



BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

Urbaner Holzbau



Sonja Kind
Christoph Bogenstahl
Tobias Jetzke
Stephan Richter





Urbaner Holzbau



Büro für Technikfolgen-Abschätzung
beim Deutschen Bundestag
Neue Schönhauser Straße 10
10178 Berlin
Telefon: +49 30 28491-0
E-Mail: buero@tab-beim-bundestag.de
Web: www.tab-beim-bundestag.de

2022

Gestaltung: VDI/VDE-IT
Umschlagbild: Architektur – weberbrunner architekten, Fotografie – Georg Aerni

ISSN-Internet: 2702-7260

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels. Das TAB wird seit 1990 vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) betrieben. Hierbei kooperiert es seit September 2013 mit dem IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH sowie der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.



Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	15
2 Urbaner Holzbau	17
2.1 Definition und typische Bauweisen	17
2.2 Tradition und Moderne des Holzbaus	20
2.3 Innovationsystem des (urbanen) Holzbaus	26
2.3.1 Unternehmen: Branchenstruktur und Wertschöpfungskette	27
2.3.2 Öffentliche Akteure: Strategien und Förderprogramme	32
2.3.3 Forschungslandschaft: Publikationsstärke, Themenvielfalt und Forschungsprojekte	37
3 Trends, Treiber und Barrieren	45
3.1 Wirtschaft	45
3.1.1 Nachfrage und Marktpotenziale	45
3.1.2 Mögliche Wachstumsbremsen und Wettbewerb	55
3.1.3 Ökonomische Leistungsfähigkeit	60
3.2 Forschung und Technik	62
3.2.1 Neue Werkstoffe, Verarbeitungs- und Fügetechnologien	63
3.2.2 Einsatz von BIM und Robotik	66
3.2.3 Standardisierungsbedarfe	68
3.3 Politik und Recht	70
3.3.1 Vorbildfunktion der öffentlichen Hand und Förderinstrumentarium für nachhaltiges Bauen	70
3.3.2 Brandschutz und novellierte Muster-Holzbaurichtlinie	73
3.3.3 Anforderungsbesonderheiten in Planungs- und Vergabephasen	76
3.4 Umwelt	79
3.4.1 Holzbedarf und -verfügbarkeit	80
3.4.2 Ökobilanz und Lebenszyklusanalyse	92
3.4.3 Natürliche Emissionen von Holzprodukten	99



3.5	Gesellschaft	101
3.5.1	Urbanisierung	101
3.5.2	Gesellschaftlicher Wandel	103
4	Synopse	105
4.1	Trends, Stärken und Chancen	105
4.2	Barrieren und Handlungsfelder	107
4.2.1	Kompetenzaufbau und Standardisierung	107
4.2.2	Aktueller Wissensstand	109
4.2.3	Technologieentwicklung und -implementierung	111
4.2.4	Novellierung, Regulierung und politischer Diskurs	113
4.2.5	Nachhaltiges Bauen (mit Holz)	115
5	Interviewpartner/innen	119
6	Literatur	121
7	Anhang	137
7.1	Abbildungen	137
7.2	Tabellen	138



Zusammenfassung

Ziele und Vorgehen

Die TAB-Kurzstudie gibt einen Überblick über den Status quo und Perspektiven des urbanen Holzbaus in Deutschland sowie der hier relevanten Rahmenbedingungen. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht die Analyse von fördernden und hinderlichen Faktoren in den verschiedenen Einflussphären Gesellschaft, Wirtschaft, Technik, Politik und Recht sowie Umwelt. Die Ergebnisse werden in einer Synopse zusammenfassend dargestellt und Handlungsfelder benannt.

Definition urbaner Holzbau und typische Bauweisen

Der Untersuchungsfokus liegt auf Gebäuden, die in Holzbauweise errichtet werden und dem Leben und Arbeiten im urbanen Raum dienen. Dies umfasst Neubauten genauso wie die Umnutzung, Aufstockung und Nachverdichtung von in der Regel mehrgeschossigen Wohn- und Nichtwohngebäuden im Bestand (z.B. Schulen, Verwaltungsgebäude und Kindergärten).

Als Holzbau werden hauptsächlich Gebäude bezeichnet, bei denen Holz der überwiegend verwendete Baustoff bei der Erstellung der tragenden Konstruktion ist. Zu den Bauweisen im modernen Holzbau zählen der Holzskelettbau, der Holzmassivbau, der Holzrahmen/-tafelbau sowie Mischbauweisen (Holzhybridbau). Eine Besonderheit des modernen Holzbaus ist die Vorfertigung von Raumzellen. Hierbei werden ganze Räume inklusive Wasser- und Elektroinstallationen sowie Fenster und Türen seriell im Werk produziert und montiert. Die Raumzellen werden anschließend auf die Baustelle transportiert und dort aufgestellt. Besonders im mehrgeschossigen Holzbau ist der Holzhybridbau sehr verbreitet. Hierbei wird Holz mit Bauwerksteilen aus Mauerwerk, Beton oder Stahl kombiniert. Dadurch können materialimmanente Nachteile des Holzes ausgeglichen werden. Typischerweise werden im mehrgeschossigen Holzbau z.B. Treppenhäuser, Aufzugsschächte oder Brandwände aus Beton gebaut.

Tradition und Moderne des Holzbaus

Die Nutzung von Holz als Baustoff hat eine lange Tradition und reicht bis in die Jungstein- und Bronzezeit zurück. War Holz über lange Zeiträume der dominierende Werkstoff im Bauwesen, wurde dieser im Laufe der Zeit zunächst immer stärker durch Stein- und Ziegelbauten und schließlich im Zuge der industriellen Entwicklung größtenteils durch Stahl- und Betonbau substituiert. Lediglich bei Dachstühlen wurde Holz weiterhin vorzugsweise eingesetzt. Noch bis in die 1990er Jahre fanden sich Holzhäuser überwiegend in ländlichen Regionen oder stadtnahen Randgebieten als Ein- oder Zweifamilienhäuser. Erst technische und konstruktive Innovationen



(Kap. 3.2.1 und 3.2.2) sowie rechtliche Anpassungen (Kap. 3.3.2) nach der Jahrtausendwende haben den Holzbau grundlegend verändert. Seitdem gewinnt der mehrgeschossige Holzbau auch im urbanen Raum eine immer größer werdende Bedeutung.

