubau – konventionell 2022,
 Szenario B2: Neubau – ökologisch 2022;
- mittels Ökobilanzierung und Variantenvergleich die Größenordnung beziffert, die sich durch Anwendung unterschiedlicher Definitionen beziehungsweise Berechnungsregeln (vorrangig durch in unterschiedlichem Umfang in Bezug genommener Module der Lebenszyklusbetrachtung) ergibt. Ausgewählte theoretische Ansätze, die bereits als unterschiedliche definitorische Ansätze der THG-Neutralität dargestellt wurden, werden beispielhaft mit Zahlen hinterlegt und somit das sogenannte definitorische Delta anhand eines Beispielgebäudes quantifiziert:
 DEF 1: Auswahl Module gemäß (netto-)treibhausgasneutral im Betrieb,
 DEF 2: Auswahl Module gemäß (netto-)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung,
 DEF 3: Auswahl Module gemäß (netto-)treibhausgasneutral im limitierten Lebenszyklus,
 DEF 4: Auswahl Module gemäß (netto-)treibhausgasneutral im Lebenszyklus;

- mittels Ökobilanzierung und Detailuntersuchungen der Einfluss von Einzelaspekten (= sogenannte Spotlights), zum Beispiel das sogenannte Verschieben des ökologischen Rucksacks zulasten anderer planetarer Grenzen oder Suffizienzmaßnahmen zur Erreichung der THG-Neutralität im Handlungsfeld Gebäude, konzeptionell betrachtet:
Spotlight 1: Kopplung von Umwelt- und Klimawirkpotenzialen an das planetare Grenzkonzept,
Spotlight 2: Abbilden von veränderten Raum- und Nutzungskonzepten durch neue Bezugsgrößen,
Spotlight 3: Reduktion der Innenraumtemperatur in Büroetagen um 1 °C während der Heizperiode,
Spotlight 4: Zeitpunkt des Anfallens von Emissionen im Lebenszyklus von Gebäuden,
Spotlight 5: Abschätzung zukünftig anfallender externalisierter Umweltkosten.
- Abschließend werden die untersuchten Maßnahmen kombiniert ausgewertet (vgl. nachfolgende Abbildung 26).

Methodik und Systemgrenzen

Das Gebäudemodell wurde anhand von Bestandsplänen als digitales 3-D-CAD-Modell einschließlich einer Mengen- und Massenermittlung erstellt. Als Datengrundlage für die Ökobilanzierung wurde die ÖKOBAUDAT2020-II (A1) verwendet. Die Analyse wurde parallel mit den Software-Lösungen Hottgenroth und eLCA durchgeführt, um einerseits energetische Kennwerte zu generieren und andererseits in Bezug auf die ökobilanzielle Auswertung die Ergebnisse überprüfen zu können. Innerhalb der Software nicht erfasste Module des Lebenszyklus wurden auf Basis begründeter Annahmen manuell ergänzt und in Excel-Datenblättern ausgewertet. Alle Berechnungen der Case Study basieren auf einem Stand der normativen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen von 2023.

Abbildung 26: Methodisches Vorgehen und Arbeitsschritte der Case-Study (BBSR, eigene Darstellung)



Systemgrenze Gebäudemodell: Als Case Study wurde ein reales Gebäude ausgewählt (Typologie: Bürogebäude) mit Standort Berlin. KG 300 (Bauwerk) und KG 400 (Haustechnik) wurden vollständig abgebildet. KG 500 (Außenanlagen) wurde vernachlässigt, da dem Gebäude im Innenstadtbereich kaum Außenraum direkt zugeordnet ist und Außenflächen hier nicht der Versorgung des Gebäudes dienen.

Systemgrenze Lebenszyklusmodell: Als Betrachtungszeitraum wurden 50 Jahre angesetzt. Bezugsgröße und Indikatoren werden in vergleichenden Varianten betrachtet. Die gebäude- und betriebsbedingten Anteile bezüglich der Klima- und Umweltwirkpotenziale wurden für alle vier Gebäudemodelle/Szenarien in zwei Varianten (Umfang nach GEG und nach QNG) erfasst. Für das Gebäudemodell »Neubau – ökologisch 2022« wurden vier Varianten bezüglich K Umwelt- und Klimawirkpotenziale im Lebenszyklus verglichen. Module außerhalb des DIN-konformen Lebenszyklus wurden nicht mit den übrigen Modulen verrechnet, sondern als Zusatzinformation ausgewiesen.

Untersuchungsgegenstand

Als Untersuchungsgegenstand wurde ein Bürohochhaus der Moderne gewählt. Es wurde in den späten 1950er-Jahren errichtet und in den 1980er-Jahren energetisch saniert. Eine weitere Sanierung ist geplant. Das Beispielgebäude liegt zentral innerstädtisch und ist Teil eines denkmalgeschützten Gebäude-Ensembles.

Auf einer Grundfläche von 15,10 m x 78,00 m und einer Höhe von 57 m werden 16.965 m² Netto-Raumfläche (NRF) untergebracht. Über einem Tiefgaragengeschoss befindet sich die Sockelzone mit Erdgeschoss und einem eingehängten Obergeschoss. Hier befanden sich Gewerbe und Gastronomieeinheiten. Darüber befinden sich 14 Büroetagen. Der damit 16-geschossige Bürobau mit seiner reduzierten Formensprache und starker Rasterung der Fassade steht exemplarisch für (Büro-)Bauten der Moderne. Durch die Skelettbauweise mit aussteifenden Kernen sind flexible Grundrisse möglich, welche eine (Um-)Nutzung des Bestands befördern.

Konstruktiv handelt es sich um einen Stahlbetonskelettbau, teils unter Verwendung vorgespannter Stahlbetonelemente für Stahlbetonstützen und -balken im Raster von 7,40 m sowie Stahlbetonrippendecken. Die Stützen der Sockelzone wurden Pilotis in Sichtbetonqualität ausgeführt. Die Querschnitte der Tragkonstruktion in den Büroetagen verjüngen sich nach oben. Die originäre Außenverkleidung wurde in Sichtbeton ausgeführt. An den Fassadenlängsseiten und der nördlichen Giebelwand ergaben sich durch ca. 55 cm tiefe Auskragungen und den Wechsel von Sichtbetonbrüstungen beziehungsweise Glas- und weißen Gussglasflächen ein abstraktes horizontales Gesamtmuster und ein vitales, unregelmäßiges Fassadenrelief (sogenanntes »verwischtes Raster«). Die Giebelseite im Süden ist fensterlos, da sie sich dem Verkehr zuwendet. An der Ostfassade wurde ein über die Trauflinie hinausgehender Treppenturm mit einer Außenhaut aus Sichtbeton ausgeführt. Die Schaufenster des Erdgeschosses sowie des 1. Obergeschosses wurden mit einer eisernen Unterkonstruktion und außen mit eloxierten Leichtmetallpaneelen verkleidet sowie mit Spiegeldrahtglas verglast. Alle anderen Etagenfenster wurden als Verbundfenster aus Stahl und Kristallspiegelglas gebaut. Die meisten Fenster wurden als Drehfenster ausgeführt, damit sie besser zu reinigen waren. Die originale Sichtbetonfassade wurde 1985 im Rahmen einer energetischen Sanierung durch eine Aluminiumfassade ersetzt, auch alle Fenster wurden damals ausgetauscht. Den Nutzenden war die Gestaltung der Grundrisse frei überlassen, wenngleich die Freiheit durch die weit auseinanderliegenden

Treppenhäuser für Brandschutz und Rettungswege beschränkt wurde. (Dorsemagen 2004: 291ff; Lemburg 2015: 36)

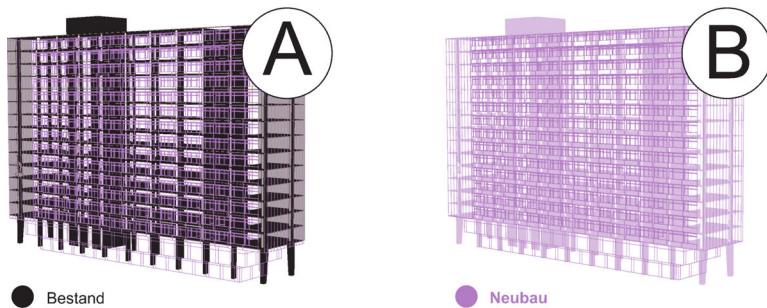
Zukünftig soll das Beispielgebäude überwiegend als Bürogebäude genutzt bleiben. Wenngleich der Bau in den 1980er-Jahren saniert wurde, erfüllt er heutige energetische Standards nicht. Das offene Raster der Tragstruktur lässt nicht nur Spielraum für energetische Modernisierung und Fassadengestaltung, sondern insbesondere auch für neue innovative Büroraumkonzepte. Da die Bausubstanz der Moderne und folgender Epochen vielfältige Fragestellungen des angemessenen Umgangs mit dem Baubestand stellt, wurde dieses Beispielgebäude gewählt.

Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

Vergleich nach Maßnahmenart und Bauweise

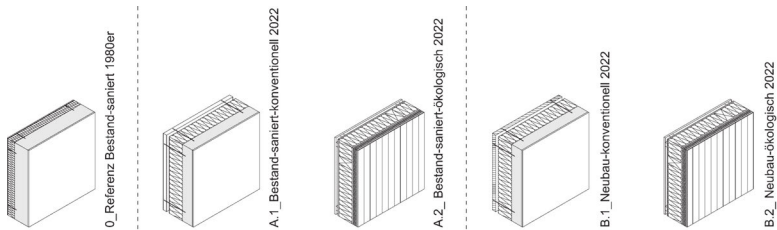
Szenario A entspricht einer Komplettmodernisierung. Die Tragstruktur (Stützen, tragende Wände, Treppenhäuser, Decken, Dach, Keller) wurde erhalten und energetisch nach Standard KfW NH55 saniert. Die Außenfassade, nicht tragende Wände und innen liegende Oberflächen wurden größtenteils ersetzt. In Szenario A.1 (konventionell, Bestand) wurde die Fassade mit vorgefertigten Stahlbetonfertigbauteilen verkleidet. Nicht tragende Wände wurden als Gipskartonwände angenommen und Fenster aus pulverbeschichtetem Aluminium ausgeführt. In Szenario A 2 (ökologisch, Bestand) wurden, wenn möglich, nachwachsende Rohstoffe verwendet. Die Fassade wurde mit vorgefertigten Holzbaurahmenelementen verkleidet. Nicht tragende Wände wurden als Holzrahmenbauweise, verkleidet mit Lehmbauplatten angenommen. Fenster wurden in diesem Szenario aus pulverbeschichtetem Aluminium ausgeführt. In den Szenarien A.1 und A.2 wurde aus brandschutztechnischen Gründen mit Mineralwolle gedämmt.

Abbildung 27: Schematische Darstellung der Untersuchungsszenarien (BBSR, eigene Darstellung)



Szenario B entspricht einem Neubau (vgl. Abbildung 27). Kubatur und Geschosse orientieren sich aus Gründen der Vergleichbarkeit und den städtebaulichen Rahmenbedingungen an Szenario A beziehungsweise am Referenzszenario. In Szenario B.1 (konventionell, Neubau) wurden Bauteile überwiegend in Stahlbeton ausgeführt. Alle weiteren Annahmen sind identisch mit Szenario A.1. In Szenario B.2 (ökologisch, Neubau) wurden Treppenhäuser sowie brandschutztechnisch relevante Bauteile und das Sockelgeschoss überwiegend in Stahlbetonbauweise umgesetzt. Alle weiteren vertikalen tragenden und nicht tragenden Bauteile wurden in Holzbauweise, horizontale Bauteile in Holz-Hybrid-Bauweise simuliert. Um eine bestmögliche Vergleichbarkeit zu erreichen, wurden die Bauteilaufbauten in den Szenarien jeweils mit gleichen Wärmedurchgangskoeffizienten bilanziert. Energetisch wurde hier ebenfalls ein Standard KfW EH55 umgesetzt. Damit wurden in beiden Szenarien die Standards des Ordnungsrechtes eingehalten, die ergänzenden Standards des Bundesbaus (EGB 55 für Bestandsgebäude und EGB 40 für Neubauten) jedoch nicht berücksichtigt. In allen Szenarien wurde die Versorgung mit Fernwärme mit Flächenheizung, ergänzt durch PV-Fläche auf dem Dach sowie eine verpflichtende Abluftanlage, angenommen. Unterschiede zwischen der konventionellen und der ökologischen Variante bestehen in der Anlagenausführung für Kühlung im Sommer und in der Verwendung unterschiedlicher Kältemittel.

Abbildung 28: Konstruktionsaufbau Fassade in der Ausgangssituation Bestand und den Varianten des Umbaus beziehungsweise Ersatzneubaus (BBSR, eigene Darstellung)



Variantenvergleich zwischen konventioneller und überwiegend ökologischer Bauweise

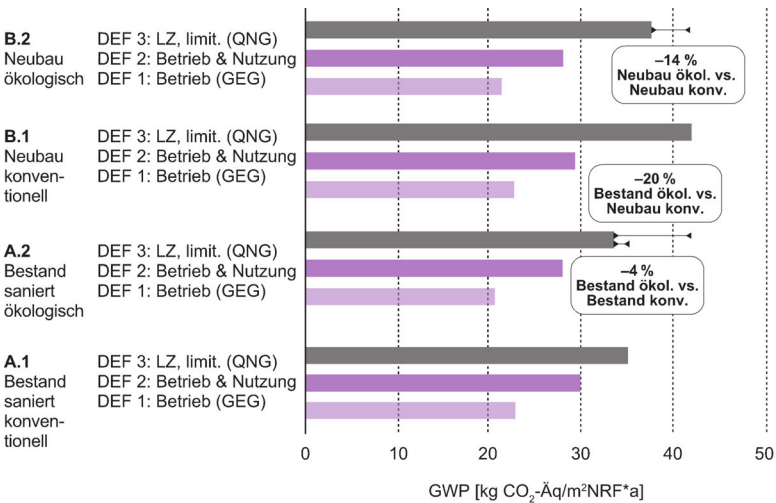
Die Varianten A.1 und B.1 (= konventionelle Bauweise) weisen erwartungsgemäß höhere Emissionen als A.2 und B.2 (= ökologische Bauweise) aus. Die Unterschiede liegen zwischen 4 % und 14 %. Die geringen Unterschiede gemäß den Definitionen DEF 1 (= Betrieb) und DEF 2 (= Betrieb & Nutzung) liegen auf der Hand; der Einfluss der Bauweise ist hier kaum relevant; lediglich Unterschiede des U-Wertes der Gebäudehülle führen zu leichten Differenzen in der ökobilanziellen Bewertung. Erst in der Untersuchung nach Definition DEF 3 (= Lebenszyklus, limitiert beziehungsweise QNG) wird der Einfluss der Bauweise deutlich; hier kann ein Unterschied von 14 % (beziehungsweise $5,1 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/m}^2_{\text{NRF}^a}$) im Vergleich der Neubau-Varianten B.1 und B.2 festgestellt werden. Die Bestands-Varianten A.1 und A.2 hingegen weisen eine Differenz von nur 4 % auf, was auf das Vorhandensein der Primärkonstruktion bei den Sanierungsvarianten zurückzuführen ist (und damit auf den Wegfall der »Treiber« bei den grauen Emissionen).

- Ökobilanzielle Betrachtungen müssen bestmöglich den gesamten Lebenszyklus abbilden, um Steuerungsfunktion im Planungsprozess (insbesondere über die Nachfrage nach emissionsarmen Bauprodukten und Konstruktionen/Bauteilkompositionen) entfalten zu können.

Variantenvergleich zwischen Sanierungsmaßnahme und Neubaumaßnahme

Die Ökobilanz der vier Varianten zeigt, dass bei einer nicht isolierten Betrachtung der Betriebs- und Nutzungsphase, sondern Lebenszyklus-Orientierung (DEF 3 = Lebenszyklus, limitiert) die Sanierungsszenarien A. 1 und A. 2 geringere Emissionen erzeugen als die jeweils vergleichbaren Neubauszenarien B.1 und B.2. Selbst bei konventioneller Sanierung des Beispielgebäudes werden 20 % (beziehungsweise $6,9 \text{ kg CO}_2\text{-}\ddot{\text{A}}\text{q}/\text{m}^2_{\text{NRF}^*\text{a}}$) im Vergleich zum konventionellen Neubau und 5 % ($1,8 \text{ kg CO}_2\text{-}\ddot{\text{A}}\text{q}/\text{m}^2_{\text{NRF}^*\text{a}}$) im Vergleich zum Neubau mit ökologischen Baustoffen eingespart.

Abbildung 29: Vergleichende Darstellung des Einflusses alternierender Bauweisen entsprechend der vier untersuchten Neubau- und Bestandssanierungsszenarien auf das Treibhauspotenzial bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (BBSR, eigene Darstellung)



→ Der Fokus auf Bestandssanierungen und Umbauten anstelle von Neubauten kann somit belegt werden und sollte durch Anreizmechanismen gefördert werden. Bei zukünftiger Verbesserung der Primärenergiefaktoren (hier:

Fernwärme) würden sich ökobilanzielle Vorteile der Bestandssanierung noch klarer abzeichnen.

- Der Unterschied der grauen Emissionen, die eine vorhandene Primärkonstruktion im Vergleich zum Neubau spart, wird umso deutlicher, je geringer der Anteil an Betriebsenergie (Modul B6) ist, sodass mit zunehmender Dekarbonisierung des Energiesektors der Einfluss der grauen Emissionen zunimmt.

Relativierend ist zu sagen, dass das Beispielgebäude aufgrund des gegebenen Ensembleschutzes in gleicher Kubatur, mit gleichem A/V-Verhältnis usw. als Neubau modelliert wurde. Die errechneten GWP-Werte von $36,88 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/m}^2_{\text{NRF}^*_{\text{a}}}$ nach DEF 3 (= Lebenszyklus, limitiert und damit QNG-Rechenkonvention) lassen nur auf eine mittlere Gebäudeperformance schließen. Dies ist vorrangig auf den großen Anteil der Betriebsenergie (Modul B6) unter anderem aufgrund des lokalen Primärenergiefaktors der Fernwärme zurückzuführen. Sofern Neubauten eine deutlich bessere Performance erreichen (zum Beispiel effizientere und suffizientere bauliche Lösung) kann der Unterschied zwischen Neubau- und Sanierungsvariante anders ausfallen.