Mit der Errichtung von mehrgeschossigen Holz(hoch)häusern in verschiedenen Städten weltweit wurde die technische Machbarkeit der Holzbauweise demonstriert. Mittlerweile wurden Holzhochhäuser mit bis zu 24 Etagen gebaut. In Deutschland gibt es seit 2019 mit SKAIO (Heilbronn) das erste 10-geschossige Holzhochhaus. Neben Leuchtturmvorhaben sind für die Schaffung neuen Wohn- und Arbeitsraums in den Städten vor allem der Bau ganzer Quartiere und eine Nachverdichtung etwa durch Aufstockungen relevant. Aktuell entstehen im Prinz-Eugen-Park in München fast 600 Wohnungen in einer Holzbausiedlung. Im Berliner Schumacher Quartier, das im Kontext der Nachnutzung des Flughafens Tegel entsteht, sollen demnächst über 5.000 Wohnungen größtenteils in Holzbauweise errichtet werden. Weitere Hochhäuser (wie das 100 m hohe WoHo in Berlin) und Quartiere befinden sich in Planung.

Innovationssystem des (urbanen) Holzbaus

Der urbane Holzbau ist ein Teilsegment des Holzbaus und wird maßgeblich durch dessen Rahmenbedingungen im Innovationssystem beeinflusst. Im Wesentlichen sind hier drei Akteursgruppen relevant. Die erste Gruppe bilden Unternehmen zusammen mit Clustern, Netzwerken und Verbänden, die zweite besteht aus öffentlichen Akteuren und die dritte aus Forschungseinrichtungen.

Unternehmen – Branchenstruktur und Wertschöpfungskette: In der Holzbaubranche waren 2020 rund 11.900 Betriebe aktiv. Die meisten davon im süddeutschen Raum. In der Regel handelt es sich um Kleinstbetriebe. Die Mehrzahl der Unternehmen (82 %) beschäftigt weniger als 10 Mitarbeiter/innen und nur ein sehr kleiner Teil (rund 30 Betriebe) hat mehr als 50 Beschäftigte. Die Branchenentwicklung war in den vergangenen Jahren positiv und die Umsätze im Holzbau sind gegenüber dem Bauhauptgewerbe überdurchschnittlich gewachsen. Sie lagen 2020 bei 8,3 Mrd. Euro Umsatz mit Steigerungsprognose um 3,5 % auf ca. 8,6 Mrd. Euro. Die in Deutschland tätigen Unternehmen im Bereich Forstwirtschaft, Holzverarbeitung und Holzbau kooperieren in rund 10 Netzwerken und Clustern, die zum Teil spezifisch den Holzbau adressieren (Kap. 2.3.1).

Öffentliche Akteure – Strategien und Förderprogramme: Auf Bundesebene existiert zwar kein ausgewiesenes Förderprogramm für den urbanen Holzbau, doch wird er innerhalb verschiedener Programme des BMEL, BMU und BMBF gefördert. Darüber hinaus unterstützt auch die Bundesstiftung Umwelt den Holzbau. Wichtig für die Aufmerksamkeit und Förderung des urbanen Holzbaus sind zudem drei auf Bundesebene stattfindende Wettbewerbe, die Preise für nachhaltige und innovative Holz-



bauten vergeben. Überdies fördern Bundesländer mit traditionellem Schwerpunkt im Bereich Forst und Holz sowie größere Städte wie Hamburg, München oder Berlin gezielt den Holzbau (Kap. 2.3.2).

Forschungslandschaft – Publikationsstärke, Themenvielfalt und Forschungsprojekte: Deutschland ist im Bereich Bauen mit Holz führend und steht im internationalen Vergleich an dritter Stelle der Länder mit den meisten Publikationen. Ferner ist Deutschland mit einer großen Zahl Publikationen in weiteren für den Holzbau relevanten Forschungsfeldern wie Materialwissenschaften vertreten. Die deutsche Forschungslandschaft ist durch eine Vielzahl untereinander gut vernetzter Akteure gekennzeichnet, von denen einzelnen Institutionen besonders publikationsstark sind. Von den in der Projektdatenbank der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gelisteten Fördervorhaben (82 Teilprojekte) befassen sich fast ein Drittel mit dem mehrgeschossigen (urbanen) Holzbau als Anwendungsbereich (Kap. 2.3.3).

Trends, Treiber und Barrieren

Wesentliche Entwicklungen im Bereich des urbanen Holzbaus werden durch verschiedene Trends sowie fördernde und hemmende Faktoren in verschiedenen Einflussphären bestimmt.

Wirtschaft

Holzbauquoten unterscheiden sich regional und international. Die Holzbauquote lag 2020 bei 20,4% aller neu gebauten Häuser (25.408 Wohngebäude). Bei mehrgeschossigen Wohnbauten liegt Deutschland mit 4,5% Anteil an den Neubauten deutlich hinter Österreich (19%) und Schweden (13%). Perspektivisch wird die Nachfrage nach Gebäuden in Holzbauweise steigen. Die größten Marktpotenziale des urbanen Holzbaus liegen zurzeit aber noch nicht im hochgeschossigen Holzbau, sondern vor allem in den Bereichen Aufstockungen, Baulückenschluss und energetische Fassadensanierung. Wachstumspotenzial ist auch bei Zweckbauten wie Schulen oder Kindertagesstätten zu erwarten, da die öffentliche Hand hier verstärkt auf eine Holzbauweise setzt (Kap. 3.1.1), wie sich anhand von Strategien der Bundesländer Baden-Württemberg, Berlin und Hamburg erkennen lässt (Kap. 2.3.2).

Bei perspektivisch höherer Nachfrage nach Holzbauten wird es der von Kleinbetrieben geprägten Branche nur schwer gelingen, mehrgeschossige Holzbauten oder größere Bauvorhaben in Holzbauweise zu realisieren. Die personellen und finanziellen Kapazitätsengpässe werden voraussichtlich von größeren Unternehmen aus dem Ausland und aus der Massivbauindustrie kompensiert, die über die strukturellen Möglichkeiten verfügen, eine Holz(hybrid)bauweise in ihr Geschäftsfeld zu integrieren und dadurch neue Märkte zu erschließen. Aus diesem Grund dominieren aktuell nur sehr wenige (oftmals größere) Unternehmen das Segment des urbanen Holzbaus



(Kap. 3.1.2). Wichtig für eine prosperierende Branchenentwicklung wird auch die zukünftige Fachkräfteverfügbarkeit sein. Allerdings fehlt es besonders in der akademischen Ausbildung an spezifischen Angeboten für den Holzbau.

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Holzbaus wird zumeist die Holzbauweise mit der Massivbauweise verglichen. Planungs- und Bauprozesse zwischen den beiden Bauweisen unterscheiden sich allerdings so stark voneinander, dass ein einfacher Vergleich kaum möglich ist. Es hängt sehr stark davon ab, welche Parameter bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit einfließen (Kap. 3.1.3).