- Ein ökobilanzieller Variantenvergleich unterschiedlicher Maßnahmenarten beziehungsweise baulicher Lösungen sollte zum Standard in Leistungsphase Null der HOAI beziehungsweise innerhalb von Machbarkeitsstudien (gegebenenfalls auch in folgenden Planungsphasen mit angepasster Detailtiefe und Berechnungssystematik) werden.

Vergleich unterschiedlicher Definitionsansätze und Rechenregeln

Die gemäß den vier beschriebenen Definitionen von (Netto-)THG-Neutralität und entsprechenden Rechen- und Bilanzierungsregeln auftretenden Unterschiede wurden anhand der Neubauvariante B.2 untersucht. Im Rahmen der Fallstudie wurde das **definitiorische Delta auf maximal 50 %** (entspricht $20,5 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/m}^2_{\text{NRF}^*_{\text{a}}}$) beziffert (Differenz DEF 1 und DEF 4) unter der Annahme, dass DEF 4 (= 100 %) den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes und somit das Handlungsfeld Gebäude abdeckt und DEF 1 gemäß GEG einer minimalen Systemgrenze für eine mögliche Definition von THG-Neutralität entspricht.

Abbildung 30: Vergleichende Darstellung der vier beschriebenen Definitionen von Netto-THG-Neutralität bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (BBSR, eigene Darstellung)

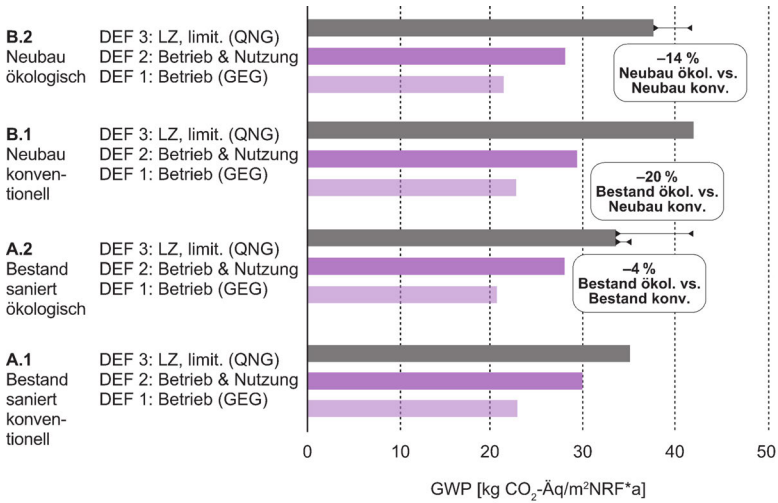
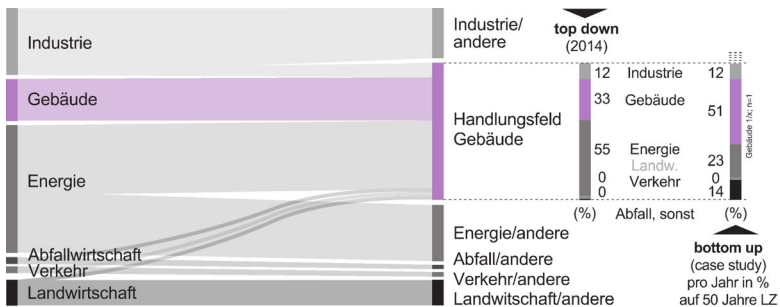


Abbildung 31: Prozentuale Top-down-Verteilung nationaler THG-Emissionen im Handlungsfeld Gebäude nach (Ramseier/Frischknecht 2020) sowie Bottom-up-Verteilung der ermittelten Treibhausgase auf Basis eigener Berechnungen und Annahmen für das Szenario B 2, DEF 4 mit sektoraler Zuordnung, wobei Anteile am Verkehrssektor, insb. in den Modulen A1-3 und B8, nicht ausgewiesen wurden (BBSR, eigene Darstellung)



Im Einzelnen deckte DEF 1 (Auswahl Module gemäß GEG beziehungsweise »(netto-)treibhausgasneutral im Betrieb«) 50 % der Maximalvariante gemäß DEF 4 ab; DEF 2 (Auswahl Module gemäß »(netto-)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung«) deckte 65 % der Maximalvariante gemäß DEF 4 ab; DEF 3 (Auswahl Module gemäß »(netto-)treibhausgasneutral im Lebenszyklus, limitiert«, basierend auf QNG) deckte 88 % der Maximalvariante gemäß DEF 4 ab.

- Die Auswertungen der Ökobilanz am Beispiel der Fallstudie zeigen, dass die Reduzierung einer Definition von Klima- oder THG-Neutralität auf die Betriebsenergie (Modul B6.1) zu kurz greift. Ein Großteil der Emissionen des Handlungsfelds Gebäude fielen in anderen Modulen und damit anderen nach KSG zugeordneten Sektoren an (ca. 50 %).

Die Ausschläge der Module im Rahmen der Case Study können wie folgt zusammengefasst werden: Vergegenständlichte Emissionen (Module A1-3, B1, B3-5, C3, 4), die dem Industriesektor zuzuordnen sind, betragen etwa 11,6 % der gesamten Ökobilanz. Die betriebsbedingten Emissionen, die nach den KSG-Sektoren Gebäude und Energie angerechnet werden, liegen bei 50,6 %; die Größenordnung im Energiesektor (Module A5, B2, B6.2, B6.3, B8, C1) bei 23,3 %, im Verkehrssektor (Module A4, C2, ohne A2) bei nur 0,1 % und im Sektor Abfallwirtschaft/Sonstiges (Modul C3, C4) bei 14,4 %. Der Landwirtschaftssektor muss aufgrund fehlender Aussagen in der Ökobilanz zu GWP_{luluc} bei einzelnen Holzbaustoffen vernachlässigt werden. Auffällige Differenzen zwischen der exemplarischen Top-Down- und Bottom-up-Gegenüberstellung (vgl. Abbildung 31 ??) sind im Bereich der Abfallwirtschaft zu beobachten (entspricht Modulen C3 und 4). Im Rahmen der Case Study wurden 14,4 % der gesamten THG-Emissionen des Gebäudes der Abfallwirtschaft zugeordnet. Die Top-down-Methode gibt hier einen Wert in Höhe von 0 % an. Es ist jedoch zu beachten, dass die zitierte Studie keine vollständigen Daten zum Rückbau und zur Entsorgung von Baustoffen liefert. Der Bottom-up-/Top-down-Vergleich ist als Zukunftskonzept für Plausibilitätsprüfungen zu verstehen.

- Um Emissionen am Ende des Lebenszyklus möglichst gering zu halten, ist das Konzept des **kreislaufgerechten Bauens** als zentraler Baustein der Gebäudeplanung umzusetzen.
- Um das Potenzial intersektoraler Strategien auszunutzen, ist es notwendig, alle Module des **Lebenszyklus** eines Gebäudes zu betrachten und parallel Buch zu führen (nach Quell- und Verursacherprinzip). Fehlende

Datengrundlagen, beispielsweise für pauschale Ansätze bisher nicht berücksichtigter Module sowie die Methodik des **Vereinfachten Verfahrens** in der Ökobilanz sind weiterzuentwickeln. Entsprechende Vorgaben sind möglichst schnell im **Ordnungsrecht**, namentlich GEG, und in den verlinkten Normen (DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12, DIN EN 15978:2012-10) vorzunehmen. Im **Förderrecht** des BEG beziehungsweise des darin enthaltenen QNG werden die Emissionen des **Handlungsfelds Gebäude** bereits deutlich umfangreicher betrachtet und bilden in der Case Study 88 % der Gesamtemissionen ab. Die Module D1 und D2 wurden normkonform informativ mitgeführt.

Spotlights: Untersuchung von Einzelaspekten

Kopplung von Umwelt- und Klimawirkpotenzialen an das planetare Grenzkonzept

Am Beispiel von drei Dämmmaterialien¹ mit vergleichbarem U-Wert – Mineralwolle-Dämmung, XPS- und Holzfaser-Dämmplatten – wurde exemplarisch untersucht, wie sich Baustoffe nicht allein in Bezug auf das Treibhauspotenzial (GWP) verhalten, sondern zusätzlich in Bezug auf weitere Umwelt- und Klimawirkindikatoren sowie auf die Speicherung von biogenem Kohlenstoff.

¹ Für den Baustoffvergleich wurden exemplarisch marktübliche Materialien unabhängig von der Fallstudie ausgewählt.

Tabelle 7: Verwendete Datensätzen im Rahmen des Baustoffvergleichs (BBSR, eigene Darstellung)

Baustoff	Typ	Referenzfluss	U-Wert [W/mK]
Mineralwolle ²	Generic dataset	1,0 m ³	0,035
Holzfaserdämmplatte (Trockenverfahren) ³	Representative dataset	1,0 m ³	0,041
Extrudierter Polystyrol-Dämmstoff (XPS) ⁴	Generic dataset	1,0 m ³	0,035

Vergleicht man die drei oben genannten Baustoffe bei gleichwertiger Wärmeleitfähigkeit, das heißt gleiche Dämmeigenschaften und somit gleiche Auswirkungen auf Modul B6.1, sind deutliche Unterschiede bei ihrem GWP-Anteil in den Modulen A1-3, B4, C3 und C4 (graue Emissionen) feststellbar. Auch bei weiteren potenziellen Umwelt- und Klimawirkungen und entsprechenden Indikatoren ist der Ausschlag pro Baustoff unterschiedlich (siehe Abbildung 33).

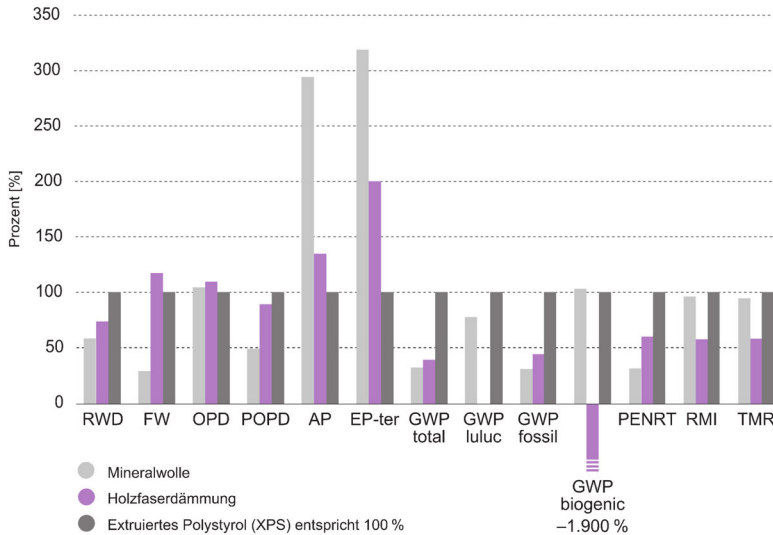
Der extrudierte Polystyrol-Dämmstoff (XPS) wurde als Referenzbaustoff (= 100 %) angenommen. Das Treihauspotenzial (GWP_{total}) des Holzfaserdämmstoffes liegt im Vergleich bei nur rund 40 %. In Bezug auf den Klimawandel wäre der Holzfaserdämmstoff somit als deutlich emissionsärmere Variante zu bevorzugen. Betrachtet man aber beispielsweise den Indikator Frischwasserverbrauch (FW) erreicht der Holzfaserdämmstoff mit 118 % ungünstigere Werte als XPS. Mit 31 % im Vergleich zum Referenzbaustoff liegt bei Mineralwolle der Frischwasserverbrauch besonders günstig, hat allerdings bei Versauerungspotenzial (AP) und Überdüngungspotenzial (EP) vergleichsweise hohe Werte von 294 % (AP) beziehungsweise 319 % (EP).

2 https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uid=4fa62445-e59f-4874-99e5-49cec91967e0&version=20.21.060&stock=OBD_2021_II&lang=de.

3 https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uid=34633906-b5d4-48d8-adf4-90037a7499d9&version=00.00.053&stock=OBD_2021_II&lang=de.

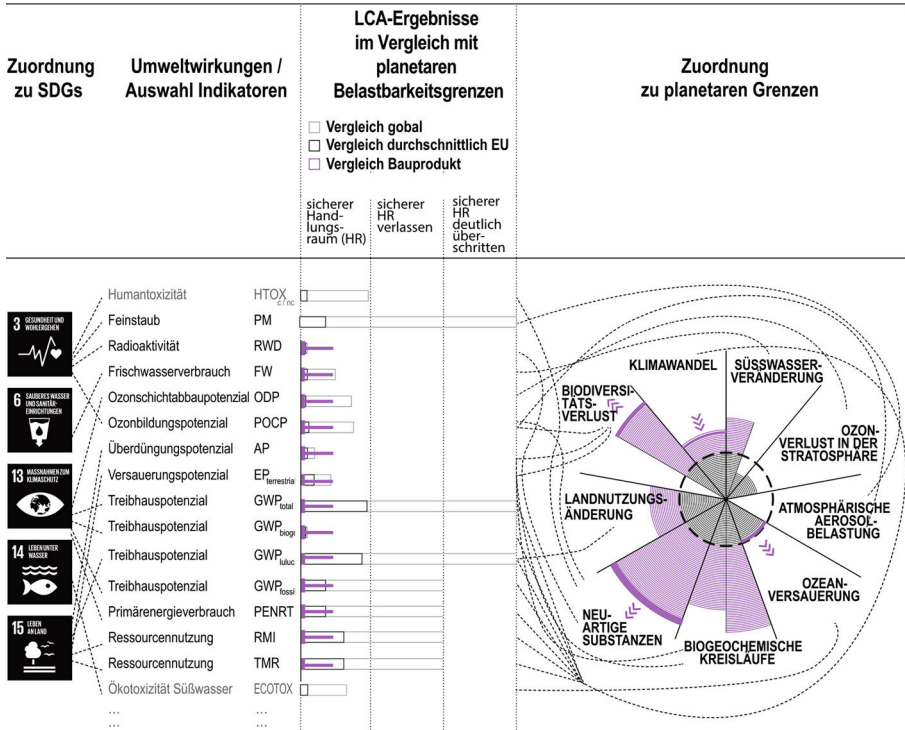
4 https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uid=37f50a3e-5445-4bce-8eda-98f01dba441f&version=20.21.060&stock=OBD_2021_II&lang=de.

Abbildung 32: Auswertungen des Baustoffvergleichs (Referenz XPS = 100 %-Ansatz je Indikator, das heißt keine absoluten Werte, sondern prozentuale Abweichungen, in jeder Wirkungskategorie dargestellt) über die Betrachtung der THG-Emissionen hinaus und in Bezug auf ein erweitertes Indikatoren-Set (BBSR, eigene Darstellung)



Bestehende Vorschläge, die errechneten Werte einer Ökobilanz den Wirkkategorien der planetaren Grenzen zuzuordnen, sind sinnvoll, um nicht den isolierten Ansatz der Reduzierung des Klimawandels auf Kosten anderer Schutzziele zu verfolgen. Die folgende Grafik (Abbildung 33) skizziert zum einen eine solche mögliche Zuordnung nach (Sala/Crenna/Secchi, et al. 2021) und gibt zum anderen eine vorgeschlagene Auswahl an Indikatoren wieder.

Abbildung 33: Anregung für eine Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Gebäuden anhand der planetaren Grenzen (BBSR, eigene Darstellung nach Sala/Crenna/Secchi, et al. 2021)



→ Um durch Ökobilanz ermittelte Werte greifbarer und praktikabel zu gestalten, wird vorgeschlagen, die methodische Systematik und grafische Darstellung analog (Sala/Crenna/Secchi, et al. 2021) anzuwenden und in bestehende Instrumente der Ökobilanzierung zu integrieren. Die Klima- und Umweltwirkpotenziale von Baustoffen würden so über einen produktspezifischen Ausschlag in unterschiedliche Richtungen an die planetaren Grenzen gekoppelt werden und Rückschlüsse auf globale Auswirkungen zulassen. Auch Vorteile, zum Beispiel bei Verwendung von Low-carbon-Produkten, würden damit direkt visualisiert und nicht erst indirekt über ein günstigeres Ergebnis der Gesamt-Gebäudebilanz hervorgehoben werden können.

Die Frage, welche Art und Auswahl von Indikatoren bundeseinheitlich vorgegeben werden sollte, bringt folgenden Konflikt mit sich: Einerseits ist das Ziel, eine möglichst ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung zu fordern, was eine breite Auswahl von sicheren Indikatoren voraussetzt. Andererseits besteht der Bedarf nach der Reduktion von Komplexität, um die Lebenszyklusanalyse möglichst schnell in die Praxisanwendung zu bringen («Mainstreaming») sowie in die Logik der globalen Berichterstattung einzubetten.

Am Beispiel von zwei nach aktuellen Bewertungsstandards nicht im Indikatoren-Set betrachteten Wirkkategorien wird nachfolgend die Notwendigkeit von zusätzlichen Indikatoren angerissen.

Beispiel radioaktiver Abfall (RWD)

Das Europäische Parlament lehnte am 7. Juni 2022 den delegierten Rechtsakt zur Taxonomie-Verordnung der Kommission nicht ab. So können nun Atomenergie- und Erdgasaktivitäten unter bestimmten Voraussetzungen in die Liste der ökologisch nachhaltigen Wirtschaftstätigkeiten nach der sogenannten EU-Taxonomie aufgenommen werden.⁵

Am Beispiel RWD wurden exemplarisch ein österreichischer und ein französischer Baustoff verglichen. Bei dem französischen Baustoff ergibt sich ein etwa doppelter Anteil an radioaktivem Abfall. Der Faktor ist unter anderem ableitbar aus den Anteilen verschiedener Energieträger am Primärenergieverbrauch in der EU.

Tabelle 8: Verwendete Datensätzen im Rahmen des Baustoffvergleichs und in Bezug auf den Indikator RWD (BBSR, eigene Darstellung)

PENRT	RWD	RWD/PENRT	Herkunft	Datensatz
91,82 MJ	2,29 g	0,025 g/MJ	Österreich	Akustikplatte ⁶
84,88 MJ	4,58 g	0,054 g/MJ	Frankreich	Akustikplatte ⁷

5 Inkrafttreten ab 1. Januar 2023.

6 https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=daf4db38-add6-47b0-bd72-4140a739c263&version=00.01.000&stock=OBD_2023_I&lang=de.