Hinderlich für die Branchenentwicklung war zuletzt die volatile Entwicklung der Bauholzpreise. Die positive Konjunktur im Bausektor setzte sich fort und führte insgesamt auch zu einer größeren Nachfrage aus den USA, China und Russland. Dies führte in der ersten Jahreshälfte 2021 zu einer temporären Holzknappheit und einem starken Preisanstieg. KMU sind besonders von starken Preissprüngen betroffen, da sie sinkende Gewinnmargen nur schlecht kompensieren können.

Forschung und Technik

Bei mehrgeschossigen Gebäuden entstehen neue Anforderungen an das zu verbauende bzw. verbaute Holz. Hierzu zählen beispielsweise hohe Druckfestigkeiten oder besondere Brandschutzanforderungen. Dies treibt zahlreiche Innovationen bei Werkstoffen sowie Verarbeitungs- und Fügetechnologien voran (Kap. 3.2.1).

Der Einsatz digitaler Technologien wie Building Information Modelling (BIM) und Robotik in Holzbauverfahren erlaubt eine effizientere Projektumsetzung; Planungszeiten werden verkürzt, Bauteile können schneller produziert werden als zuvor. Besonders der Mittelstand tut sich mit der Einführung noch schwer, könnte aber durch ihren Einsatz seine Wettbewerbsfähigkeit steigern (Kap. 3.2.2).

Der geringe Standardisierungsgrad im Holzbau ist ein wesentliches Hemmnis für die Entwicklung des Holzbausektors. Bauteilkataloge wie dataholz.eu und dataholz.de stellen daher eine wichtige Planungshilfe dar und befördern die Standardisierung von Produkten, da in den Datenbanken aufgeführte Produkte verstärkt genutzt werden. Ebenso können Systembaukästen mit standardisierten, miteinander kombinierbaren modularen Komponenten die Realisierung von Holzbauprojekten vereinfachen (Kap. 3.2.3).

Politik und Recht

Staat und Kommunen haben eine wichtige Vorbildfunktion für den Bau nachhaltiger und ressourceneffizienter Gebäude. Durch direkte und indirekte Maßnahmen wie z.B. eine Stadtentwicklung nach nachhaltigen ökobilanziellen Kriterien oder Set-



zung fiskalischer Anreize können sie den Holzbau auch im privaten Sektor befördern (Kap. 3.3.1).

Aufgrund von Brandschutzvorschriften können Häuser in Holzbauweise nicht beliebig hoch gebaut werden. Erst seit Anfang 2000 wurde durch eine Anpassung der Musterbauordnung (MBO) in Verbindung mit der Muster-Holzbaurichtlinie (MHolzBauRL)¹ erstmals der Bau von Gebäuden in Holzbauweise bis 13 m Höhe möglich. Eine Neufassung der MHolzBauRL wurde im Juni 2021 vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt 2021) veröffentlicht. Danach sind unter bestimmten Voraussetzungen, sofern sie in Massivholzbauweise gebaut werden, Gebäude bis zu 22 m Höhe zulässig (mit Sondergenehmigungen sind auch noch deutlich höhere Bauten zulässig wie das geplante 100 m hohe WoHo in Berlin). Von Vertreter/innen der Holzbaubranche wird allerdings kritisiert, dass selbst nach der Novellierung der MBO häufig noch Abweichungen beim Bauamt beantragt werden müssen. Dies resultiert in einem erhöhten Planungsaufwand und erschwert eine effektive und effiziente Umsetzung des Holzbaus (Kap. 3.3.2).

Die traditionellen Bauweisen, welche durch eine Vor-Ort-Produktion charakterisiert sind, spiegeln sich in der Organisation von Projektablaufen und in der Gesetzgebung. Die klare Trennung von Planung und Ausführung korrespondiert mit den Vorgaben im Vergaberecht. Diese Vorgehensweise stößt beim Holzbau jedoch an ihre Grenzen. Im Gegensatz zum konventionellen Bau, wo eine schrittweise und baubegleitende Planung von Rohbau, Fassade bis Ausbau möglich ist, sind aufgrund des mehrschichtigen Aufbaus der Holzmodule frühzeitig im Planungsprozess alle Aspekte zu Brand- und Schallschutz sowie Feuchte- und Wärmeschutz bei der Gebäudehülle zusammenhängend zu planen. Ferner erfordert der hohe Vorfertigungsgrad bei Holzbauprojekten alle spezifischen Aspekte hinsichtlich Fertigung, Transport und Montage bereits in frühen Planungsphasen zu berücksichtigen. Fehlt der Einbezug spezifischer Holzbaukompetenz in den frühen Planungsphasen, müssen daher im weiteren Verlauf des Bauvorhabens zumeist Umplanungen durch das ausführende Holzbauunternehmen erfolgen. Dies führt zu Zeitverlusten und höheren Kosten (Kap. 3.3.3).

Umwelt

Deutschland verfügt im europäischen Vergleich über große, noch immer leicht steigende Holzreserven. Bei einer Fortschreibung der Waldholznutzung auf dem Niveau von 2016 steht auch in den nächsten 30 Jahren genügend Nadel- und Laubholz für den Holzbau zur Verfügung. Offen ist allerdings, wie sich die Bauholzverfügbarkeit vor dem Hintergrund steigender Holznutzungsquoten sowie zunehmender Waldschäden und steigender Schadholzmengen verändert. Folgende Aspekte sind vor

1 Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL)



dem Hintergrund des geplanten Waldumbaus und einer steigenden Holzbauquote relevant (Kap. 3.4.1):

- **Zukünftige Holzverfügbarkeit:** Die Ergebnisse der Berechnungen von Holzquoten und Holzverfügbarkeit hängen sehr stark von den gewählten Prämissen ab. Je nach Szenario zeichnen sich ausreichende Nadelholzmengen oder aber Bedarfe für einen Import ab. Unter der Voraussetzung, dass sich die bisherige Waldentwicklung weitgehend fortsetzt, stünden bei einem Anstieg der Holznutzung im Gebäudebau (Erhöhung der Holzbauquote auf 55 % bei Ein- und Zweifamilienhäusern und 15 % bei Mehrfamilienhäusern, was einem Mehrbedarf an Holz von 1,9 Mio. m³ entspricht) in den nächsten Jahrzehnten ausreichend heimische Holzkapazitäten zur Verfügung.
- **Importbedarfe:** Aufgrund der sich durch den Waldumbau veränderten Rohstoffbasis und potenziell wachsender Holzquoten in verschiedenen Wirtschaftssektoren könnte der Bedarf für Nadelholzimporte aus den Nachbarländern Tschechien, Polen und Frankreich perspektivisch zunehmen.
- **Verstärkter Einsatz von Laubholz:** Der geplante Waldumbau in Richtung Laub- und Mischwald beeinflusst die Zusammensetzung der Rohstoffbasis und Lieferketten. In diesem Zusammenhang sind noch wesentliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erforderlich, damit Laubholzprodukte vermehrt im Bau eingesetzt werden können und wettbewerbsfähige Preise erzielen.
- **Holz aus nachhaltigen Quellen:** Global betrachtet wären theoretisch bis zu 90 % Holzanteil im Bau langfristig umsetzbar, wenn Wohnflächenbedarfe pro Person konstant blieben und die Wälder nachhaltig bewirtschaftet würden. Dabei spielen Zertifikate wie FSC oder PEFC als Nachweis der Herkunft des Holzes aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung eine wichtige Rolle. Kritisch hierbei ist, dass die nachhaltige Bewirtschaftung trotz Zertifikate nicht immer nachvollzogen werden kann. Bei einem global hohen Anstieg der Holzbauquote dürften internationale Regulierungen zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Wäldern erforderlich werden.
- **Wettbewerb zwischen stofflicher und thermischer Verwertung von Holz:** Bei einer steigenden Holzbauquote wird vor allem der Wettbewerb zwischen Holz als Baustoff und Holz als Brennstoff zunehmen. Der wichtigste Hebel zur Minderung des Wettbewerbs zwischen energetischer und stofflicher Nutzung liegt primär in der Verringerung des Energiebedarfs bei Gebäuden und einem insgesamt geringeren Ressourcenverbrauch.
- **Mögliche Zielkonflikte bei der Waldnutzung:** Die noch nicht absehbaren Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald könnten die Notwendigkeit des Holzbausektors, vermehrt Laubhölzer im Bau einzusetzen, massiv beschleunigen. Je nach Ausmaß der Waldschäden durch den Klimawandel ergeben sich unter Umständen Zielkonflikte zwischen der Intensivierung der Holznutzung einerseits und dem Erhalt von Waldfunktionen andererseits.
- **CO₂-Einsparpotenzial:** Im Gebäudesektor werden global 19 % aller Treibhausgase produziert. Die Zementherstellung trägt allein 8 % zu den globalen Emissionen



bei. Wurde der Blick lange Zeit auf den energieeffizienten Gebäudebetrieb gerichtet, rückt im Zuge der Entstehung von Häusern mit immer besseren energetischen Standards zunehmend die Wahl des Baumaterials für Neubauten in den Mittelpunkt. Die verstärkte Verwendung des Baumaterials Holz kann zum Erreichen ökologischer Nachhaltigkeitsziele (Reduktion von CO₂-Emissionen und Abfall) beitragen, wie Studien belegen.

- Kaskadennutzung von Holz: Ein weiterer Umweltaspekt für den nachhaltigen Einsatz von Holz im Bau ist dessen Mehrfachnutzung. Hier gilt es Schadstoffe bei der Behandlung des zu verbauenden Holzes zu vermeiden sowie Konzepte für den Rückbau und Verfahren für das Upcycling von Holz zu entwickeln (Kap. 3.4.2).
- Natürliche Emissionen: Holz ist ein Werk- und Baustoff, der flüchtige organische Stoffe enthält. Diese VOC (volatile organic compounds), zumeist Terpene, sind für den typischen Holzgeruch verantwortlich. Im Allgemeinen sind diese Stoffe gesundheitlich unbedenklich. Bei sehr sensiblen Menschen können diese Stoffe ähnlich Allergenen (z.B. Nüsse, Duftstoffe) zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen (Kap. 3.4.3).

Gesellschaft

Megatrends wie eine zunehmende Urbanisierung, demografische Veränderung sowie ein gesellschaftlicher Strukturwandel beeinflussen die Anforderungen an Wohnraum in Städten. Durch den wachsenden Zuzug von Menschen in Städte entsteht dort ein stetig größer werdender Bedarf an Wohnungen. Ebenso sorgen neue Vorstellungen und Konzepte des sozialen Zusammenlebens für sich wandelnde Ansprüche an das Wohnen (z.B. sich verändernder Raumbedarf abhängig von der Lebensphase, Verfügbarkeit bezahlbaren Wohnraums, Barrierefreiheit) (Kap. 3.5.1). Die im Holzbau mögliche modulare Bauweise kann dafür eingesetzt werden, auf sich verändernde Anforderungen im Städtebau flexibel, schnell und ökologisch nachhaltig zu reagieren. Auch kann der Holzbau einen Beitrag bei der Nachverdichtung städtischen Baulands leisten, um Flächenreserven zu erschließen (Kap. 3.5.2.)



Handlungsfelder

Hindernisse und Handlungserfordernisse finden sich insbesondere in den Bereichen Markt, Wissensstand, Forschung und Entwicklung sowie Politik und Regulierung.