7 https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=4c57ddb8-c44f-4865-9cd4-da650e240acd&version=00.01.000&stock=OBD_2021_II&lang=de.

Im Sinne dieser Entwicklung ist der Indikator »Menge an radioaktivem Abfall« (RWD) als zusätzlicher Kernindikator für die ökobilanzielle Betrachtung zu empfehlen, da Baustoffe je Herkunftsland (und damit dem jeweils hinterlegten Energie- beziehungsweise Strom-Mix) sehr unterschiedliche Wirkpotenziale aufweisen.

Beispiel Frischwasserverbrauch (FW)

Die Gegenüberstellung der Module (vgl. Abbildung 33 ??) hat gezeigt, dass der Wasserverbrauch im Betrieb (Modul B7) einen großen Ausschlag bezüglich der Umweltwirkpotenziale der Case Study verursacht. Vergleicht man den Frischwasserverbrauch (Indikator FW), der zur Baustoffherstellung benötigt wird, mit dem Verbrauch an Frischwasser, der sich aus der Gebäudebenutzung ergibt, liegt das Verhältnis bei etwa einem zu drei Vierteln (23 % aus Baustoffherstellung zu 77 % aus Nutzung).

Tabelle 9: Vergleich Frischwasserverbrauch (Indikator FW) zur Baustoffherstellung und aus Gebäudebenutzung (BBSR, eigene Darstellung)

	FW-Verbrauch _{gesamt/a} [Liter]	FW-Verbrauch _{gesamt} [Liter]	Anteil [%]
FW-Verbrauch Herstellung Baustoffe	1.730.430,00	86.521.500,00	23
FW-Verbrauch Nutzungsphase	5.758.000,00	287.900.000,00	77
FW-Verbrauch gesamt	7.488.430,00	374.421.500,00	100

Das Thema Frischwasserverbrauch ist bislang unterrepräsentiert. Mit Blick auf die bereits überschrittene planetare Grenze ist dringend die Reduzierung von Verbräuchen anzustreben.

- Der Indikator GWP 100 reicht nicht aus, um eine umfassende Betrachtung von Umwelt- und Klimawirkpotenzialen abzubilden. Eine geeignete Auswahl an Indikatoren ist zu treffen und verbindlich in ökobilanziellen Berechnungen auszuwerten, um sowohl eine praktikable Anzahl an Kriterien als auch Auswirkungen auf andere planetare Grenzen abbilden zu können. Ei-

ne EU-weite Definition ist in Anlehnung an Amendment 2 (ISO 14044:2006/ FDAM 2:2020; DIN EN 18504) anzustreben.

Veränderte Arbeitswelten und neue Bezugsgrößen

Als Stellschrauben zur Reduzierung von THG-Emissionen von Gebäuden werden in der Regel Bauweisen und Baustoffe miteinander verglichen. Nutzungsbezogene planerische Einsparungen stehen dabei oft im Hintergrund. Für das Gebäude liegen drei Grundrissvarianten beziehungsweise Bürotypologien vor: »Großraumbüro« (62 Mitarbeitende), »Kombibüro« (48 Mitarbeitende) und »Kleinbüro« (24 Mitarbeitende). Teilt man die NRF der Büroetagen durch die Anzahl der möglichen Büroarbeitsplätze, ergibt sich ein Flächenbedarf/Kopf. Teilt man die Gesamtemissionen der Büroetagen durch die Anzahl der möglichen Büroarbeitsplätze, ergibt sich ein GWP/Kopf, das als zukünftiges Benchmark tauglich wäre.

Abbildung 34: Exemplarische Darstellung der drei Grundrissvarianten »Kleinbüro« (oben), »Kombibüro« (Mitte) und »Großraumbüro« (unten) (BBSR, eigene Darstellung)



Im Referenzszenario der Case Study der betrachteten Fallstudie (Variante A.2 – Sanierung, ökologisch) werden 33 % der Bürofläche als »Großraumbüro«, 33 % als »Kombibüro« und 33 % als »Kleinbüro« ausgelegt und damit wird eine mittlere Belegungsdichte (672 Mitarbeitende auf 14 Etagen) erzielt. Der Referenzwert für den Vergleich liegt bei $22 \text{ m}^2_{\text{NRF}}/\text{Kopf}^*_{\text{a}}$ für den personenbezogenen Flächenbedarf und $33 \text{ kg CO}_2\text{-Äq}/\text{m}^2_{\text{NRF}^*_{\text{a}}}$ (bei 50 Jahren Nutzungsdauer und Rechenregeln nach DEF 3 gemäß QNG) für die flächenspezifischen THG-Emissionen pro Jahr. Die Betrachtung in GPW/Kopf beziehungsweise GWP/Kopf*⁸Nutzungsstunde kann wiederum als GWP/Flächenbezug dargestellt werden, wenn man von den vermiedenen Emissionen zum Bau neuer Büros ausgeht.

Bei den Varianten »Großraumbüro« und »Kombibüro« entfallen Teile der Verkehrs- und Konstruktionsflächen. Möblierungsvarianten können aufgrund der flexibleren Grundrissgestaltung flächensparend arrangiert werden. Die Emissionen der Innenbauteile reduzieren sich. Der Bundesbau, der überwiegend Einzelbüros umsetzt, sollte verstärkt Mischungen von Bürotypologien planen.

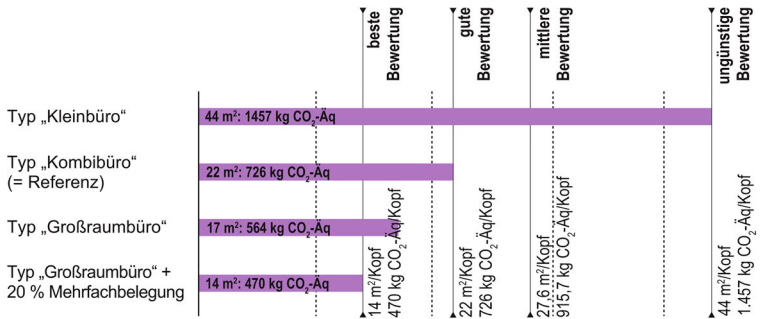
Einsparpotenziale, resultierend aus verschiedenen Belegungsdichten, werden im Folgenden verglichen.

- Eine hohe Belegungsdichte (hier exemplarisch ausschließlich »Großraumbüro«) führt bei gleichbleibender Anzahl an Arbeitsplätzen zu einer Reduktion der gesamten THG-Emissionen in Höhe von rd. **22 %** (-112 t CO₂-Äq/a).
- Eine hohe Belegungsdichte (hier exemplarisch ausschließlich »Großraumbüro«) und Mehrfachbelegung (20 %⁸) führt zu einer Reduktion der gesamten THG-Emissionen in Höhe von **rd. 35 %** (-177 t CO₂-Äq/a).
- Eine geringe Belegungsdichte (ausschließlich »Kleinbüro«) führt zu einem Anstieg an THG-Emissionen in Höhe von rd. **100 %** (+498 t CO₂-Äq/a).

Für die Case-Study konnten Bewertungsmaßstäbe beziehungsweise Benchmarks wie in der folgenden Abbildung dargestellt abgeleitet werden. Für eine Übertragbarkeit von Bewertungsmaßstäben für den Büro- und Verwaltungsbau im Allgemeinen müssten weitere Untersuchungen vorgenommen werden.

8 Eine Mehrfachbelegung in Höhe von 20 % ist begründet in Abwesenheit der Mitarbeitenden, mobilem Arbeiten beziehungsweise Homeoffice sowie Teilzeitstellen.

Abbildung 35: Vergleich unterschiedlicher Belegungsdichten hinsichtlich NRF/Kopf^{*a} und GWP/Kopf^{*a} im Durchschnitt (BBSR, eigene Darstellung)



Einsparpotenziale, die aus einer Mehrfachbelegung bzw. Multicodierung von Flächen (zum Beispiel mehrere Nutzungen zu verschiedenen Tageszeiten) resultieren, werden im Folgenden verglichen.

- Das Referenzszenario Büronutzung »Kombibüro« ist mit einem GWP von 0,40 kg CO₂-Äq/(Kopf^{*a}·Nutzungsstunde) beziffert (unter Annahme folgender Belegungsdauer: 8 h pro Tag; 5-Tage-Belegung mit 230 Arbeitstagen pro Jahr).
- Die Werte für die Belegungsvariante »Großraumbüro« liegen damit bei 0,31 kg CO₂-Äq/Kopf^{*a}·Nutzungsstunde, für »Kleinbüro« bei 0,81 kg CO₂-Äq/Kopf^{*a}·Nutzungsstunde.

Eine Mehrfachbelegung bzw. Multicodierung (Nutzung von Teilbereichen zu 15 % der NRF_{gesamt} in den Abendstunden und am Wochenende) führte in der Case Study zu einer Reduktion des GWP/Kopf^{*a}·Nutzungsstunde um 7,5 % bei absoluten Emissionen in Höhe von 0,37 kg CO₂-Äq/Kopf^{*a}·Nutzungsstunde.

- Die Einsparungspotenziale, die sich durch ein gut funktionierendes, bedarfsgerechtes Nutzungs- und Entwurfskonzept ergeben, können einen maßgeblichen Beitrag zur Reduzierung von THG-Emissionen leisten. Als besonders effektiv haben sich im Rahmen der Fallstudie der Verzicht auf Einzelbüros und Konzepte der Mehrfachbelegung (»Desk Sharing«) erwiesen. Die Bezugsgröße GWP/Kopf sollte zum einen umfassend evaluiert werden und könnte als ergänzender Indikator in Bedarfsprognosen beziehungsweise in die Bedarfsplanung von Bauvorhaben integriert werden.

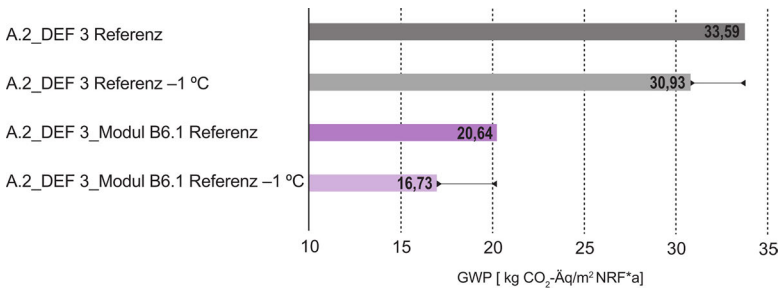
Der Flächenbezug/Kopf bleibt andererseits nötig, um Rebound-Effekte zu vermeiden.

- Neben der Mehrfachbelegung ist auch die teilweise Multicodierung von Flächen eine mögliche Maßnahme; der eine Erweiterung des vorgenannten Indikators auf GWP/Kopf*Nutzungsstunde zugrunde liegt. Je nach untersuchtem Szenario sind unterschiedliche THG-Einsparpotenziale möglich. Ein weiterer Aspekt der Multicodierung von Flächen besteht neben den rechnerisch nachgewiesenen Vorteilen in der Nutzungsmischung am Standort, insbesondere im Hinblick auf belebte Quartiere und die Förderung von Baukultur.

Anpassung der Innenraumtemperatur

Eine weitere Maßnahme zur Reduzierung der THG-Emissionen liegt in der Reduzierung des Heiz- beziehungsweise Kühlenergiebedarfs durch geändertes Nutzerverhalten.

Abbildung 36: Einfluss der Reduzierung der Innenraumtemperatur um 1 °C in den Büroetagen während der Heizperiode auf das Treibhauspotenzial gesamt und in Bezug auf Modul B6.1 (BBSR, eigene Darstellung)



Im Referenzszenario (Variante A.2 – Sanierung, ökologisch) wird der Einfluss der Reduzierung der Innenraumtemperatur um 1 °C in den Büroetagen während der Heizperiode und damit der Reduktion des Heizenergiebedarfs untersucht. Statistische Auswertungen belegen Einsparungen des Heizenergiebedarfs zwischen 6 % (EnergieSchweiz 2021) und 12 % (Richter/Ender/Hartmann, et al. 2003: 45). Da das Beispielgebäude einen hohen energetischen Emissionsanteil zeigt, wurde ein 12 %-iges Reduktionspotenzial angenommen.

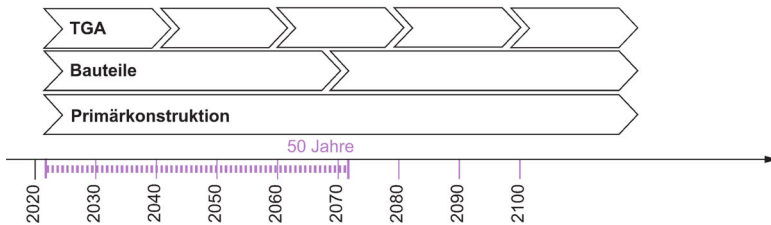
Der Referenzwert der Variante A.2, DEF 3 (QNG) liegt bei $33,59 \text{ kg CO}_2\text{-}\ddot{\text{A}}\text{q/m}^2_{\text{NRF}^*\text{a}}$. Bei Absenkung der Innenraumtemperatur liegt die flächenspezifische jährliche THG-Emission bei $30,93 \text{ kg CO}_2\text{-}\ddot{\text{A}}\text{q/m}^2_{\text{NRF}^*\text{a}}$ und zeigt damit eine Einsparung von 8 %. Je nach untersuchtem Szenario sind unterschiedliche THG-Einsparpotenziale durch Absenkung der Innenraumtemperatur in der Heizperiode möglich.

Hierbei handelt es sich um eine allgemeine Abschätzung des Reduktionspotenzials, welches durch eine thermisch-dynamische Gebäudesimulation zu konkretisieren wäre. Aspekte des sommerlichen Wärmeschutzes sollten gerade in Anbetracht des voranschreitenden Klimawandels und neuer Erkenntnisse in Bezug auf ein adaptives Komfortmodell identisch diskutiert werden.

Zeitpunkt des Anfallens von Emissionen im Lebenszyklus

In ökobilanziellen Betrachtungen ist als Rechenkonvention ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren festgelegt. Dabei kann die Primärkonstruktion zumeist deutlich länger genutzt werden. Der Austauschzyklus von Komponenten der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) wird deutlich geringer veranschlagt.

Abbildung 37: Vergleich der Betrachtungszeiträume für die Primärkonstruktion, Bauteile und TGA (BBSR, eigene Darstellung)

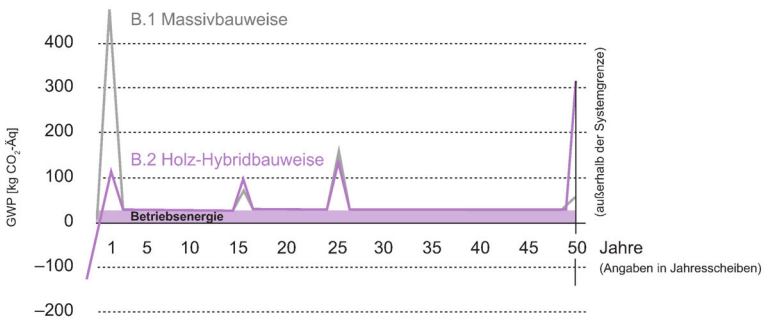


Vor dem Hintergrund des THG-Neutralitätsziels bis 2045 und dem geringen verbleibenden Zeitbudget ist neben der gesamt-bilanzierten Größenordnung grauer (das heißt nicht der Betriebs- beziehungsweise Nutzungsphase zuzuordnender) Emissionen auch der Zeitpunkt ihres Anfallens relevant. Heute geplante Bauwerke werden als Gebäudebestand im Jahr 2045 den ersten Austauschzyklus bezüglich der technischen Gebäudeausrüstung durchlaufen.

- Die Wahl der Bauweise, aber auch die Konzeption einer robusten TGA (Vorteil von Lowtech-Lösungen im Vergleich zu revisionsanfälligen technikzentrierten Konzepten) sowie die Weiterverwendung von Primärkonstruktionen (Vorteil von Bestandssanierung anstelle Abriss und Neubau, sofern anpassungsfähige Grundrisse und Raumhöhen bedacht wurden) liegen auf der Hand.
- Die Lebenszyklusbetrachtung ermöglicht es, anfallende Emissionen jahresspezifisch abzubilden. Die aktuelle Bilanzierungspraxis nivelliert diese Werte auf 50 Jahre. Dadurch werden Umwelt- und Klimawirkpotenziale, die sich sofort, beispielsweise über die Auswahl der Materialität, ergeben, weniger deutlich und in die Zukunft verschoben. Die Aufnahme einer zeitlichen Verortung von Emissionen sollte Bestandteil der Ökobilanz werden.

In der nachfolgenden Abbildung werden die gewählten Bauweisen (Variante B.1 = konventionell, das heißt Massivbauweise, sowie Variante B.2 = ökologisch, das heißt Holz-Beton-Hybridbauweise) bezüglich Größenordnung und Zeitpunkt des Anfallens verglichen und den Sanierungsvarianten mit Erhalt der Primärkonstruktion gegenübergestellt.

Abbildung 38: Aufteilung des absoluten Treibhauspotenzials als Jahresscheiben dargestellt für eine exemplarische konventionelle Bauweise (B1) und eine ökologische Bauweise (B2) (BBSR, eigene Darstellung)



Die Abbildung 38 verdeutlicht, dass, auch bevor die Betriebsenergie (insbesondere Modul B6.1) etwa aufgrund hoher Energieeffizienz und guter Gebäudeplanung gen null geht, der Fokus bereits jetzt auf die verbleibenden Peaks

gelegt werden sollte. Diese entsprechen den grauen Emissionen, die für die Primärkonstruktion, sonstige Bauteile und TGA bei der Errichtung, bei Austausch und Erneuerung und in der Endbehandlung (End of Life – EoL) anfallen.

Die Fallstudie zeigt, dass bei der ökologischen Bauweise (B.2 = ökologisch, das heißt Holz-Beton-Hybridbauweise) ein Großteil der Emissionen am Ende des Lebenszyklus anfallen.

→ Daraus ergibt sich, dass Holzbauweisen vornehmlich dann ihre Vorteile ausspielen können, wenn kreislauffähige Konstruktionen gewählt und Bauteile wieder- beziehungsweise weiterverwendet werden können, um die Peaks am Ende des Lebenszyklus zu vermeiden.

Bei der konventionellen Bauweise (B.1 = konventionell, das heißt Massivbauweise) fallen die Emissionen mit enormem Ausschlag am Anfang an.

- Im Vergleich zur ökologischen Bauweise ist es hier umso wichtiger, den Peak aufgrund der Herstellung am Anfang des EoL zu verringern und beispielsweise emissionsintensive Baustoffe zu substituieren.
- Bestandssanierungen haben den Vorteil, den Ausschlag am Anfang deutlich zu reduzieren, da ein Großteil der grauen Emissionen durch Weiternutzung der Primärkonstruktion bereits gebunden ist.

EXKURS: Kreislaufgerechtes Bauen

(siehe auch BBSR-Forschungsprojekt: Materialströme im Hochbau. Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft)

Ein weiterer Aspekt des ressourcenschonenden Bauens ist die Kreislauffähigkeit der eingesetzten Baumaterialien. Voraussetzung für die Kreislauffähigkeit ist eine möglichst gute Rückbaufähigkeit der Baukonstruktion. Wird ein hochwertiges Closed-Loop-Recycling angestrebt, spielt die sortenreine Trennung der einzelnen Materialgruppen eine entscheidende Rolle. Materialien mit möglichst geschlossenen Kreisläufen bedingen darüber hinaus eine hohe Verwertungseignung.

Die Verwertungseigenschaften von Baumaterialien sind im Baustoffsystem eingepreist. So lassen sich zum Beispiel Metalle leichter im Recycling-Kreislauf führen als mineralische Baustoffe, deren Bindemittel nicht rever-

sibel sind. Weiterhin verändert sich die Verwertungseigenschaft von Bauteilen, wenn Materialgruppen mit unterschiedlichen Verwertungswegen miteinander verbunden werden. So führen Materialverbünde von organischen und anorganischen Stoffen, wie zum Beispiel Holz/Zement (sogenannte Sauerkrautplatte) oder Beton/EPS (sogenannter Dämmbeton), zu Kombinationen, die weder thermisch noch werkstofflich verwertet werden können.

Wie eine möglichst kreislaufgerechte Baukonstruktion geplant werden kann, wird perspektivisch im BNB-Kriterium »Kreislauffähigkeit« beschrieben. Es wurde eine neue praktikable Klassifizierung von Baumaterialien beziehungsweise Bauprodukten und deren Fügung zum Bauteil gemäß sogenannter »End of Life (EoL)«-Klassen im BBSR entwickelt.

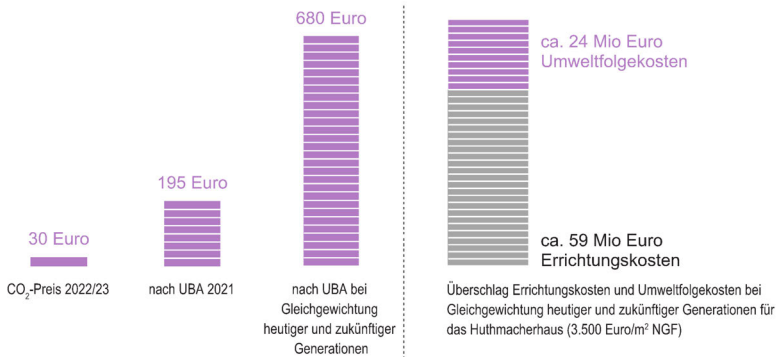
Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de> abrufbar.

Abschätzung externalisierter Umweltkosten

Im Zuge von Wirtschaftlichkeits- beziehungsweise Lebenszykluskostenberechnungen sind die gesellschaftlichen Kosten von Umweltbelastungen noch nicht beziehungsweise nicht ausreichend in Bezug genommen.

Anhand der Case Study sollen daher externalisiert auftretende Umweltschäden überschlägig monetär ausgewiesen und den investiven Kosten gegenübergestellt werden. Als CO₂-Preis je t CO₂-Äq wurde gemäß § 10 im Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz – BEHG) ein spezifischer Preis zwischen 25 Euro/t CO₂-Äq für das Jahr 2021 bis 55 Euro/t CO₂-Äq für das Jahr 2025 festgelegt. Das UBA kommt in seinen Studien zu deutlich höheren Werten von 195 Euro beziehungsweise 680 Euro bei einer Gleichgewichtung heutiger und zukünftiger Generationen (Umweltbundesamt 2020a). BEHG und Methodenkonvention des UBA sind methodisch unterschiedlich. BEHG beziffert, anders als das UBA, keine Umweltkosten, sondern bepreist das Recht zur Emission 1 t CO₂.

Abbildung 39: Darstellung möglicher Umweltfolgekosten im Verhältnis zu überschlägig ermittelten Investitionskosten am Beispiel der Case Study bei einer Gleichgewichtung heutiger und zukünftiger Generationen (BBSR, eigene Darstellung)



Für den Fall eines Neubaus in konventioneller Bauweise (B.1) mit einem ermittelten GWP von $41,97 \text{ kg CO}_2\text{-Äq/m}^2_{\text{NRF}^a}$ (gemäß DEF 3) wurden für den gesamten Lebenszyklus externalisierte Umweltfolgekosten in Höhe von rund 1.065.000 Euro/6.942.000 Euro/24.209.000 Euro überschlägig ermittelt.

Unter der konservativen Annahme investiver Baukosten/Errichtungskosten (KG 300 + 400) in Höhe von 59.500.000 Euro (3.500 Euro pro m^2_{NRF}) wäre dies eine Steigerung der Kosten von fast 59 % bei einer Gleichgewichtung heutiger und zukünftiger Generationen und bezogen auf den Lebenszyklus nach QNG und ohne Berücksichtigung dynamischer Steigerung der Umweltfolgekosten.

- Solange die gesellschaftlichen Kosten von Umwelt- und Klimabelastungen nicht transparent sind, fehlt ein erheblicher Anreiz, sparsam mit den verbleibenden Ressourcen umzugehen.
- Gesellschaftliche Kosten von Umwelt- und Klimabelastungen werden aktuell nicht ausreichend einbezogen beziehungsweise zulasten zukünftiger Generationen verlagert. Eine Gleichgewichtung heutiger und zukünftiger Generationen ist demnach aktuell nicht gegeben. Beispielsweise könnten in einem ersten Schritt zusätzlich zu den eigentlichen Baukosten Umweltfolgekosten ausgewiesen werden. In einem zweiten Schritt könnten diese entweder in Form von »Umweltfolgekosten-Vorauszahlungen« eingefordert oder durch bewusste Verbesserungen am erweiterten Standort über Anreizsysteme verrechnet werden.

Zusammenstellung des Reduktionspotenzials emissionsmindernder Maßnahmen

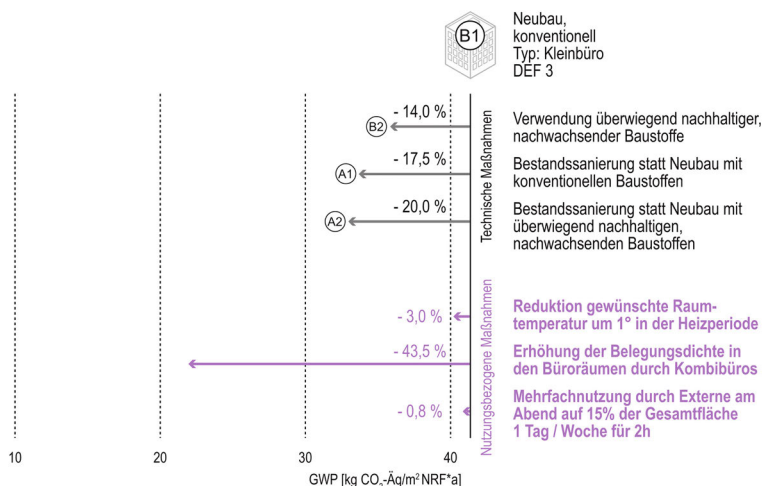
Abschließend wurden die isoliert untersuchten emissionsmindernden Maßnahmen im Vergleich betrachtet. Bauliche Maßnahmen wurden ebenso betrachtet wie nutzungsbezogene Maßnahmen.

Bezogen auf die Case Study lag das maximale Reduktionspotenzial durch technische und bauliche Maßnahmen bei rund 20 %. Als initiale Maßnahmen wurden die modellierten Baustoffe ersetzt durch überwiegend nachhaltige und nachwachsende Materialien. Alternativ wurde außerdem ein Szenario modelliert, bei dem die Primärkonstruktion des Bestands erhalten bleibt und Sanierungen mit konventionellen sowie, im Vergleich, mit überwiegend nachhaltigen und nachwachsenden Materialien durchgeführt wurden. (Ergänzung: Weiteres Reduktionspotenzial besteht in der Minderung der Betriebsenergie. Da TGA und Bauteile mit identischen energetischen und bauphysikalischen Eigenschaften angelegt wurden, ist dieses Potenzial hier nicht abgebildet.) Das Reduktionspotenzial zwischen einer konventionellen Bestandssanierung und einer nachhaltigen Bestandssanierung fällt geringer aus als das Reduktionspotenzial zwischen einem konventionellen Neubau und einem überwiegend nachhaltigen Neubau. Dies ist darin begründet, dass die Bestandssanierung grundsätzlich bereits ein geringeres GWP aufweist, da ein Großteil der Primärkonstruktion übernommen wird.

Das maximale Reduktionspotenzial durch nutzungsorientierte (Suffizienz-)Maßnahmen lag bei rund 48 %. Ein besonders großer Einfluss spielte hierbei eine freie Grundrissgestaltung. Hierdurch konnten statt Einzelbüros Kombibüros mit einer höheren Belegungsdichte umgesetzt werden. Die Praktikabilität und Angemessenheit der Grundrissgestaltung wurden zeichnerisch überprüft. Das Reduktionspotenzial im Bereich Belegungsdichte und Grundrissgestaltung lässt sich über die vermiedenen Emissionen zum Bau neuer Büros abbilden. Die Reduktion der gewünschten Raumtemperatur um 1 °C während der Heizperiode hatte einen deutlich geringeren, aber dennoch nennenswerten Effekt auf das Reduktionspotenzial, zumal die Raumtemperatur möglicherweise weiter abgesenkt werden könnte. Der Einfluss von mehrfachgenutzten Räumen außerhalb der typischen Bürozeiten mit den Annahmen, dass einmal pro Woche 15 % der Gesamtfläche für zwei Stunden durch Dritte genutzt wird, hatte einen vergleichsweise marginalen Einfluss auf das Reduktionspotenzial, insbesondere wenn man diese mit erhöhten Aufwänden durch zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen und Personal ins Ver-

hältnis setzt. (Ergänzung: Intensivere Mehrfachnutzungskonzepte können perspektivisch überprüft werden).

Abbildung 40: Reduktionspotenzial baulicher und nutzungsbezogener Maßnahmen im Rahmen der Case Study (BBSR, eigene Darstellung)



→ Nutzungsbezogene (Suffizienz-)Maßnahmen können ebenso wie baulich-technische Maßnahmen einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz im Bauwesen leisten. Nutzungsbezogene Maßnahmen oder Suffizienzmaßnahmen spielen jedoch aktuell im Bereich der Förderung und des Ordnungsrechtes eine untergeordnete Rolle und sollten künftig stärker priorisiert werden.

Vorschlag einer praktikablen Definition und Rechenkonvention für ein »klima- und ressourcenschonendes Gebäude«

Basierend auf den vorgestellten Untersuchungsergebnissen der Case Study wird im Folgenden ein Vorschlag einer praktikablen Definition und Rechenkonvention für »klima- und ressourcenschonende« Gebäude formuliert. Die vorgeschlagene Definition ist als Diskussionsbeitrag zur Klima- und Ressour-

censchonung im Handlungsfeld Gebäude zu verstehen; entsprechend schließt sie Klimaneutralität ein und reicht darüber hinaus.

- (1) Da Bauen und Umbauen in den meisten Fällen einen ökologischen Fußabdruck hinterlässt, kann der Begriff des treibhausgasneutralen Gebäudes nur im Sinne eines Berechnungsmodells für die längerfristige Kompensation von Klima- und Umweltschäden, die derzeit verursacht werden, bezeichnet werden.
- (2) Da eine absolute THG-Neutralität nicht realistisch ist, wird im Weiteren nur noch von einer Netto-THG-Neutralität gesprochen.
- (3) Ein Gebäude wird dann als netto-treibhausgasneutral betrachtet, wenn *alle* Module des Lebenszyklus gemäß DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12, DIN EN 15978:2012-10 die Anforderungen an eine THG-Neutralität erfüllen. Das heißt, dass eine Netto-THG-Neutralität in Betrieb und Nutzung (Module 6.1, 6.2, 6.3) sowie unter Berücksichtigung aller grauen Emissionen gemäß QNG (Module A1-3), Austausch (B4) und End of Life (Modul C3-4) rechnerisch nachgewiesen wurde, alle weiteren Module (B1-3, B5, B7 und B8) rechnerisch oder/und pauschal nachgewiesen wurden sowie Möglichkeiten bezüglich Wiederverwendung und Recycling (D1) informativ ausgewiesen werden. Am Gebäude und auf der Liegenschaft erzeugte Energie (erneuerbar) zur Deckung des Eigenbedarfs und zur Lieferung an Dritte wird in Modul D2 informativ ausgewiesen. Energie zur Deckung des Eigenbedarfs wird gemäß QNG mit Modul B6.1 verrechnet.⁹ Restliche THG-Emissionen sind durch das Beziehen von Strom aus erneuerbaren Energiequellen (Ökostrom gemäß UBA-Definition) zu minimieren. Die Auswahl zugelassener Kompensationsmaßnahmen ist noch zu definieren.
- (4) Aufgrund fehlender Daten (nicht mandatierte Module) ist diese Definition aktuell nur mit hohem Aufwand und großen Unsicherheiten umzusetzen, sodass eine Orientierung an der momentan umsetzbaren QNG-Definition hinsichtlich der lebenszyklusbezogenen Systemgrenze praktikabel erscheint. Datengrundlagen und vereinfachte Nachweisverfahren für die

⁹ Anreize für eine Überproduktion an erneuerbarer Energie am Gebäude und auf der Liegenschaft könnten durch Quartiersbilanzierung entstehen: Durch einen Quartiersansatz könnte somit am Gebäude oder auf der Liegenschaft produzierte Energie (erneuerbar), welche an Dritte innerhalb des Quartiers geliefert wird, mit B6.1 verrechnet werden und wäre somit innerhalb der Systemgrenze.

untenstehenden Module sind zu entwickeln. Als erster Ansatz wird vorgeschlagen, folgende Datengrundlagen in naher Zukunft bereitzustellen:

- Modul A4: bereits über eLCA angelegt und könnte über die kategorischen Faktoren »Entfernung« und »Bauzeit« mit pauschalen Kennwerten beziffert werden;
- Modul A5: durchschnittliche Kennwerte pro m² NRF je Nutzungs- und Gebäudetypologie sowie Gebäudeklasse können aus abgerechneten Projekten generiert werden;
- Modul B1: rechnerischer Nachweis der Emissionen aus Betriebsmitteln, beispielsweise Schmierstoffe, Hydraulikflüssigkeiten und Kältemittel (F-Gase);
- Modul B2: durchschnittliche Kennwerte pro m² NRF;
- Modul B3: prozentualer Abschlag für ausgewählte Bauweisen und Bauteile bezogen auf die Herstellung (A1-3);
- Modul B5: prozentualer Abschlag für ausgewählte Bauweisen und Bauteile bezogen auf die Herstellung (A1-3);
- Modul B6.1: Verwendung zeitlich-dynamischer Datensätze (beispielsweise für Fernwärme, Strom-Mix etc.) mindestens alle fünf Jahre, wenn möglich in kürzeren Abständen;
- Modul B6.2: rechnerischer Nachweis gemäß QNG;
- Modul B6.3: rechnerischer Nachweis gemäß QNG;
- Modul B7: Frischwasserverbrauch in Liter pro Nutzer, Abwasseraufkommen inkl. abgeführtem Regenwasser, gegebenenfalls zusätzlich Umrechnung anfallendes GWP für externe Abwasseraufbereitung als informativer Zusatz; der produktbezogene Frischwasserverbrauch ist in den Modulen A1-3 auszuweisen, der baustellenbezogene Frischwasserverbrauch ist in Modul A5 auszuweisen;
- Modul B8: sollte zum aktuellen Zeitpunkt nicht betrachtet werden; Anreize zur E-Mobilität sollten gegeben werden, sind jedoch nicht primär im Handlungsfeld Gebäude angesiedelt;
- Modul C1: durchschnittliche Kennwerte pro m² NRF je Nutzungs- und Gebäudetypologie sowie Gebäudeklasse können aus abgerechneten Projekten generiert werden;
- Modul C2: über Baumasse m₃, Materialkategorie und Entfernungskategorien mit durchschnittlichen Kennwerten beziffern;

- Modul D1: als informativer Zusatz¹⁰, politische Anreize und Steuerungsinstrumente sind zu entwickeln¹¹; Mechanismen zur Absicherung der Umsetzung am Ende des Lebenszyklus müssen verbindlich geschaffen werden;
 - Modul D2: als informativer Zusatz, politische Anreize und Steuerungsinstrumente sind zu entwickeln;¹² Quartiersansätze sind zu fördern.
- (5) Die Beschreibung des Gebäudes orientiert sich an den Kostengruppen der DIN 276. KG 200 (Herrichten und Erschließung) ist aktuell nicht einbezogen und bewertet. Entsprechende Datensätze für die KG 200 sollten künftig ergänzt werden.¹³ KG 300 (Baukonstruktion) und KG 400 (Technische Anlagen) sollten vollständig abgebildet werden. Kleinkomponenten KG 400 sollten pauschal über einen Sockelbetrag abgebildet werden. KG 500 (Außenanlagen) sollten wie aktuell im QNG sinngemäß abgebildet werden, sofern sie der Gebäudeversorgung dienen. Mindestens ist ein Ansatz mit durchschnittlichen Kennwerten, besser Datensätze für Materialien und Prozesse im Außenraum zu erstellen.
- (6) Die Weiter- und Wiederverwendung vorhandener Ressourcen auf der Liegenschaft und vorhandener Bausubstanz zur Förderung des Kreislaufge-