Stärken	Potenztiale
• Der moderne Holzbau knüpft an eine in Deutschland gut verankerte Handwerkstradition an. • Leuchtturmprojekte demonstrieren das städtebauliche Potenzial des Holzbaus im urbanen Raum. • Die Umsatzentwicklung in der Holzbaubranche entwickelte sich in den vergangenen Jahren (bis 2020) positiv. • Das Förderangebot im Bereich Holz(bau)forschung ist vielfältig. • Deutschland zählt international zu den publikationsstärksten Nationen rund um das Thema Bauen mit Holz. • Deutschland verfügt über große Holzreserven. • Die Zahl der Auszubildenden im Zimmerer- und Holzbaugewerbe ist in den letzten Jahren stetig angestiegen	• Wichtige Option zur Bewältigung der stetig steigenden Nachfrage nach städtischem, nachhaltigem Wohnraum. • Marktpotenztiale besonders in den Segmenten Aufstockungen und energetische Fassadensanierung, ferner auch in den Bereichen Baulückenschluss und Zweckbauten. • Holzhybridbau auch für die Massivbauindustrie attraktiv. • Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse könnten sich zugunsten des Holzbaus auswirken. • Laubholzprodukte könnten zu wettbewerbsfähigen Preisen als Massenprodukt im Bau Einsatz finden. • Eine frühzeitige Einbindung von Fachleuten mit Holzbaupertise in Planungs- und Vergabephase könnte Zeit- und Kostenvorteile ermöglichen.
Schwächen	Risiken
• Dominanz sehr weniger (oftmals größerer) Unternehmen mit Wettbewerbern primär aus Österreich und der Schweiz. • Defizite im Bereich der akademischen Ausbildung zum Thema Holzbau. Kompetenzengpässe in Behörden, um die spezifischen Anforderungen für den urbanen Holzbau bei der Vergabe von Aufträgen fachlich zu begleiten. • Geringe Standardisierung führt zu Effektivitäts- und Effizienzverlusten. • Die vielfältige Förderung auf Bundes- und Landesebene ist noch wenig abgestimmt. • Trotz Reformen erschweren baurechtliche Anforderungen den mehrgeschossigen Holzbau.	• Wettbewerb zwischen Herstellern holzbasierter und mineralischer Baustoffe könnte steigen. • Eine anhaltende Volatilität der Bauholzpreise könnte die Wachstumsaussichten der Holzbaubranche trüben. • Steigender Export könnte zu einer Holzverknappung auf den heimischen Märkten führen. • Der Zielkonflikt zwischen dem Holzverbrauch einerseits und dem Erhalt der Waldfunktion andererseits könnte sich verschärfen. • Eine nachhaltige Kaskadennutzung von Holz bzw. Holzverbundstoffen könnte nicht gelingen. • Die öffentliche Hand könnte wg. potenzieller Überschreitung von VOC-Grenzwerten in Innenräumen auf den Holzbau verzichten. • Bei global stark gesteigerter Holzbaquote könnte die Holzverfügbarkeit aus nachhaltigen Quellen nicht sichergestellt sein.

Kompetenzaufbau und Standardisierung

Aufgrund der mittelständigen Prägung des Holzbausektors bestehen Engpässe bei fachlichen, finanziellen und personellen Kapazitäten besonders bei der Realisierung von größeren bzw. mehrgeschossigen Holzbauvorhaben. Ein Ansatz könnte sein, dass sich Holzbauunternehmen in Verbünden zusammenschließen, um finanzielle Risiken in der Gemeinschaft zu tragen.



Der Einsatz neuer Technologien und Materialien im Holzbau bedingt Anpassungen in Bildung und Lehre. Ein Handlungsbereich besteht demnach in der gezielten Entwicklung von Ausbildungscurriculae, insbesondere in der akademischen Ausbildung, die Lücken bei Anforderungsprofilen z.B. mit Blick auf Werk- und Montageplanung, Brandschutz, Serienfertigung oder Kaskadennutzung schließen. Zusätzlich müssten adäquate Fortbildungsangebote für Nichtholzbaufachleute in Behörden geschaffen werden.

Da die fehlende Standardisierung ein Hemmnis für das Bauen mit Holz darstellt, sollte sie vorangetrieben werden. Bauteilkataloge wie dataholz.eu und dataholz.de stellen eine wichtige Planungshilfe dar. Ebenso können Systembaukästen mit standardisierten, miteinander kombinierbaren modularen Komponenten die Realisierung von Holzbauprojekten vereinfachen.

Schließlich besteht ein Handlungsfeld im Umgang mit möglichen Transformationen innerhalb von Branchen. Der Wettbewerb zwischen Herstellern nachhaltiger und energieintensiver Baustoffe wird wahrscheinlich steigen. Eine Verschiebung von Arbeitskräften zwischen den Sektoren Holzbau und Baustoffe dürfte aufgrund der spezifischen Kompetenzbedarfe nur in Teilen möglich sein. Die Transformation der Baustoffindustrie sollte deshalb rechtzeitig mit Umschulungsmaßnahmen begleitet werden.

Aktueller Wissensstand

Außerdem ist in verschiedenen Bereichen der Wissensstand regelmäßig zu erweitern und zu aktualisieren. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Bauten in Holzbauweise im Vergleich zur Massivbauweise sollten erweitert und bauphysikalische, baubetriebliche und ökologische Faktoren gleichermaßen berücksichtigen. Ferner sind laufende Untersuchungen zur Quantifizierung der Holzverfügbarkeit erforderlich, da diese maßgeblich von der Nachfrageentwicklung nach Holz aus anderen Wirtschaftssektoren, dem sich verändernden Zustand des Waldes angesichts des Klimawandels und Fortschritten beim Waldumbau abhängt. Zugleich gibt es laufenden Wissensbedarf mit Blick auf potenzielle Einspareffekte von Treibhausgaspotenzialen bei der Fortentwicklung verschiedener Bauweisen.

Technologieentwicklung und -implementierung

Eine perspektivisch angepasste Waldbewirtschaftung in Richtung Laubholz erfordert neue Technologien zur Holzverarbeitung und die Entwicklung neuer Laubholzwerkstoffe. Unternehmen sind noch nicht ausreichend auf die besonderen Anforderungen zur Verarbeitung von Laubholz vorbereitet. Hier bedarf es noch Innovationen auch in Bezug auf Prozessabläufe innerhalb der Betriebe. Forschungs- und Entwicklungsbedarfe bestehen ferner im Bereich der Kaskadennutzung von Holz und einem verbesserten Recycling. Dies beginnt bereits bei der Planung von Gebäuden unter Berücksichtigung des späteren Rückbaus.



Ein weiteres Handlungsfeld ist die Implementierung und der Aufbau zum Einsatz von BIM und/oder Robotik. Auch wenn es schon vielfach Einsatz findet, haben insbesondere KMU noch Unterstützungsbedarf. Aufgrund der hohen Planungsanforderungen an den Holzbau und der Möglichkeit zur Serienfertigung können mithilfe des Einsatzes von Building Information Modelling (BIM) oder Robotik Effizienzvorteile gewonnen werden.

Im Bereich der Forschung zum Thema Bauen mit Holz gibt es ein breites Förderangebot. Aufgrund der Vielfalt an unterschiedlichen Programmen und Fördermittelgebern ergibt sich jedoch ein Koordinierungsbedarf zur besseren Abstimmung von Forschung und Entwicklung.

Novellierung, Regulierung und politischer Diskurs

Ein wesentliches Hemmnis sind die baurechtlichen Anforderungen an den mehrgeschossigen Holzbau. Trotz Novellierung der MHolzBauRL (DIBt 2021) sind häufig noch Abweichungen bei den Bauämtern zu beantragen, was eine effektive und effiziente Umsetzung des Holzbaus erschwert.