-
- 10 Modul D1 befindet sich gemäß QNG und Norm weiterhin außerhalb der Systemgrenze, da der selektive Rückbau und die Weiter- oder Wiederverwendung von einzelnen Baustoffen am Ende des Lebenszyklus aktuell und außerhalb einer Absichtserklärung noch nicht sichergestellt werden können bei Errichtung des Gebäudes. Anrechnung und Verortung aufgrund chemischer Reaktionen von Baustoffen bei Produktherstellung und während des Lebenszyklus sind zu diskutieren und gegebenenfalls informativ auszuweisen.
- 11 Beispielsweise durch Verankerung des in Modul D1 ausgewiesenen Potenzials im Rahmen von Förderprogrammen zum selektiven Rückbau.
- 12 Beispielsweise durch Quartiersansätze oder durch Verbindung des in Modul D2 ausgewiesenen Potenzials zum Export von Energie (erneuerbar) an Dritte im Rahmen des Emissionshandels.
- 13 Die Wiederverwendung des Baugrubenaushubs sollte in die Bilanz einfließen beziehungsweise somit gefördert werden. Beispielsweise fällt Lehm unter anderem beim Baugrubenaushub in Neubaugebieten oder bei Kanal- oder Straßenbauarbeiten an. Wiederverwendete Materialien im Rahmen der zu bebauenden Liegenschaft oder benachbart sollten, wenn möglich und unbedenklich, im Rahmen einer Bilanz bewertet werden, um Wiederverwendung zu fördern und neue Ressourceninanspruchnahme zu vermeiden.

rechten Bauens wird als neutrale Position innerhalb von Modul A aufgegriffen.¹⁴

- (7) Der Nachweis einer Treibhausneutralität gemäß BBSR-Definition sollte nicht nur für ein einzelnes Bauwerk, sondern für alle Gebäude und die gesamte Liegenschaft gelten, um unterschiedliche Gebäudeperformances ausgleichen zu können. Auch bei unterschiedlichen Eigentumsstrukturen und gemischt genutzten Quartieren sollte der Nachweis der »Klimaneutralität« auf Quartiersebene ausgeweitet werden können. Hier könnten Ansätze für eine neue Fördersystematik liegen.
- (8) Von der alleinigen Verwendung der NRF als Bezugsgröße wird abgeraten. Es sind Typologie bezogene Benchmarks inklusive einer Abbildung pro Kopf beziehungsweise pro Nutzungsstunde zu entwickeln, um positive Effekte einer Nutzungsüberlagerung und dergleichen abbilden zu können.
- (9) Für das Lebenszyklusmodell bleibt zunächst die Konvention des Betrachtungszeitraums der ersten 50 Jahren erhalten.¹⁵
- (10) Abschneidekriterien könnten ersetzt werden durch Vorgaben der verpflichtend zu erfassenden Bauteile und zur Detailtiefe. Ein prozentualer Aufschlag für nicht zu erfassende Bauteile sollte aufgrund von bauweisetypischen Kennwerten erfolgen, um das Verfahren zu vereinfachen.
- (11) Eine alleinige Reduktion auf das Nachweisen von THG-Emissionen greift zu kurz und vernachlässigt das Betrachten weiterer globaler Umweltwirkungen, die Effekte wie beispielsweise Smog und »sauren Regen« verursachen. THG adressiert demnach ausschließlich die planetare Grenze »Klimawandel«. Neben den bereits normativ geforderten Kernindikatoren und zusätzlichen Umweltwirkindikatoren der DIN EN 15804:2022-03, wird empfohlen, Ressourcen-bezogene Indikatoren zu folgenden Wirkungsbereichen nach- oder und auszuweisen: Ressourceneinsatz (Energie), Ressourceneinsatz (Frischwasser/Süßwasser) und Ressourceneinsatz (Rohstoffe) mit globaler Dimension. Um Transparenz und einen einheitlichen Informationsfluss gemäß DIN EN 15643:2021-12 sicherzustellen, müssen die auf der Produktebene verwendeten Indikatoren auch für die Bewertung auf der Ebene des Bauwerks gelten. Außerdem sind Indikatoren für weitere bekannte Wechselwirkungen, wie zum Beispiel

14 Die Module C und D sind weiterhin zu modellieren.

15 Hierbei handelt es sich um eine politische Konvention, welche erneut diskutiert werden könnte.

radioaktiver Abfall (RWD) oder biogener Kohlenstoffgehalt (Biog. C) sowie Indikatoren für lokale Umwelt- und Klimawirkpotenziale insbesondere für die Bereiche Boden, Flächeninanspruchnahme und Biodiversität zu definieren.

Damit ergäbe sich für den Teilaspekt der Netto-THG-Neutralität folgende normkonforme grafische Zuordnung:

Abbildung 41: Vergleich der in die ökobilanzielle Betrachtung eingeschlossenen Module im Lebenszyklus eines Gebäudes bei unterschiedlichen Rechen- und Bilanzierungsregeln sowie Ergänzung um einen Vorschlag für eine möglichst umfassende und praktikable Definition von Netto-THG-Neutralität im Handlungsfeld Gebäude (BSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12; DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020: 1)

LEBENSZYKLUS VON BAUWERKEN														INFORMATIONEN außerhalb des Lebenszyklus									
A0	A1–A3			A4–A5		B1–B8						C1–C4		D									
Planung	Herstellung			Errichtung		Nutzung und Betrieb						Entsorgung		Vorteile u. Entlastungen außerhalb der Systemgrenze (Zusatzangabe)									
A0	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6		B7	B8	C1	C2	C3	C4	D1	D2			
Nicht-physische Prozesse vor der Errichtung, Vorunters., Prüfungen, Erwerb von Bauland, Planung	Materialversorgung	Transport	Herstellung	Transport	Errichtung und Bauteile	Nutzung, inst. Produkte	Instandhaltung	Instandsetzung	Austausch	Modernisierung	Energie-Betrieb, geregelt	Energie-Betrieb, nicht gereg.	B6.3	Nutzerstrom	Wassereinsatz im Betrieb	Nutzeraktivitäten	Rückbau	Transport	Abfallaufber. f. Wiederverw. Recycling u. Energierückgew.	Entsorgung	Nettolüsse aus Wiederverwend., Recycling, Energieerückgewinnung u. anderen Verwendungsverfahren	Abgeführte Versorgungsmaßnahmen (z. B. elektrische Energie, thermische Energie, Trinkwasser)	
gem. DIN 15804, DIN EN 15643, DIN EN 15978																							
DEF 1 THG-n im Betrieb	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
DEF 2 THG-n in Betrieb & Nutzung*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	k	k	x	x	x	x	x	x	x	x		
DEF 3 THG-n im LZ limitiert	x	x	x	x	x	v	x	x	x	x	x	k	k	x	x	x	x	x	x	(x)	(x)		
DEF 4 THG-n im LZ gesamt	x	x	x	x	(a)	(a)	(a)	(a)	x	(a)	x	k	k	(a)	(a)	(a)	(a)	x	x	(x)	(x)		
THG-n praktikabel	x	x	x	x/k	k	x	k	k	x	k	x	x	k	x	x	k	x	x	x	(x)	(x)		
A1	gebäudebedingt, nicht geregelt																						
B6	betriebsbedingt																						
B6.1	betriebsbedingt, geregelt in GEG																						
B6.2	betriebs- und nutzungsbedingt, geregelt in QNG/BEG																						
											x	absolut berechnet											
											(x)	zusätzlich ausgewiesen											
											k	durchschnittl. Kennwert											
											v	Verbot klimaschädlicher Kühlmittel											
											(a)	Annahme aufgrund fehlender Daten											
											*	Sockelbetrag TGA											

(12) »Klima- und ressourcenschonendes Bauen« muss sich mindestens am Lebenszyklus von Gebäuden, an den planetaren Grenzen und einem entsprechenden Indikatoren-Set orientieren. Zum besseren Einordnen von klima- und ressourcenschonendem Bauen könnte auf Grundlage der DIN EN 15643:2021-12 und der ISO 14068-1:2023 eine Anpassung durch Kopplung der Lebenszyklusbetrachtung mit Umwelt- und Klimawirkpotenzialen einschließlich ihrer Zuordnung zu planetaren Grenzen diskutiert werden.

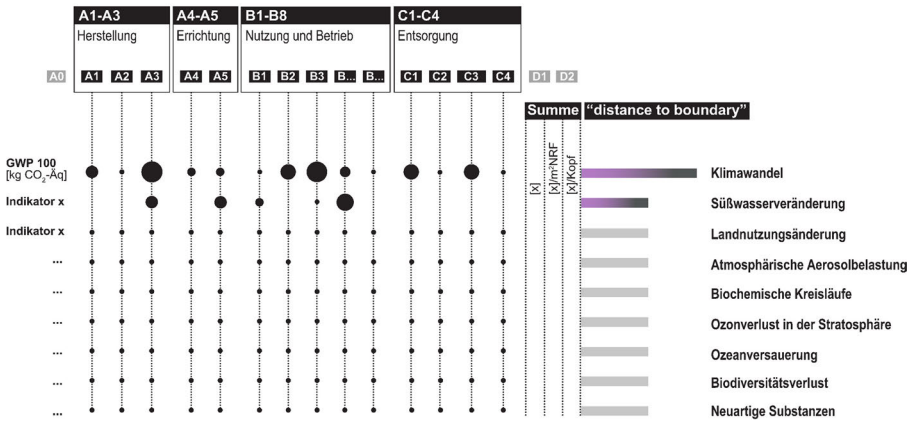
Eine überarbeitete Systematik könnte wie folgt aussehen:

Abbildung 42: Skizze zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Klimawirkpotenzialen (anhand eines ausgewählten Indikatoren-Sets), deren Anfall und Größenordnung innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes (Module A–D sowie in Summe) und deren Zuordnung zu den planetaren Grenzen (Bezug zu nationalen Budgets) (BBSR, eigene Darstellung)



Eine detaillierte inhaltliche Befüllung der Zuordnung könnte wie folgt aussehen:

Abbildung 43: Exemplarisch befüllter Vorschlag zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Klimawirkpotenzialen (anhand GWP 100 und FW), deren Anfall und Größenordnung innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes (Module A–D sowie in Summe) sowie deren Zuordnung zu den planetaren Grenzen (Bezug zu nationalen Budgets) (BBSR, eigene Darstellung)



07 Handlungsempfehlungen

Aus den vorherigen Kapiteln lassen sich folgende Handlungsempfehlungen ableiten, die alle Akteure des Bauwesens und die politischen Entscheidungsträger adressieren. Ziel ist es, das klima- und ressourcenschonende Bauen mit konkreten Inhalten weiter auszufüllen, um wissenschaftliche Ergebnisse in die Praxis zu tragen und das Transformationspotenzial des Handlungsfelds Gebäude zu schöpfen:

01 Aktivitäten im Bauwesen müssen an den planetaren Grenzen ausgerichtet sein.

Sechs der neun betrachteten planetaren Grenzen – Klimawandel, Biodiversität, Veränderung der Landnutzung, biogeochemische Kreisläufe, neuartige Substanzen und Frischwasser – werden bereits jetzt als kritisch, das heißt mit gravierenden Risiken für globale Umweltveränderungen, herausgestellt. Um Problemverschiebungen zugunsten der planetaren Grenze »Klimawandel« zu vermeiden, sind alle relevanten Klima- und Umweltwirkpotenzialen zu betrachten. Dafür bedarf es der Kopplung nationaler oder europäischer Monitoring-Konzepte an die Kriterien der planetaren Grenzen sowie die Auswahl eines relevanten Indikatoren-Sets zur Implementierung in die Planungspraxis. In diesem Sinne wird angeregt, die aktuelle Debatte zur »Klimaneutralität« als ganzheitlichen Austausch über klima- und ressourcenschonendes Bauen zu führen.

02 Nationale verfügbare Emissions- und Ressourcenbudgets müssen Leitplanken für politische Strategien und Entscheidungen sein.

Die klimaschutzpolitischen Grundsätze und Ziele der Bundesregierung sind im »Klimaschutzplan 2050« formuliert. Die nationalen Klimaschutzziele beziehen sich aber nicht auf ein konkretes CO₂-Budget, sondern setzen bestimmte Zieljahre für das Erreichen von Klimaneutralität. Mit den Zielen des Klimaschutzgesetzes (KSG) sind die Vereinbarungen des Pariser Abkommens, die Erderwärmung auf deutlich unter 2°C zu begrenzen, nicht zu erreichen. Für einen wirksamen Ressourcen- und Klimaschutz sind verbindliche nationale Budgets für sämtliche relevanten Kriterien der planetaren Grenzen nach dem Verursacherprinzip zu definieren.

03 Statt »Klimaneutralität« muss eine einheitliche Definition und Berechnungsgrundlage von klima- und ressourcenschonendem Bauen Konsens werden.

Da das vollständige Vermeiden aller klimaverändernden Aspekte nicht realistisch ist, ist eine Brutto-Null-Neutralität praktisch nicht möglich. So bleibt das Herstellen einer Netto-Null-Neutralität immer an Verrechnungsmodelle beziehungsweise Kompensationsmaßnahmen gekoppelt. Nur durch eine verbindlich anzuwendende Definition mit entsprechenden Rechenregeln auf Basis gesicherter Datengrundlagen und mithilfe geeigneter Nachweisinstrumente kann das Ziel des klima- und ressourcenschonenden Bauens ernsthaft verfolgt sowie die Zielerreichung abgebildet werden. Der Bund muss hier seiner Vorbildrolle gerecht werden und eine verbindliche Definition des klima- und ressourcenschonenden Bauens bereitstellen. Das schließt sowohl eine Definition des Teilbereichs der THG-Neutralität, aber auch alle weiteren relevanten klima- und umweltverändernden Aspekte mit ein. Gerade aufgrund der Komplexität und des hohen Interpretationsspielraums von Systemgrenzen ist es notwendig, dass Rechenregeln und Nachweisverfahren kohärent zu EU-Vorgaben zur ökobilanziellen Betrachtung von Gebäuden und Baustoffen formuliert werden.

04 Der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes muss bewertet werden, wenn Klima- und Ressourcenschonung im Handlungsfeld Gebäude nachgewiesen werden soll.

Eine isolierte Betrachtung der Betriebsenergie eines Gebäudes nach dem Quellprinzip, wie es das KSG vorsieht, greift zu kurz und blendet eine Vielzahl der anfallenden Emissionen im Handlungsfeld Gebäude aus. Es sollte deshalb eine lebenszyklusorientierte Bewertung nach dem Verursacherprinzip angestrebt werden, um sektorenübergreifende Potenziale heben zu können und Problemverschiebungen in andere Sektoren zu vermeiden. Um den sektorübergreifenden Handlungsspielraum des Bauressorts ausschöpfen zu können, muss der Ansatz der Lebenszyklusbetrachtung auch im Ordnungsrecht verbindlich gefordert werden. Die Dokumentation von Einsparungen aus ökobilanziellen Variantenuntersuchungen kann die Grundlage für einen intersektoralen Austausch bezüglich der Reduktionsansätze bilden, beispielsweise bei Baustoffen oder Energiekonzepten.

05 Daten zu Klima und Ressourcenwirkpotenzialen müssen eindeutig erfasst, transparent dargestellt und evaluiert werden.

Um eine effektive Steuerungsfunktion im Baubereich durchzusetzen, bedarf es eines dynamischen Monitorings der relevanten Stoffströme. Grundlage dafür könnte ein bundesweites Gebäudebestands- und Neubaumodell in Verbindung mit einer umweltökonomischen Gesamtrechnung mit spezifischen Bauwesenindikatoren sein. Dieses Modell sollte unter anderem auch mit der Entwicklung eines Gebäude- beziehungsweise Ressourcenpasses verknüpft sein. Folgerichtig müssten dann Benchmarks und Zielgrößen in Förder- und Ordnungsrecht dynamisch an die noch verbleibenden Ressourcen- und Emissionsbudgets angepasst werden. Um Entwicklungen in allen vom Handlungsfeld Gebäude betroffenen Sektoren einfließen zu lassen, müsste demnach auch die umwelt- und klimabezogene Bewertung von Baustoffen und Betriebsenergie Datensätzen dynamisch angepasst werden. Da sich die THG-Neutralität am verbleibenden CO₂-Restbudget orientieren und somit dynamisch anpassen muss, ist sie nicht als Zustand, sondern vielmehr als Prozess zu verstehen. Dennoch liegen die Vorteile klar in der Rückkopplung von Ziel- und Verbrauchswerten im Handlungsfeld Gebäude bezogen auf national verfügbare,

sich stetig verändernde Emissions- und Ressourcenbudgets. Die nötige Erfassungslogik und -infrastruktur ist hierfür zu schaffen.

06 Klima- und Ressourcenschonung muss von der Gebäude- auf die Betrachtungsebene des Quartiers erweitert werden.

Zur Nutzung von Synergien zwischen Gebäuden mit unterschiedlicher Nutzung, Baualterklasse und Lage beziehungsweise Ausrichtung sollten die Bilanzgrenzen zum Nachweis eines ressourcen- und klimaschonenden Bauens auf die Quartiersebene beziehungsweise auf komplette Liegenschaften ausgeweitet werden. Hier muss das Ausweiten eines Nachweises von Ressourcenschonung und THG-Neutralität im Lebenszyklus im Rahmen von Quartieren beziehungsweise Liegenschaften oder »Gebäude-Partnerschaften« weiter untersucht und mit konkreten Rechenregeln untersetzt werden. Die ökobilanzielle Methodik für Gebäude, die sich aus der von Baustoffen ableitet, ist nicht ohne Weiteres auf Liegenschaften zu übertragen. Sie sollte über die reine baustoffliche und energetische globale Betrachtung der Einzelgebäude hinausgehen und auch lokale liegenschaftsbezogene Aspekte abdecken. Passende Indikatoren können beispielsweise sein: Flächenneuanspruchnahme, Versiegelungs- beziehungsweise Entsiegelungsfaktor, Regenwasserverdunstung, Versickerungsfähigkeit und Speicherungspotenzial, Biotopflächenfaktor.

07 Das Potenzial von Suffizienzmaßnahmen muss in der Planungspraxis anerkannt und umgesetzt werden.

Klima- und ressourcenschonendes Bauen im Sinne eines ganzheitlichen vorsorgenden Ansatzes beginnt bei der erweiterten Ressourcen- und Umweltschonung innerhalb der planetaren Grenzen und nicht erst bei einer effizienteren Gebäudeplanung und günstigeren Baustoffauswahl. Als Strategie wird folgerichtig ein hierarchisches, suffizienzorientiertes Handeln gefordert: Vermeiden, Reduzieren, Ersetzen und Reparieren.

Ein möglicher Ansatz, um Suffizienzziele innerhalb ökobilanzieller Bezugsgrößen zu verankern und gleichzeitig einen möglichst sozial-gerechten Transformationspfad zu gehen, wäre eine Umrechnung auf »pro Kopf« oder »pro Nutzungsstunden«. Parallel zur flächenbezogenen Kenngröße würde eine nutzungsbezogene Kenngröße eine Optimierung der Bedarfsplanung

unterstützen und im Rahmen des Förderrechts ein maßgeblicher Aspekt zur Stärkung des »Vermeidens« beziehungsweise suffizienten Handelns werden.

08 Wie viel ist genug? Beschleunigte Umsetzung der geplanten Netto-Null-Versiegelung und einer reduzierten Neubautätigkeit.

Im Kontext der notwendigen Umsetzung von Suffizienzmaßnahmen müssen die Potenziale der bereits vorhandenen gebauten Umwelt verstärkt genutzt werden. Umbauten, Erweiterungen und Sanierungen sollten Priorität vor Neubauten haben, um weitere Flächenneuanspruchnahmen zu unterbinden, die in Primärkonstruktionen gebundenen grauen Energien und Emissionen zu nutzen sowie entstehende Bauabfälle und unnötige Ressourcenströme zu reduzieren.

Die Ressourcen- und Klimaschutzziele im Handlungsfeld Gebäude können nur erreicht werden, wenn sich ein respektvoller und sensibler Umgang mit dem Bestand durchsetzt und auf einen Zubau weiterer Flächen verzichtet wird. So erscheint die kritische Situation auf dem Wohnungsmarkt weniger ein Problem fehlender Flächen, sondern eher ein Problem unzureichender Förderregimes und einer fehlenden Verteilungsgerechtigkeit.

09 Baukultur, Klima- und Ressourcenschonung müssen zusammen gedacht werden.

Alle zuvor genannten Aspekte verfolgen das Ziel des ressourcen- und klimaschonenden Bauens. Doch sollten bilanzielle Betrachtungen, Rechenwerte und Benchmarks als Hilfen beziehungsweise Instrumente verstanden werden, um nicht Gefahr zu laufen, durch technik- und effizienzorientierte Prozesse andere wichtige Planungsziele, wie Stadtpolitik oder Baukultur, aus den Augen zu verlieren. Alle Überlegungen sind stets in ganzheitliche Nachhaltigkeitskonzepte einzubinden. Der Wunsch, negative Klima- und Umweltwirkungen von Bauwerken zu reduzieren, kann nicht zu einem Wegfall jeglicher Bautätigkeit oder der Einschränkung gestalterischer Spielräume führen. Vielmehr ist es Aufgabe unserer Zeit, architektonische Qualität und Ideenreichtum auf weitere Dimensionen zu erweitern. Dichte, nutzungsüberlagerte, aktive Quartiere, die sparsam verbleibende Ressourcen einsetzen beziehungsweise deren Re-Aktivierung befördern, sollten die Essenz von Baukultur sein.

10 Beteiligungsprozesse als Schlüssel für einen sozial-ökologischen Transformationsprozess im Baubereich.

Die Umsetzung ambitionierter Ziele des es im Gebäudebestand benötigt das theoretische und angewandte Wissen und die breite Basis unterstützender Personen. Die Bewusstseinsbildung für klima- und ressourcenschonendes Bauen ist nicht nur als integraler Bestandteil bauspezifischer Berufsbilder in Lehre und Ausbildung, sondern auch als eine Beteiligung und Sensibilisierung der Gebäudenutzenden zu sehen. Um theoretisches Wissen in die Praxis zu überführen, bedarf es eines intensiven Austauschs zwischen Wissenschaft und Planenden sowie zwischen Planenden und Nutzenden. In diesem Kontext erzeugtes Wissen wird in den Sozialwissenschaften auch als »kontextualisiertes Wissen« bezeichnet, das durch den prozesshaften Charakter seines Entstehens zu einer »sozialen Robustheit« führt. Grundlage ist die Einsicht, dass sich ein sozial-ökologischer Transformationsprozess im Baubereich nicht »top down« verordnen lässt, sondern die beteiligten Akteure im Sinne eines Bottom-up-Ansatzes einbezogen und Beteiligungsformen in den unterschiedlichsten gesellschaftlichen Bereichen praktiziert werden müssen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Handlungsfelder des »Fit for 55«-Pakets (BBSR, eigene Darstellung nach Europäischer Rat 2021)	38
Abbildung 2:	THG-Emissionen im Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung nach Ramseier/Frischknecht 2020.)	45
Abbildung 3:	Entwicklung der THG-Emissionen in Deutschland (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2024a)	49
Abbildung 4:	Module des Lebenszyklus eines Gebäudes (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03 sowie LIST-Gruppe)	51
Abbildung 5:	Festlegungen und Zielwerte zu aktuellen Gebäudestandards (BBSR, eigene Darstellung)	54
Abbildung 6:	Nettowärmeerzeugung nach Energieträgern der Fernwärme-/kälteversorger in Deutschland in 2023 (BBSR, eigene Darstellung nach destatis/bdew 2024; Stand 04/2024)	57
Abbildung 7:	Disaggregieren des globalen Emissionsbudgets bis zum Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung)	59
Abbildung 8:	Schematische Darstellung der Ambitions- und Umsetzungslücke in der Klimapolitik (BBSR, eigene Darstellung nach SRU 2020)	60
Abbildung 9:	THG-Emissionen im Gebäudesektor entsprechend Projektionsbericht 2023 (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2023e). Die Auswirkungen der Nachfrage an Bauprodukten, das heißt, indirekte Emissionen, die im Handlungsfeld Gebäude beeinflusst werden können, fallen derzeit in die Sektoren Industrie, Energie usw. und können nicht transparent in ihrem Trendverlauf abgebildet werden ...	61
Abbildung 10:	Schematische Darstellung der planetaren Belastbarkeitsgrenzen (BBSR, eigene Darstellung nach Wang-Erlandsson/Tobian/van der Ent, et al. 2022).	65
Abbildung 11:	Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2024b)	80

Abbildung 12:	Wohnfläche pro Kopf auf Basis der Bevölkerungsfortschreibung des Zensus 2011 (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022d, destatis 2022)	81
Abbildung 13:	Inländische Entnahme von Rohstoffen; langfristig sind ein Rückgang der nicht nachwachsenden Rohstoffe und eine Zunahme der nachwachsenden Rohstoffe zu erkennen (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022e: 6)	90
Abbildung 14:	Treibhausgas-Fußabdruck der Herstellung, Errichtung und der Modernisierung von Wohn- und Nicht-wohngebäuden nach direkten Zulieferern, inkl. der THG-Emissionen ihrer Lieferketten (BBSR, eigene Darstellung nach Ramseier/Frischknecht 2020)	91
Abbildung 15:	Netto-Abfallaufkommen in Deutschland nach Abfallarten sowie Abfallarten nach Anteilen thermischer und stofflicher Abfallverwertung und -beseitigung (2019) (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022e: 40)	94
Abbildung 16:	Kostenvergleich unterschiedlicher (Um-)Bauvarianten; (BBSR, eigene Darstellung nach Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023: 7)	95
Abbildung 17:	Entscheidungskaskade Suffizienz (BBSR; eigene Darstellung in Anlehnung an die erweiterte Suffizienz-EntscheidungsPyramide von Zimmermann et al. 2023)	96
Abbildung 18:	Globaler Vergleich des Primärenergieverbrauchs pro Kopf in kWh/Person für 2022 (BBSR, eigene Darstellung nach Our World in Data 2023)	100
Abbildung 19:	THG-Emissionen in Deutschland nach Sektoren 2022 (BBSR, eigene Darstellung auf Basis von UBA 2024a und Agentur für Erneuerbare Energien 2023)	101
Abbildung 20:	Siedlungsflächenreserven in den Flächennutzungsplänen und im Regionalen Flächennutzungsplan – Siedlungsflächenmonitoring des RVR (BBSR, eigene Darstellung nach RVR 2021)	107
Abbildung 21:	Wasserverbrauch Hamburg (Liter/Person/Tag) (BBSR, eigene Darstellung nach Zukunftsrat Hamburg 2022)	108
Abbildung 22:	Unterscheidung von Neutralitätszielen (BBSR, eigene Darstellung) ...	118
Abbildung 23:	Ansatz der THG-Neutralität nach ISO 14068-1:2023 (Annex A, Figure A.1, S. 23) (BBSR, eigene Darstellung und Übersetzung)	119
Abbildung 24:	Module des Lebenszyklus eines Gebäudes (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12; DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020: 1)	122

Abbildung 25:	Vergleich der in die ökobilanzielle Betrachtung eingeschlossenen Module im Lebenszyklus eines Gebäudes bei unterschiedlichen Rechen- und Bilanzierungsregeln (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12, DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020)	135
Abbildung 26:	Methodisches Vorgehen und Arbeitsschritte der Case-Study (BBSR, eigene Darstellung)	140
Abbildung 27:	Schematische Darstellung der Untersuchungsszenarien (BBSR, eigene Darstellung)	143
Abbildung 28:	Konstruktionsaufbau Fassade in der Ausgangssituation Bestand und den Varianten des Umbaus beziehungsweise Ersatzneubaus (BBSR, eigene Darstellung)	144
Abbildung 29:	Vergleichende Darstellung des Einflusses alternierender Bauweisen entsprechend der vier untersuchten Neubau- und Bestandssanierungsszenarien auf das Treibhauspotenzial bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (BBSR, eigene Darstellung)	145
Abbildung 30:	Vergleichende Darstellung der vier beschriebenen Definitionen von Netto-THG-Neutralität bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (BBSR, eigene Darstellung)	147
Abbildung 31:	Prozentuale Top-down-Verteilung nationaler THG-Emissionen im Handlungsfeld Gebäude nach (Ramseier/Frischknecht 2020) sowie Bottom-up-Verteilung der ermittelten Treibhausgase auf Basis eigener Berechnungen und Annahmen für das Szenario B 2, DEF 4 mit sektoraler Zuordnung, wobei Anteile am Verkehrssektor, insb. in den Modulen A1-3 und B8, nicht ausgewiesen wurden (BBSR, eigene Darstellung)	147
Abbildung 32:	Auswertungen des Baustoffvergleichs (Referenz XPS = 100 %-Ansatz je Indikator, das heißt keine absoluten Werte, sondern prozentuale Abweichungen, in jeder Wirkungskategorie dargestellt) über die Betrachtung der THG-Emissionen hinaus und in Bezug auf ein erweitertes Indikatoren-Set (BBSR, eigene Darstellung)	151
Abbildung 33:	Anregung für eine Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Gebäuden anhand der planetaren Grenzen (BBSR, eigene Darstellung nach Sala/Crenna/Secchi, et al. 2021)	152
Abbildung 34:	Exemplarische Darstellung der drei Grundrissvarianten »Kleinbüro« (oben), »Kombibüro« (Mitte) und »Großraumbüro (unten) (BBSR, eigene Darstellung)	155

Abbildung 35:	Vergleich unterschiedlicher Belegungsdichten hinsichtlich NRF/Kopf*a und GWP/Kopf*a im Durchschnitt (BBSR, eigene Darstellung)	157
Abbildung 36:	Einfluss der Reduzierung der Innenraumtemperatur um 1 °C in den Büroetagen während der Heizperiode auf das Treibhauspotenzial gesamt und in Bezug auf Modul B6.1 (BBSR, eigene Darstellung)	158
Abbildung 37:	Vergleich der Betrachtungszeiträume für die Primärkonstruktion, Bauteile und TGA (BBSR, eigene Darstellung)	159
Abbildung 38:	Aufteilung des absoluten Treibhauspotenzials als Jahresscheiben dargestellt für eine exemplarische konventionelle Bauweise (B1) und eine ökologische Bauweise (B2) (BBSR, eigene Darstellung)	160
Abbildung 39:	Darstellung möglicher Umweltfolgekosten im Verhältnis zu überschlägig ermittelten Investitionskosten am Beispiel der Case Study bei einer Gleichgewichtung heutiger und zukünftiger Generationen (BBSR, eigene Darstellung)	163
Abbildung 40:	Reduktionspotenzial baulicher und nutzungsbezogener Maßnahmen im Rahmen der Case Study (BBSR, eigene Darstellung)	165
Abbildung 41:	Vergleich der in die ökobilanzielle Betrachtung eingeschlossenen Module im Lebenszyklus eines Gebäudes bei unterschiedlichen Rechen- und Bilanzierungsregeln sowie Ergänzung um einen Vorschlag für eine möglichst umfassende und praktikable Definition von Netto-THG-Neutralität im Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12; DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020: 1)	170
Abbildung 42:	Skizze zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Klimawirkpotenzialen (anhand eines ausgewählten Indikatoren-Sets), deren Anfall und Größenordnung innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes (Module A–D sowie in Summe) und deren Zuordnung zu den planetaren Grenzen (Bezug zu nationalen Budgets) (BBSR, eigene Darstellung)	171
Abbildung 43:	Exemplarisch befüllter Vorschlag zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Klimawirkpotenzialen (anhand GWP 100 und FW), deren Anfall und Größenordnung innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes (Module A–D sowie in Summe) sowie deren Zuordnung zu den planetaren Grenzen (Bezug zu nationalen Budgets) (BBSR, eigene Darstellung)	172

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Berücksichtige Emissionsbestandteile der jeweiligen Bilanzierungsmethodik (*aufgrund fehlender Datenbasis in Studie(-n) nicht enthalten; **teilweise in Studien berücksichtigt).....	46
Tabelle 2:	<i>Konsumkorridor des Flächenkonsums im Wohnbereich</i> (BBSR, eigene Darstellung nach <i>Fuchs/Sahakian/Gumbert, et al. 2021: 84</i>)	82
Tabelle 3:	»Die vier E's« im Handlungsfeld Bauen und Wohnen der Kommunen (BBSR, eigene Darstellung nach <i>Schüle/Bierwirth 2019</i>)	111
Tabelle 4:	Systemgrenze des Gebäudemodells (BBSR, eigene Darstellung nach <i>Lützkendorf 2021</i> und ebd.).....	125
Tabelle 5:	Systemgrenze des Lebenszyklusmodells (BBSR, eigene Darstellung nach <i>Lützkendorf 2021</i> und <i>BMWSB 2024</i>)	126
Tabelle 6:	Differenzierung aktueller Definitionen und Abstufungen von THG-Neutralität im Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung nach <i>Lützkendorf 2021</i>).....	134
Tabelle 7:	Verwendete Datensätzen im Rahmen des Baustoffvergleichs (BBSR, eigene Darstellung)	150
Tabelle 8:	Verwendete Datensätzen im Rahmen des Baustoffvergleichs und in Bezug auf den Indikator RWD (BBSR, eigene Darstellung)	153
Tabelle 9:	Vergleich Frischwasserverbrauch (Indikator FW) zur Baustoffherstellung und aus Gebäudebenutzung (BBSR, eigene Darstellung).....	154

Literaturverzeichnis

- AG Energiebilanzen e. V. (2023): Struktur des Energieverbrauchs, <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/zeitreihen-bis-1989/> vom 12.09.2023.
- Agentur für Erneuerbare Energien (2023): THG-Emissionen in Deutschland nach Sektoren 2022, https://www.unendlich-viel-energie.de/media/image/76501.AEE_THG-Emissionen_Sektoren_2022_mrz23.jpg vom 12.12.2024.
- Aicher, Florian (2021): »Ein Haus funktioniert nicht wie ein Smartphone. Ein Gespräch mit dem Münchner Architekten Florian Nagler über Einfaches Bauen im Dezember 2020.«, in: Bauwelt, S. 24–25.
- Amtsblatt der Europäischen Union (2016): Übereinkommen von Paris.
- Baden-Württemberg.de (2018): RAUMTEILER sucht Wohnraum für Menschen in schwierigen Lebenssituationen.
- Barber, Daniel A. (2024): »Enough? Architecture and the Sufficiency Imperative.«, in: Failed Architecture vom 13.02.2024, <https://failedarchitecture.com/enough-architecture-and-the-sufficiency-imperative/> vom 15.02.2024.
- BBSR (Hg.) (2022): Bauwende. Klimabewusst erhalten, erneuern, bauen Zukunft Bau Kongress 2021 (= Forschung für die Praxis, Band 31), Bonn.
- (2023): Wärmeenergie im Büro intelligent gespart. BBSR (Hg.), <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichung/en/2024/waermeenergie-buero.html> vom 12.12.2024.
- Beckert, Jens (2024): Verkaufte Zukunft. Warum der Kampf gegen den Klimawandel zu scheitern droht, Suhrkamp Verlag.
- Bettina Schneuer (2024): »Die Wiedergeburt. Alte Firmengelände finden viele toll. Aber sie elegant ins Heute zu integrieren fällt oft schwer. Doch manchmal gelingt ein kleines Wunder, wie bei den »Atelier Gardens« in Berlin.«, in: Frankfurter Allgemeine Quarterly vom 22.04.2024.
- Blum, Andreas/Atci, M. M./Roscher, Julia, et al. (2022): Bauland- und Innenentwicklungspotenziale in deutschen Städten und Gemeinden.

- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.), Bonn, https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2022/bbsr-online-11-2022-dl.pdf;jsessionid=A41AA1D340B3BE01BC4C04F6A21FD49E.live21303?__blob=publicationFile&v=3 vom 13.12.2024.
- BMU (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hg.), Berlin.
- BMWi (2020): »Langfristige Renovierungsstrategie der Bundesregierung«.
- BMWK (2023): Einheitliche Wärmeplanung für ganz Deutschland: Bundesregierung bringt Gesetzentwurf auf den Weg, Berlin.
- (2024a): Kommunale Wärmeplanung für ganz Deutschland. Klimaneutrale Fernwärme, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/waermeplanungsgesetz-2213692> vom 09.07.2024.
- (2024b): Ein Plan fürs Klima. Klimaschutzgesetz und Klimaschutzprogramm, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/tipps-fuer-verbraucher/klimaschutzgesetz-2197410> vom 09.07.2024.
- BMWSB (2024): QNG-Handbuch – Anhang 3.1.1 zur ANLAGE 3. Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude, Stand: 19.07.2024. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hg.), https://www.qng.info/app/uploads/2024/07/QNG_Handbuch_Anlage-3_Anhang-3_11_LCA_Bilanzregeln-WNG_v1-4.pdf vom 11.12.2024.
- Boston Consulting Group (2021): Klimapfade 2.0 Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. Gutachten für den BDI, <https://www.bcg.com/germamy/klimapfade> vom 09.12.2024.
- Brischke, Lars-Arvid/Leuser, Leon/Duscha, Markus, et al. (2016): Energie Suffizienz. Energiesuffizienz – Strategien und Instrumente für eine technische, systemische und kulturelle Transformation zur nachhaltigen Begrenzung des Energiebedarfs im Konsumfeld Bauen / Wohnen. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (Hg.), Heidelberg, https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/energiesuffizienz_endbericht.pdf vom 30.08.2024.
- Broermann, Elisabeth/Harteringer, Maximilian/Hudl, Maria, et al. (2024): Wertvolle Ruinen. Plädoyer für die Bauwende – Essay, <https://www.bp.b.de/shop/zeitschriften/apuz/ruinen-2024/549187/wertvolle-ruinen/> vom 03.09.2024.
- BSBK (2021): Mit Freude sanieren. Ein Handbuch zur Umbaukultur. Bundesstiftung Baukultur (Hg.), Berlin.

- Bundesministerium der Justiz, Bundesamt für Justiz (2019): Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz – BEHG). BEHG.
- Busch, Mirjam/Fehrenbach, Horst/Vogt, Regine (2022): Wirkungsabschätzung, Heidelberg, <https://www.ifeu.de/methoden-tools/wirkungsabschaetzung/> vom 31.08.2023.
- Casties, Manfred (1997): Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Nutzerverhalten und Heizenergieverbrauch/-bedarf von Wohngebäuden. Eine methodisch orientierte Studie aus technischer, verhaltensorientierter und statistischer Sicht, Berlin: Verlag für Wissenschaft und Forschung.
- Crawford, Kate (2021): Atlas of AI. Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence, Yale, USA: Yale University Press.
- DBU (2015): Schlummernde Potenziale des Bauens im Bestand wecken, <https://www.dbu.de/123artikel35869rss.html> vom 25.10.2022.
- de-Borja-Torrejón, Manuel/Danzer, Paulo/Saleem Nouman, Ahmad, et al. (2024): Systemisch optimierte Sanierungsstrategien für energieflexible, CO₂-neutrale Quartiere. Zukunft Bau Forschungsförderung. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.), <https://www.zukunftbau.de/projekte/forschungsfoerderung/1008187-2130> vom 24.08.2023.
- dena (2020): Klimaneutralität. Ein Konzept mit weitreichenden Implikationen. Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hg.), Berlin.
- (2023): Fit für 2045: Zielparame-ter für Nichtwohngebäude im Bestand. Wie viel Energie dürfen Rathäuser, Schulen und Kitas nach einer Sanierung noch verbrauchen? Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hg.), https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/STUDIE_Fit_fuer_2045_Zielparame-ter_fuer_Nichtwohngebäude_im_Bestand.pdf vom 30.08.2024.
- destatis (2021): Gebäude und Wohnungen. Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden Lange Reihen ab 1969 – 2021. Statistisches Bundesamt (Hg.), https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Publikationen/Downloads-Wohnen/fortschreibung-wohnungsbestand-pdf-5312301.pdf?__blob=publicationFile.
- (2022): Wohnungsbestand im Zeitvergleich. Wohnungsbestand in Deutschland, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Tabellen/liste-wohnungsbestand.html#115202> vom 23.08.2023.
- destatis/bdew (2024): Entwicklung der Nettowärmeerzeugung in Deutschland nach Energieträgern, <https://www.bdew.de/media/documents/Nettow>

- aermeerz_ET_Entw_10J_online_o_jaehrlich_FS_04042024_YquR5I9.pdf vom 29.01.2025.
- Deutscher Bundestag (2007): »Definition, Diskussion und Bedeutung verschiedener Klimaziele. Pro-Kopf-Reduktionsziele, relative Reduktionsziele und wirtschaftsgekoppelte Reduktionsziele«. WD 8 – 105/07.
- (2019): Bundes-Klimaschutzgesetz 2019. KSG 2019.
- (2021): Bundes-Klimaschutzgesetz 2021. KSG 2021.
- (2024): Bundes-Klimaschutzgesetz 2024. KSG 2024.
- Die Bundesregierung (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050.
- (2021a): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021.
- (2021b): Klimaschutz bei Bundesbauten. Vorbild für klimaneutrale Gebäude.
- Dittrich, Monika/Auberger, Andreas/Limberger, Sonja, et al. (2020): Monitoring Internationale Ressourcenpolitik. Umweltbundesamt (Hg.), <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoring-internationale-ressourcenpolitik> vom 09.07.2024.
- Dittrich, Monika/Limberger, Sonja/Vogt, Regine, et al. (2021): Vorstudie zu Ansätzen und Konzepten zur Verknüpfung des »Planetaren Grenzen« Konzepts mit der Inanspruchnahme von abiotischen Rohstoffen / Materialien. Abschlussbericht. Umweltbundesamt (Hg.).
- Döring, Wolfgang (1973): Perspektiven einer Architektur, Suhrkamp Verlag.
- Dorsewagen, Dirk (2004): Büro- und Geschäftshausfassaden der 50er Jahre. Konservatorische Probleme am Beispiel West-Berlin. Dissertation, Berlin.
- Drebes, Christoph (2021): Suffizienz & Interaktion. Energetische Suffizienzpotenziale medialer Interaktion von Wohngebäuden im Kontext veränderter Ansprüche kontemporärer Nutzungsformen, Darmstadt.
- Dreschenmeier, Philipp/Henger, Ralph: »Wie viel Wohnfläche benötigen wir? Vergangene und zukünftige Trends beim Wohnflächenkonsum – Empirische Evidenz und stochastische Prognose bis 2030«, in: Zur Relevanz von Bevölkerungsvorausrechnungen für Arbeitsmarkt-, Bildungs- und Regionalpolitik, S. 178–201.
- DUH (2022): Fördermittelcheck. Wohin sind die Fördermittel für den Klimaschutz in Gebäuden geflossen? Deutsche Umwelthilfe (Hg.).
- Elhacham, Emily/Ben-Uri, Liad/Grozovski, Jonathan, et al. (2020): »Global human-made mass exceeds all living biomass«, in: Nature 588, S. 442–444.
- EnergieSchweiz (2021): Kriterienkatalog zum Zertifikat 2000-Watt-Areal. Kurzfassung. EnergieSchweiz (Hg.), <https://www.2000watt.swiss/dam/>

- cr:f22a536f-fd5e-4b5d-946d-4c33cfa9dcda/2000WA_Kriterienkatalog_2021_V1_o_210830_DE.pdf vom 30.08.2024.
- Europäische Kommission (2011): COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS – Energy Roadmap 2050, Brussels.
- (2016): Empfehlung (EU) 2016/1318 der Kommission vom 29. Juli 2016 über Leitlinien zur Förderung von Niedrigstenergiegebäuden und bewährten Verfahren, damit bis 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind (2016)., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016H1318&from=EN> vom 06.12.2022.
- (2018): Richtlinie (EU) 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz (2018), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844> vom 06.12.2022.
- (2019a): ANHANG der MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN EUROPÄISCHEN RAT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN – Der europäische Grüne Deal, Brüssel.
- (2019b): MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN EUROPÄISCHEN RAT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN Der europäische Grüne Deal, Brüssel.
- (2024): Nearly-zero energy and zero-emission buildings, https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_de vom 30.08.2024.
- Europäischer Rat (2014): Tagung des Europäischen Rates (23./24. Oktober 2014) – Schlussfolgerungen, Brüssel.
- (2016): Schlussfolgerungen des Europäischen Rates vom 17./18. März 2016, Brüssel.
- (2021): "Fit für 55", <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> vom 17.08.2023.
- Europäisches Parlament/Europäischer Rat (2018): Verordnung (EU) 2018/842 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2021 bis 2030 als Beitrag zu Klimaschutzmaßnahmen zwecks Erfüllung der Verpflichtungen aus dem Übereinkom-

- men von Paris sowie zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 (Text von Bedeutung für den EWR).
- (2021): VERORDNUNG (EU) 2021/1119 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz«).
- FH Erfurt, IBIT, INIT Bautronic Institut (2007): Interdisziplinäre Nutzerorientierte Nachhaltige Optimierung von Stoff- und Energieströmen im Gebäude (INNOSEG). für das BMBF.
- Folkers, Manfred/Paech, Niko (2020): All you need is less, München: oekom verlag.
- Fuchs, Doris/Sahakian, Marlyne/Gumbert, Tobias, et al. (2021): Consumption Corridors. Living a Good Life within Sustainable Limits, New York: Routledge Focus.
- Fücks, Ralf (2024): Die Energiewende braucht einen neuen Anlauf, https://libmod.de/die-energiewende-braucht-einen-neuen-anlauf_neu/ vom 27.08.2024.
- Fuhrhop, Daniel (2023): Der unsichtbare Wohnraum. Wohnsuffizienz als Antwort auf Wohnraummangel, Klimakrise und Einsamkeit (Urban Studies), Bielefeld: transcript Verlag.
- Gebäudeforum Klimaneutral (2023): Digitales Materialkataster und digitaler Materialpass, <https://www.gebaeudeforum.de/wissen/digitale-metho-den-und-tools/materialkataster/> vom 13.12.2024.
- Gerten, Dieter (2020): »Planetare Umweltgrenzen: naturwissenschaftliche Grundprinzipien«, in: Panschar, M., Slopinski, A., Berding, F., Rebmann, K. (Hg.), Zukunftsmodell: Nachhaltiges Wirtschaften, Bielefeld: wbv Media, S. 63–78.
- Görg, Christoph (2016a): »Planetarische Grenzen«, in: Sybille Bauriedl (Hg.), Wörterbuch Klimadebatte, Bielefeld: transcript Verlag, S. 239–244.
- (2016b): »Zwischen Tagesgeschäft und Erdgeschichte: Die unterschiedlichen Zeitskalen in der Debatte um das Anthropozän«, in: GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society 25, S. 9–13.
- Grunwald, Armin (2000): Technik für die Gesellschaft von morgen. Möglichkeiten und Grenzen gesellschaftlicher Technikgestaltung, Frankfurt/ New York: Campus-Verlag.
- Günther, Jens/Lehmann, Harry/Lorenz, Ulrich, et al. (2019): Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten. Um-

- weltbundesamt (Hg.), <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/den-weg-zu-einem-treibhausgasneutralen-deutschland-vom-09.07.2024>.
- Habert, Guillaume/Röck, Martin/Steininger, Karl, et al. (2020): »Carbon budgets for buildings: harmonising temporal, spatial and sectoral dimensions«, in: *Buildings and Cities* 1, S. 429–452.
- Hajek, Dana (2024): »Die Großstadt als Sanierungsfall«, in: *FAZ* vom 03.04.2024.
- Haselsteiner, Edeltraud/Bodvay, Andrea/Gosztonyi, Susanne, et al. (2017): *Low Tech – High Effect! Eine Übersicht über nachhaltige Low Tech Gebäude*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hg.), https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2017-20_low-tech-high-effect.pdf vom 27.08.2024.
- Hebel, Dirk (2022): »Kreislauffähig werden. Die Stadt als regenerative Ressource«, in: *Bauwelt* 233, S. 16–19.
- Hennicke, Peter/Koska, Thorsten/Rasch, Jana, et al. (2021): *Nachhaltige Mobilität für alle. Ein Plädoyer für mehr Verkehrsgerechtigkeit*. oekom verlag (Hg.), München, https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7747/file/7747_Nachhaltige_Mobilitaet.pdf vom 04.09.2023.
- Hickel, Jason (2023): *Weniger ist mehr. Warum der Kapitalismus den Planeten zerstört und wir ohne Wachstum glücklicher sind*, München: oekom verlag.
- Hofmeister, Sandra/Heilmeyer, Florian (2024): *Umbau-Architektur in Flandern/ Architecture of Transformation in Flanders*, München: Detail Verlag.
- Hugentobler, Margrit/Hofer, Andreas (2015): *Mehr als Wohnen. Genossenschaftlich planen – Ein Modellfall aus Zürich*, Birkhäuser.
- IEA (2019): *Nuclear Power in a Clean Energy System*, Paris, <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system> vom 22.08.2023.
- ifeu (2022): *SuPraStadt. Lebensqualität, Teilhabe und Ressourcenschonung durch soziale Diffusion von Suffizienzpraktiken in Stadtquartiere*. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH (Hg.), https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/SuPraStadt_Endbericht_221130.pdf.
- Infas, Intep (2021): *Wohnen, Energie und Umwelt: Repräsentativbefragung zur aktuellen Wohnsituation, zu Umweltwissen, -einstellungen und -verhalten sowie zur Akzeptanz einer CO₂-Bepreisung. Methoden- und Ergebnisbericht*. infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH/Intep Integrale Planung GmbH (Hg.), Berlin.
- IPCC (2019): *Global Warming of 1.5°C*.

- (2021): *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change (Hg.).
- (2022): *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC (Hg.), https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf vom 22.08.2023.
- IRP (2020): *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*, Nairobi, Kenya.
- Jäger, Markus/Gutschow, Konstanty/Zippel, Hermann (2024): *UMBAU: Fassadenveränderung, Ladeneinbau, Wohnhausumbau, Wohnungsteilung, seitliche Erweiterung, Aufstockung, Zweckveränderung, Planung und Konstruktion*, Hamburg: Dölling und Galitz Verlag.
- Keller, Christoph (2023): *Hört auf mit dem #Klimawandel*, <https://geschichtedergegenwart.ch/hoert-auf-mit-dem-klimawandel/> vom 27.08.2024.
- König, Holger (2017): *Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden. Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten. Endbericht*. Bayerisches Landesamt für Umwelt/Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (Hg.), Gröbenzell, https://www.lbb-bayern.de/fileadmin/quicklinks/Quick-Link-Nr-98300000-LfU-Gesamtstudie_Lebenszyklusanalyse.pdf vom 31.10.2022.
- Lage, Jonas (2022): »Sufficiency and transformation—A semi-systematic literature review of notions of social change in different concepts of sufficiency«. Review Article, in: *Frontiers in Sustainability* 3.
- Lange, Steffen/Santarius, Tilman (2018): *Smarte grüne Welt? Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit*, München: oekom verlag.
- Lemburg, Peter (2015): *Bikini Berlin und seine Story: Stationen, Bauten, Visionen*, Petersberg: Imhof.
- Lenger, Friedrich (2023): *Der Preis der Welt. Eine Globalgeschichte des Kapitalismus*, C. H. BECK.
- Leuser, Leon/Brischke, Lars-Arvid (2018): »Suffizienz im kommunalen Klimaschutz«, in: D. Knoblauch/J. Rupp (Hg.), *Klimaschutz kommunal umsetzen. Wie Klimahandeln in Städten und Gemeinden gelingen kann*, München: oekom verlag, S. 147–162.
- Lützkendorf, Thomas (2021): *Klimaschutz im Gebäudebereich. Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten für klimaneutrale Gebäude*

- ein Diskussionsbeitrag. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.).
- Madlener, Reinhard/Alcott, Blake (2011): Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkopplung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum. unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen, Zürich.
- Malabi Eberhardt, Leonora Charlotte/van Stijn, Anne/Kristensen Stranddorf, Liv, et al. (2021): »Environmental Design Guidelines for Circular Building Components: The Case of the Circular Building Structure«, in: Sustainability 13, S. 5621.
- Malm, A./Hornborg, A. (2014): »The geology of mankind? A critique of the Anthropocene narrative«, in: The Anthropocene Review 1, S. 62–69.
- Marquard, Odo (1994): Skepsis und Zustimmung. Philosophische Studien, Reclam.
- McKinsey & Company, Inc. (2007): Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Sektorperspektive Gebäude.
- Meadows, Donella/Randers, Jorgen/Meadows, Dennis (2022): Grenzen des Wachstums – Das 30-Jahre-Update. Signal zum Kurswechsel, S. Hirzel Verlag.
- Metzinger, Thomas (2023): Bewusstseinskultur. Spiritualität, intellektuelle Redlichkeit und die planetare Krise, Berlin: Berlin Verlag.
- Moreno, Camila/Speich Chassé, Daniel/Fuhr, Lili (2016): »CO₂ als Maß aller Dinge. Die unheimliche Macht von Zahlen in der globalen Umweltpolitik«, in: Heinrich Böll Stiftung Schriftenreihe Ökologie.
- Müller, Felix/Kohlmeyer, Regina/Krüger, Franziska (2020): Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft. Umweltbundesamt (Hg.), https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020_04_27_leitlinie_kreislaufwirtschaft_bf.pdf vom 09.07.2024.
- NABU (2020): Der Aktionsplan Kreislaufwirtschaft der EU – NABU. Stellungnahme, Berlin, <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/abfall-und-recycling/kreislaufwirtschaft/27943.html> vom 25.10.2022.
- Näf, Peter/Sacher, Priska/Dinkel, Fredy, et al. (2021): Klimapositives Bauen. Ein Beitrag zum Pariser Absenkepfad. Nova Energie Basel AG, Carbotech AG (Hg.), Basel, https://espazium.s3.eu-central-1.amazonaws.com/files/2022-01/211106_Bericht_Klimapositives_Bauen.pdf vom 30.08.2024.
- Nagel, Reiner (2023): Im Gespräch mit Reiner Nagel, <https://www.nbau.org/2023/08/29/im-gespraech-mit-reiner-nagel/> vom 03.09.2024.