Als problematisch für den Holzbau erweist sich ferner die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure² (HOAI) und die darin definierten Leistungsphasen, die sich an der konventionellen Bauweise orientieren. Damit es nicht zu Verzögerungen bei der Planung und Umsetzung kommt, wäre es förderlich, einige der in der HOAI definierten Leistungen vorzuziehen bzw. parallel zu bearbeiten. Fernerhin sind die üblichen Vergabeverfahren noch wenig kooperativ angelegt, was aufgrund des hohen Abstimmungsbedarfes bei der Holzbauweise vorteilhaft wäre. Die kooperativen Vergabe- bzw. Kooperationsmodelle müssten jedoch noch weiter in der Praxis erprobt und entwickelt werden, für ihren Einsatz sind mitunter auch Anpassungen im Vergaberecht erforderlich.

Als einen weiteren, hemmenden Faktor hat sich die Volatilität der Bauholzpreise erwiesen. Die Nachfrage nach Holz aus dem Ausland insbesondere China und Nordamerika hat Exporte stark ansteigen lassen. Hier gilt es, die Exporte und Verfügbarkeit von Holz auf heimischen Märkten zu beobachten. Überdies sollten weitere Maßnahmen für die Verfügbarkeit und Nutzbarkeit der Ressource Holz entwickelt und umgesetzt werden.

Holz gibt natürliche Emissionen ab, die auch den typischen Holzgeruch ausmachen. Die erlaubten Grenzwerte in Innenräumen für flüchtige organische Stoffe (VOC) können daher überschritten werden. Es ist abzuwägen, die Toxikologie von holzba-

2 Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI)



sierten Bauprodukten neu zu bewerten und ggf. Toleranzgrenzen für Holzprodukte anzupassen.

Nachhaltiges Bauen (mit Holz)

Der Holzbau stellt eine wichtige Option zur Bewältigung der stetig steigenden Nachfrage nach städtischem Wohnraum dar. Er eignet sich besonders für den Umbau, Aufstockungen und den Baulückenschluss in Ballungszentren, wodurch Flächenpotenziale im urbanen Raum genutzt werden können. Mittels der seriellen und modularen Bauweise können Effizienzpotenziale bei Planung und Bau und damit Kosten- und Zeitersparnisse realisiert werden.

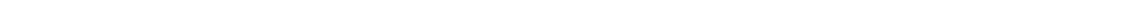
Der öffentlichen Hand kommt eine wichtige Vorbildfunktion für nachhaltiges Bauen zu. Die öffentliche Beschaffung stellt dabei ein wichtiges Instrument dar, um eine Stadtentwicklung unter Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien zu befördern. Materialneutrale Vorgaben in Ausschreibungen zum Baumaterial nach nachhaltigen Kriterien zielen darauf, der wirtschaftlichsten und ökologischsten Bauweise den Vorzug zu geben. Der Holzbau kann dadurch indirekt befördert werden, weil dieser sich voraussichtlich im Wettbewerb um die ökologischste Bauweise durchsetzt.

Ein weiteres Handlungsfeld für die öffentliche Hand ist die Harmonisierung von Strategien der relevanten Ministerien BMEL, BMI, BMBF, BMU ggf. BMF/BMIV mit einer gemeinsamen Zielrichtung auf nachhaltiges Bauen.

Die Menge an zu verbauendem Holz muss unter der Prämisse einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung erfolgen. Die potenzielle Einsparung von Treibhausgasemissionen ist also gegenüber einer ressourcenschonenden Waldnutzung abzuwägen. Wichtige Handlungsfelder sind bereits benannte Aspekte, wie den Wissensstand aktuell zu halten, sich auf verändernde Holzarten und neuartige Holzprodukte einzustellen und Vorgehensweisen für den ressourcenschonenden Einsatz von Bauholz und dessen Wiederverwertung zu implementieren.

Zusätzlich zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung ist besonders bei Importen auf Holz aus zertifizierten Quellen zu achten. Regulierungsbedarfe können sich auf internationaler Ebene ergeben. Ein global stark anwachsender Einsatz von Holz im Bausektor wäre zwingend an eine nachhaltige Bewirtschaftung gebunden.

Grundsätzlich bietet es sich für eine bessere Nachhaltigkeit im Bau an, zusätzlich zum Holzbau verschiedene umweltfreundliche Entwicklungen und Konzepte im Bau (z.B. mit Blick auf Baustoffe, Kaskadennutzung, Energieeinsparung, Recyclingfähigkeit) und bei der Stadtentwicklung (z.B. hinsichtlich sparsamer Flächennutzung, Frischluftkorridore und Begrünungskonzepte, flexible Wohnraumnutzung) voranzutreiben.