- Öko-Institut e. V. (2020): Forschungsprojekt: LebensRäume, <https://www.oeko.de/forschung-beratung/projekte/pr-details/kommunen-innovativ-lebensraeume> vom 24.08.2023.
- Our World in Data (2023): Energy use per person, <https://ourworldindata.org/per-capita-energy>.
- Over, Margarete/Zimmermann, Patrick/Brischke, Lars-Arvid (2021): Wie muss man bauen, um suffizientes Wohnen zu ermöglichen? ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (Hg.).
- Purr, Katja/Günther, Jens/Lehmann, Harry, et al. (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. Umweltbundesamt (Hg.), <https://www.umweltbundesamt.de/rescue> vom 10.12.2024.
- Ramseier, Livia/Frischknecht, Rolf (2020): Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland. Kurzstudie zu sektorübergreifenden Wirkungen des Handlungsfelds »Errichtung und Nutzung von Hochbauten« auf Klima und Umwelt. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.), https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2020/bbsr-online-17-2020-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- Raworth, Kate (2018): Die Donut-Ökonomie, Carl Hanser Verlag.
- Reckwitz, Andreas (2023): Das Ende der Illusionen. Politik, Ökonomie und Kultur in der Spätmoderne, Suhrkamp Verlag.
- Rein, Stefan (2016): Datenbasis zum Gebäudebestand. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.), <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2016/ak-09-2016.html> vom 13.12.2024.
- Ressourcenwende (2020): Europäischer Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft, <https://www.ressourcenwende.net/blog/europaeischer-aktionsplan-zur-kreislaufwirtschaft/> vom 30.08.2024.
- (2021): Policy Brief: Ressourcenschutzziele zur absoluten Reduktion des Ressourcenverbrauchs. Ressourcenwende-Netzwerk (Hg.).
- Richter, Wolfgang/Ender, Thomas/Hartmann, Thomas, et al. (2003): Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Niedrigenergie und Passivhäusern.
- Rockström, Johan/Steffen, Will/Noone, Kevin, et al. (2009): »Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity«, in: Ecology and Society.
- Rohracher, M./Ornetzeder, M. (2008): Wohnen im ökologischen ‚Haus der Zukunft‘. Eine Bestandsaufnahme sozio-ökonomischer Projekte im Rahmen

- der Programmlinie »Haus der Zukunft«. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hg.), Wien, https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endorbericht_0808_oekologisches_hdz.pdf vom 23.08.2023.
- Rudolfsky, Bernard (1964): *Architecture without Architects. A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*, New York: Doubleday & Company, inc.
- RVR (2021): *SFM Ruhr 2020. Siedlungsflächenmonitoring Ruhr*, Essen.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (2024): *Suffizienz als »Strategie des Genug«: Eine Einladung zur Diskussion. DISKUSSIONSPAPIER. SRU* (Hg.), https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2024_03_Suffizienz.pdf?__blob=publicationFile&v=13 vom 27.08.2024.
- Sala, Serenella/Crenna, Eleonora/Secchi, Michela, et al. (2021): *Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries*.
- Sascha Roesler (2023): *#Stoffwechsel. Eine proto-ökologische Kategorie der Energie- und Materialwende in der Architektur*, <https://geschichtedergegenwart.ch/stoffwechsel-eine-proto-oekologische-kategorie-der-energie-und-materialwende-in-der-architektur/> vom 27.08.2024.
- Schmidt, Mario (2008): *Die Bedeutung der Effizienz für Nachhaltigkeit – Chancen und Grenzen*. Hartard, Schaffer & G. (Hg.).
- Schüle, Ralf/Bierwirth, Anja (2019): *Suffizienz Die Frage nach dem rechten Maß im bebauten Raum. KfW-Programm Energetische Stadtsanierung – Begleitforschung.*, Würzburg.
- Schwägerl, Christian (2012): *Menschenzeit: Zerstören oder gestalten? Wie wir heute die Welt von morgen erschaffen*, Goldmann Verlag.
- SERI (2009): *Ohne Maß und Ziel? Über unseren Umgang mit den natürlichen Ressourcen der Erde*.
- Siedle, Julia (2020): *»Nutzungsverdichtung im Gebäudebestand. Transformationsstrategien für weniger Neubau«*, in: *RaumPlanung* 205, S. 52–55.
- Sommer, Bernd/Welzer, Harald (2017): *Transformationsdesign. Wege in eine zukunftsfähige Moderne*, oekom verlag.
- SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP (2021): *Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP*, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759azb/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1>.

- SRU (2020): Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa; Umweltgutachten 2020. Kapitel 2: Pariser Klimaziele erreichen mit dem CO₂-Budget, Berlin.
- (2022): SRU Stellungnahme – Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Sachverständigenrat für Umweltfragen (Hg.), Berlin.
- Stadt Wien (2022): Wiener Klimafahrplan. Unser Weg zur klimagerechten Stadt. Magistrat der Stadt Wien (Hg.), <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/download/pdf/3951390?originalFilename=true>.
- Statista (2023): Energiebedingte CO₂-Emissionen pro Kopf weltweit nach ausgewählten Ländern im Jahr 2021, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167877/umfrage/co-emissionen-nach-laendern-je-einwohner/>.
- Statistisches Bundesamt (2019): Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Tabellen/variante-1-2-3-altersgruppen.html;jsessionid=EB075E7604E949D271C5C695D84D58F7.live742> vom 31.10.2022.
- Steffen, Arne (2012): Suffizienz als dritter, unabdingbarer Aspekt der Nachhaltigkeit. *db deutsche bauzeitung* (Hg.), <https://www.db-bauzeitung.de/wissen/energie/weniger/>.
- Steffen, Will/Richardson, Katherine/Rockström, Johan, et al. (2015): »Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet«, in: *Science* 347.
- Steinbach, Jan/Deurer, Jana/Senkpiel, Charlotte, et al. (2021): Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes 2050. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.), Bonn, <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-23-2021.html> vom 13.12.2024.
- Steinberger, Julia (2024): Keynote auf dem Lowtech Symposium 2024 (= Lowtech Bau Suffizienz Fachsymposium 2024), Berlin.
- Stengel, Oliver (2011): Suffizienz. Die Konsumgesellschaft in der ökologischen Krise. Wuppertal Institut (Hg.).
- Streissler, Christoph (2016): »Planetarische Grenzen – ein brauchbares Konzept?«, in: *Wirtschaft und Gesellschaft* 42, S. 118–225.
- Stumm, Alexander (2023): »1,5 Grad«. Editorial, in: *Bauwelt*, S. 1.
- Terluisen, Angèle (2019): »Nachhaltigkeit durch Low-Tech: Wie viel Technik braucht ein Haus?«, in: *QUARTIER*.
- TU Darmstadt, pestel Institut (2019): Wohnraumpotenziale in urbanen Lagen – Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden. Deutsch-

- landstudie 2019, https://www.tu-darmstadt.de/media/daa_responsive_design/01_die_universitaet_medien/aktuelles_6/pressemeldungen/2019_3/Tichelmann_Deutschlandstudie_2019.pdf vom 25.08.2023.
- Umweltbundesamt (2006): Wie private Haushalte die Umwelt nutzen – höherer Energieverbrauch trotz Effizienzsteigerungen.
- (2019a): Modellversuch Flächenzertifikatehandel. Realitätsnahes Planspiel zur Erprobung eines überregionalen Handelssystems mit Flächenausweisungszertifikaten für eine begrenzte Anzahl ausgewählter Kommunen. Abschlussbericht, Dessau-Roßlau, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-10-02_texte_116-2019_modellversuch-flaechenzertifikatehandel.pdf.
- (2019b): Klimaneutral leben – Persönliche CO₂-Bilanz im Blick, <https://www.umweltbundesamt.de/klimaneutral-leben-persoenliche-co2-bilanz-im-blick> vom 25.10.2022.
- (2020a): Methodenkonvention 3.1. Kostensätze Stand 12/2020. UBA (Hg.).
- (2020b): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland – GreenSupreme. Abschlussbericht. Umweltbundesamt (Hg.), https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_05-2020_endbericht_greensupreme.pdf vom 24.08.2023.
- (2022a): Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energie-traegern-sektoren#allgemeine-entwicklung-und-einflussfaktoren> vom 25.10.2022.
- (2022b): Indikator: Emission von Treibhausgasen, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-emission-von-treibhausgasen#die-wichtigsten-fakten> vom 25.10.2022.
- (2022c): Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> vom 25.10.2022.
- (2022d): Wohnfläche, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche#folgen-der-flachennutzung-durch-wohnen-fur-die-umwelt> vom 31.10.2022.
- (2022e): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Ressourcenbericht für Deutschland 2022. UBA (Hg.), https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fb_die_nutzung_natuerlicher_ressourcen_2022_o.pdf.

- (2023a): Bodenversiegelung. UBA, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#was-ist-bodenversiegelung-vom-23.08.2023>.
 - (2023b): Treibhausgas-Emissionen in der Europäischen Union, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-der-europaeischen-union#hauptverursacher>.
 - (2023c): Umweltindikatoren. Indikator: Energieverbrauch für Gebäude, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-energieverbrauch-fuer-gebäude#die-wichtigsten-fakten>.
 - (2023d): Der EU-Emissionshandel wird umfassend reformiert, [https://www.umweltbundesamt.de/themen/der-eu-emissionshandel-wird-umfassend-reformiert#:~:text=anklicken%20Mit%20der%20j%C3%BCngsten%20Reform,fit%2Dfor%2D5%2%80%9C.&text=Der%20Europ%C3%A4ische%20Emissionshandel%20\(EU%2DETS,Prozent%20gegen%C3%BCber%201990%20zu%20mindern-vom-09.07.2024](https://www.umweltbundesamt.de/themen/der-eu-emissionshandel-wird-umfassend-reformiert#:~:text=anklicken%20Mit%20der%20j%C3%BCngsten%20Reform,fit%2Dfor%2D5%2%80%9C.&text=Der%20Europ%C3%A4ische%20Emissionshandel%20(EU%2DETS,Prozent%20gegen%C3%BCber%201990%20zu%20mindern-vom-09.07.2024).
 - (2023e): Projektionsbericht 2023 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. UBA (Hg.), Dessau-Roßlau, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland-vom-28.08.2023>.
 - (2023f): Abfallaufkommen, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall-vom-03.09.2024>.
 - (2024a): Klimaemissionen sinken 2023 um 10,1 Prozent – größter Rückgang seit 1990. UBA-Projektion: Nationales Klimaziel bis 2030 erreichbar, Dessau-Roßlau.
 - (2024b): Siedlungs- und Verkehrsfläche. UBA, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#-das-tempo-des-flachen-neuverbrauchs-geht-zurueck-vom-09.07.2024>.
- UN (2015): Übereinkommen von Paris.
- United Nations Environment Programme (2019): Emissions Gap Report 2019. UNEP, Nairobi (Hg.).
- Vittorio Magnago Lampugnani (1995): Die Modernität des Dauerhaften. Essays zu Stadt, Architektur und Design, Berlin: Wagenbach Verlag.

- Wang-Erlandsson, Lan/Tobian, Arne/van der Ent, Ruud J., et al. (2022): »A planetary boundary for green water«, in: *Nature Reviews Earth & Environment* 3, S. 380–392.
- Wesche, Tilo (2023): *Die Rechte der Natur. Vom nachhaltigen Eigentum*, Suhrkamp Verlag.
- Wissen, Markus (2021): »An den Grenzen des Kapitalismus Krise und Transformation aus politisch-ökologischer und intersektionaler Perspektive«, in: *EthikJournal* 7.
- World Commission on Environment and Development (1987): *Brundtland-Bericht: Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> vom 17.08.2023.
- Wuppertal Institut (2016): *Kommunale Suffizienzpolitik – Ressourcenschutz vor Ort stärken*.
- (2020): *Forschungsprojekt: OptiWohn*, <https://www.wohnen-optimieren.de/> vom 24.08.2023.
- Xue, Jin (2014): *Economic growth and sustainable housing. An uneasy relationship (= Ontological exploration)*, London: Routledge Taylor & Francis.
- Zell-Ziegler, Carina/Thema, Johannes/Best, Benjamin, et al. (2021): »Enough? The role of sufficiency in European energy and climate plans«, in: *Energy Policy* Volume 157.
- Zimmermann, Patrick (2018): *Bewertbarkeit und ökobilanzieller Einfluss von Suffizienz im Gebäudebereich*. Masterarbeit, München.
- Zimmermann, Patrick/Brischke, Lars-Arvid/Bierwirth, Anja, et al. (2023): *Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.), Bonn.
- Zollet, Simona/Siedle, Julia/Bodenheimer, Miriam, et al. (2022): »From locked-down to locked-in? COVID-induced social practice change across four consumption domains«, in: *Sustainability: Science, Practice and Policy* 18.
- Zukunftsrat Hamburg (2022): *Hamburger Entwicklungsindikatoren Zukunftsfähigkeit – HEINZ*. Zukunftsrat Hamburg (Hg.), Hamburg, https://www.zukunftsrat.de/wp-content/uploads/HEINZ_2022.pdf vom 21.06.2024.

Autorinnen und Autoren

Svenja Binz ist seit 2020 wissenschaftliche Referentin am Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat WB 6 »Instrumente des ressourcenschonenden und klimaangepassten Bauens«. Sie studierte Architektur und Urban Design an der Technischen Universität Berlin und absolvierte Forschungsaufenthalte in Amman und Barcelona. Ihr Fokus liegt auf der Anpassung an den Klimawandel im Gebäudebereich.

Nicolai Domann ist seit 2020 wissenschaftlicher Referent am Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat WB 2 »Instrumente zur Emissionsminderung im Gebäudebereich«. Er studierte Energietechnik an der FH Aachen und arbeitete im Bereich der Energie- und Betriebsoptimierung von Bestandsgebäuden sowie der Fachplanung der technischen Gebäudeausrüstung. Sein Fokus im BBSR liegt auf dem deutschen und europäischen Energieeinsparrecht im Gebäudebereich.

Katja Hasche ist seit 2017 wissenschaftliche Referentin am Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat WB 3 »Forschung und Innovation im Bauwesen«. Sie studierte Architektur in Karlsruhe, London und Braunschweig und spezialisierte sich mit einem Zusatzstudium an der ETH Zürich im Bereich Denkmalpflege. 2001 bis 2013 arbeitete sie in der Schweiz, bevor sie 2014 bis 2018 an der Bauhaus-Universität Weimar promovierte.

Annika Hock ist seit 2022 wissenschaftliche Referentin und Doktorandin am Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat WB 5 »Grundlagen und Systematik des nachhaltigen Bauens« und der Technischen Universität Berlin. Sie hat Architektur und Stadtplanung an der Universität Stuttgart und Urban, Energy & Environmental Planning an der Aalborg

Universität studiert. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich mit Suffizienz-Potenzialen und Indikatoren der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden und Quartieren.

Juliane Jäger ist seit 2018 wissenschaftliche Referentin am Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat WB 5 »Grundlagen und Systematik des nachhaltigen Bauens«. Sie studierte Architektur an der Bauhaus-Universität Weimar und promovierte an der Technischen Universität Braunschweig. Sie hat an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus sowie als DAAD-Fachlektorin in Syrien unterrichtet. Ihr Fokus liegt aktuell auf der Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsbewertung im Gebäudebereich.

Robert Kaltenbrunner leitete von 2000 bis 2025 die Abteilung »Wohnungs- und Bauwesen« im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Er war Architekt und Stadtplaner und von 1990 bis 1999 bei der Senatsverwaltung für Bauen, Wohnen und Verkehr in Berlin als Projektgruppenleiter für städtebauliche Großvorhaben tätig. Er war u.a. Mitglied im Wissenschaftlichen Kuratorium von FORUM STADT (Esslingen) sowie im »Scientific Panel« von CSE – City Safety Energy (Neapel/Italien) und hat zahlreiche Beiträge zu verschiedenen urbanistischen Themen veröffentlicht.

Jörg Lammers ist promovierter Architekt und arbeitet seit 2011 als wissenschaftlicher Referent im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat WB 7 »Klimaneutralität im Gebäudebetrieb«. Er studierte an der RWTH Aachen und war in Lehre & Forschung an der TU-Berlin und der Uni Kassel tätig. Arbeitsschwerpunkte sind die Wechselwirkung zwischen Gebäudenutzerinnen und Gebäudetechnik sowie das einfache und technikreduzierte Bauen. Seine Promotion zum Thema »Technikgebrauch im Wohnungsbau« hat er 2023 an der UdK Berlin abgeschlossen.

Michael Lautwein ist seit 2020 wissenschaftlicher Referent am Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat WB 4 »Digitale Transformation des Bauwesens«. Er studierte in Köln Architektur mit dem Schwerpunkt Energieoptimiertes Bauen und war dort wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter. Zwischen 2014 und 2020 war er selbständiger Planer im Bereich Architektur.

Arnd Rose leitet seit 2023 das Referat WB 4 »Digitale Transformation des Bauwesens« im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Er ist Architekt, studierte an der RWTH Aachen und promovierte an der Technischen Universität Berlin. Seit 2015 ist er für das BBSR tätig, in dieser Zeit betreute er zahlreiche Forschungsprojekte und war für die Konzeption und Realisierung von Forschungs- und Förderprogrammen für die Bauforschung zuständig.

Ralf Schüle ist Forschungsreferent und stellvertretender Referatsleiter am Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Er begleitet die Umsetzung des bundesweiten Förderprogramms Modellprojekte Smart Cities und hat langjährige Erfahrungen in der wissenschaftlichen Begleitung kommunaler Nachhaltigkeitsstrategien sowie in der Evaluation von Politikprogrammen. Als Honorarprofessor ist er in die stadt- und raumbezogene Lehre der Universität Duisburg-Essen eingebunden.

Julia Siedle ist seit 2022 Professorin für Wohnungsbau, Quartiers- und Bestandsentwicklung an der Hochschule Biberach. Sie ist Architektin und Städtebauerin mit einem Hintergrund in der Planungspraxis sowie als wissenschaftliche Referentin im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat WB 12 »Wohnen und Gesellschaft«. Ihre Schwerpunkte in Forschung und Lehre sind die suffiziente Gebäudeflächennutzung sowie die Transformation von Gebäuden und Quartieren.