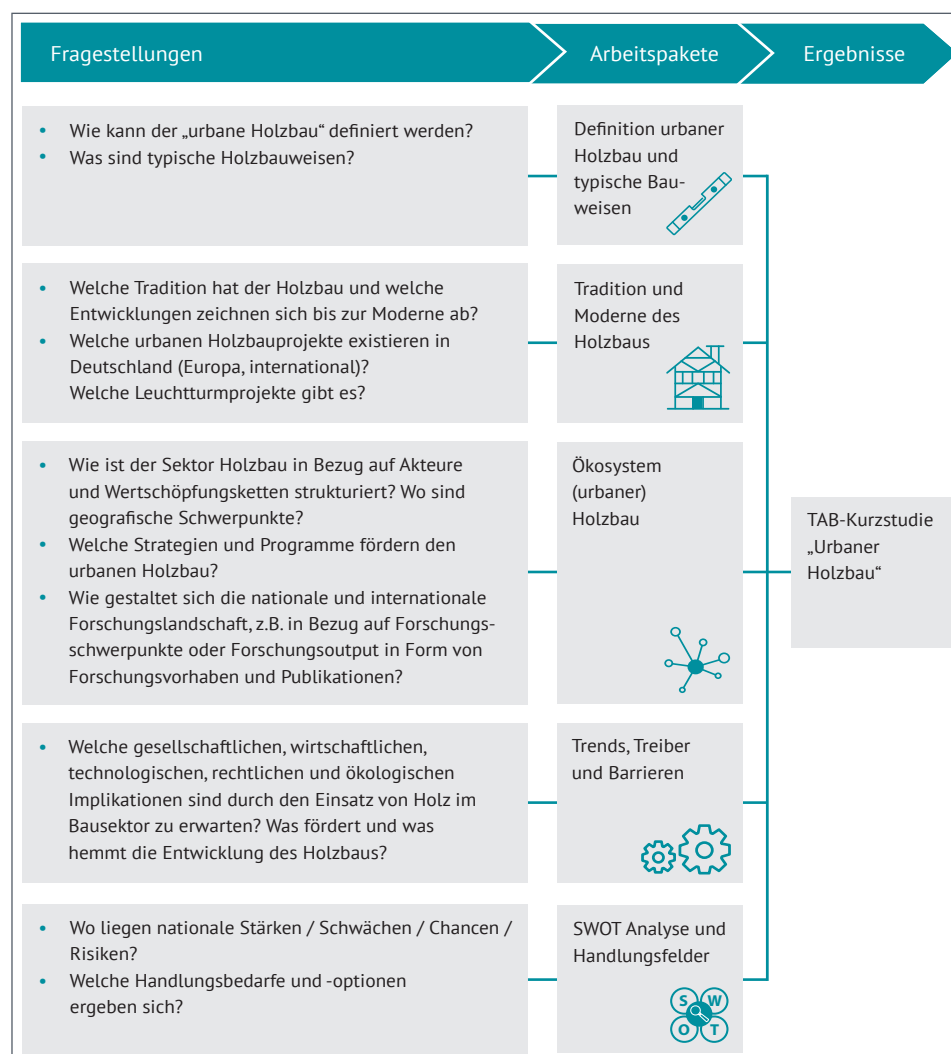


1 Einleitung

Ziel der Kurzstudie ist es, einen Überblick über den Status quo des urbanen Holzbaus in Bezug auf mehrgeschossige Holzhochhäuser und größere Holzbaukomplexe zu geben. Ferner werden Herausforderungen und Potenziale beschrieben.

Zunächst wird eine Arbeitsdefinition zum urbanen Holzbau vorgestellt und erläutert, welche Bauweisen im Holzbau zum Einsatz kommen (Kap. 2.1). Darauf folgt eine Einordnung des Holzbaus in den historischen Kontext und die Darstellung aktueller deutscher und internationaler Leuchtturmprojekte im Holzbau (Kap. 2.2).

Abb. 1 Kernfragen zur TAB-Kurzstudie





Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Beschreibung der Akteurslandschaft im Innovationssystem. In diesem Zusammenhang werden die Wertschöpfungskette und die Branchenstruktur des Holzbausektors, relevante Förderstrategien und -programme sowie die Forschungslandschaft im internationalen Vergleich dargestellt (Kap. 2.3).

Im Mittelpunkt steht die Analyse von förderlichen und hinderlichen Faktoren in den Einflussphären Gesellschaft, Wirtschaft, Technik, Politik und Recht sowie Umwelt (Kap. 3).

Schließlich werden die Ergebnisse zusammenfassend bewertet und mögliche Handlungsfelder abgeleitet (Kap. 4).

Die TAB-Kurzstudie wurde im Zeitraum Mai 2020 bis Dezember 2021 erstellt. Für die Umsetzung kamen verschiedene Methoden zum Einsatz: Mittels einer Quellen- und Literaturanalyse wurden Studien, Forschungs- bzw. Marktdaten sowie Beschreibungen aktueller und geplanter Holzbauvorhaben ausgewertet. Für die Strukturierung des Themenfeldes und zur Vertiefung verschiedener Fragestellungen wurden explorative Interviews mit Akteuren aus dem Holzbausektor geführt. Die Analyse des Forschungsoutputs wurde anhand von wissenschaftlichen Publikationen und Forschungsprojekten in Datenbanken vorgenommen. (Eine detaillierte Darstellung zur Methodik findet sich im Kapitel 2.3.3). Schließlich wurden Ergebnisse einer SWOT-Analyse und Handlungsfelder im Rahmen eines Workshops diskutiert und validiert. Insgesamt waren bei der Erstellung der Studie 18 Expert/innen involviert (Kap. 5).



2 Urbaner Holzbau

Da sich der urbane Holzbau nicht klar als eigenständiger Industriezweig abgrenzen lässt, wird im ersten Schritt eine Arbeitsdefinition vorgestellt. Ferner wird skizziert, für welche Einsatzzwecke sich verschiedene Holzbauweisen besonders eignen. So wird die Tafelbauweise etwa für die Erstellung ganzer Raumzellen favorisiert, während für den Hochbau vor allem der Holzhybridbau in Verbindung mit Beton und Stahl infrage kommt (Kap. 2.1).

Der Holzbau unterliegt einem andauernden Wandel. Daher soll in einem historischen Rückblick aufgezeigt werden, wie sich der Holzbau in den letzten Jahrhunderten bis heute entwickelt hat und welche aktuellen Leuchtturmprojekte die Möglichkeiten des modernen mehrgeschossigen Holzbaus demonstrieren (Kap. 2.2.).

Abschließend wird auf das Netzwerk der verschiedenen Akteursgruppen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik eingegangen, die zusammen das Innovationssystem des modernen Holzbaus bilden (Kap. 2.3). Dies umfasst die Beschreibung der überwiegend mittelständisch, von Kleinstunternehmen geprägten Branchenstruktur und eine Darstellung der im Vergleich zur allgemeinen Baukonjunktur überdurchschnittlichen positiven Entwicklung im Holzbau. Danach folgt eine Übersicht zu den vielfältigen Strategien und Förderprogrammen öffentlicher Akteure, welche den Holzbau direkt und indirekt adressieren sowie abschließend eine Vorstellung der publikationsstarken deutschen Forschungslandschaft im Bereich Bauholz.

2.1 Definition und typische Bauweisen

Eine eindeutige Definition des urbanen Holzbaus existiert nicht, weshalb im Folgenden eine Arbeitsdefinition für die weiterführenden Analysen in diesem Bericht festgelegt wird. Im weitesten Sinne bedeutet Holzbau die Holzverwendung im Bauwesen. Als Holzbau werden somit alle Bereiche im Bauwesen bezeichnet, in denen vorrangig Holz als Baustoff verwendet wird. Dies umfasst die Holzverwendung in verschiedenen Gewerken wie z.B. für Dachkonstruktionen, Fußböden, Fenster, Treppen, Türen, Fassadenbekleidung, Sonnenschutz, Schalungsmaterial oder Wärmedämmung (Weimar/Jochem 2013).

Als Holzbauten im engeren Sinne werden Gebäude bezeichnet, deren tragende Konstruktion in Holzbauweise errichtet wurde. Zu den Bauweisen im modernen Holzbau zählen der Holzskelett-, der Holzmassiv-, der Holzrahmen- und Holztafelbau sowie Mischbauweisen (Holzhybridbau)³:

Der urbane Holzbau bezieht sich auf mehrgeschossige Gebäude mit tragender Konstruktion aus Holz.

³ www.werkhaus-holzbau.de/holzbauweisen.html (6.1.2022)



Der Holzskelettbau ist eine Weiterentwicklung des historischen Fachwerkbaus und folgt dem gleichen Konstruktionsprinzip aus Ständern und Trägern. Heute sind größere Raster und Tragstrukturen möglich, die eine freiere Gestaltung erlauben.

Beim Holzmassivbau werden die Wände (Wandscheiben) vollständig aus Holz aufgebaut, wodurch sich eine gute Dämmung erzielen lässt. Konstruktionen in Holzmassivbauweisen können zudem große Spannweiten erzielen.

Der Holzrahmen- und der Holztafelbau nehmen eine Zwischenstellung zwischen Holzskelett- und Holzmassivbau ein und werden besonders beim Fertighausbau mit hohem Vorfertigungsgrad eingesetzt. Hier werden Vollholzrahmen mit aussteifenden Plattenwerkstoffen beplankt. Die Hohlräume dienen zur Aufnahme der Dämmung. Diese Konstruktion wird für Wände, Dächer und Decken eingesetzt. Die Bauteile werden vorgefertigt und auf der Baustelle montiert.

Es können vollständige Raumzellen in Serie im Werk vorgefertigt und anschließend auf die Baustelle transportiert werden.

Der Holztafelbau unterscheidet sich vom Holzrahmenbau durch einen noch höheren Grad der Vorfertigung, z.B. sind die Wände schon fertig verputzt oder es wurde Haustechnik integriert. Eine Weiterentwicklung der Tafelbauweise ist die Raumzellenbauweise. Hierbei werden die einzelnen Bauteile beim Hersteller zu einem dreidimensionalen Raum montiert. Wasser- und Elektroinstallationen, Fenster und Türen sowie ganze Einrichtungen können bereits im Werk integriert werden. Die Raumzellen werden anschließend auf die Baustelle transportiert und dort aufgestellt, was die Bauzeit um einige Monate verkürzt. Die Raumzellenbauweise hat besonders in der Stadt Einzug gehalten, z.B. für Aufstockungen von ungenutzten Dachflächen oder zur Schaffung von Wohnheimen oder Hotels.

Die Holzhybridbauweise wird oft bei mehrgeschossigen Bauten eingesetzt.

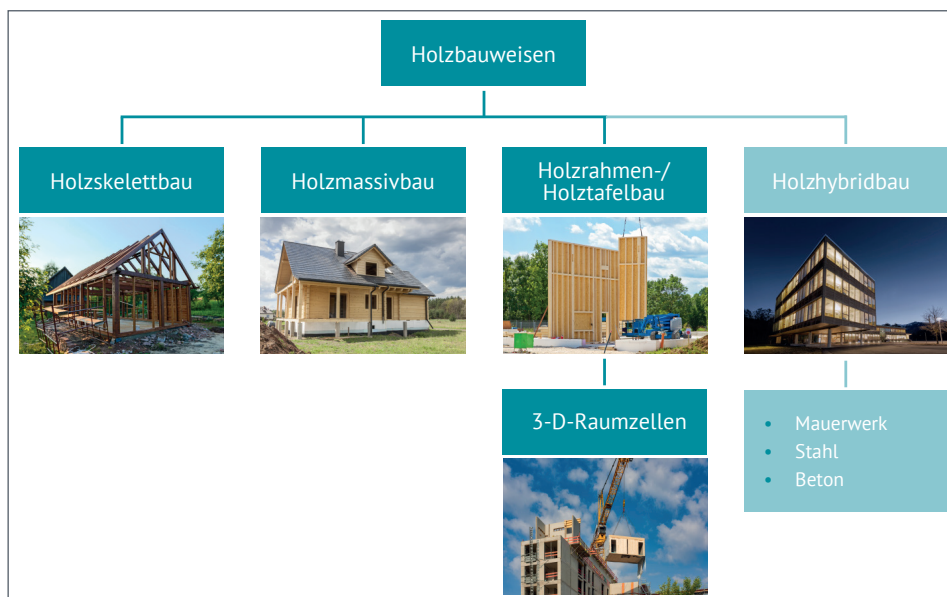
Bei Mischbauweisen bzw. im Holzhybridbau wird Holz mit Bauwerksteilen aus Mauerwerk, Beton oder Stahl kombiniert. Dies wird oft bei mehrgeschossigen Bauten angewendet. Hierdurch können materialimmanente Nachteile des Holzes (z.B. anisotrope⁴ Eigenschaften, geringere Stabilität, Entflammbarkeit, geringere Speichermasse und dadurch Anfälligkeit für Temperaturschwankungen, Schallübertragung) ausgeglichen werden. Im mehrgeschossigen Holzbau werden z.B. Treppenhäuser, Aufzugsschächte, Brandwände oder ganze Geschosse aus Stahlbeton in Kombination mit Holz errichtet. Oder die Gebäudehülle besteht aus wärmegeprägten Holztafelbauelementen. Stahl kommt oftmals zum Einsatz, um punktuell hohe Lasten mittels Träger zu stützen. Ein sehr weit verbreitetes Hybridbauteil ist die Holz-Beton-Verbunddecke, die u.a. Vorteile im Bereich Spannweite, Brandsicherheit und Schallschutz bietet (Kaufmann et al. 2017a, S.43).

4 Holzanisotropie beschreibt die Richtungsabhängigkeit der Eigenschaften im Werkstoff Holz. Diese sind wuchsbedingt und beeinflussen die mechanischen Eigenschaften, das Quellverhalten sowie die elektrische und akustische Leitfähigkeit. Diese Eigenschaften hängen sehr stark von der Holzfeuchte ab. Als naturgewachsener Werkstoff reagiert Holz sehr stark auf Temperatur- und besonders auf Feuchtigkeitsschwankungen, indem es z.B. quillt, sich verzieht oder gar reißt.



Da die Tragwerkskonstruktionen, insbesondere beim Holzhybridbau, aus einem Mix an Materialien bestehen, kommt es bei der Abgrenzung von Holzbauten zu anderen Bauformen auf die Menge an verbautem Holz an. Hierzu gibt es keine eindeutige Festlegung. Als Holzbauten werden zumeist Gebäude bezeichnet, bei denen mehr als 50 % der tragenden Konstruktion aus Holz bzw. Holzwerkstoffen besteht (pro-Holz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft 2022b). Das statistische Bundesamt orientiert sich bei der Festlegung der Gebäudeart an dem dafür überwiegend verwendeten Baustoff („Überwiegend verwendeter Baustoff ist derjenige Baustoff, der bei der Erstellung der tragenden Konstruktion des Gebäudes überwiegend Verwendung findet.“; Destatis 2019, S.31). In dieser Kurzstudie liegt der Fokus auf Gebäuden, die in Holzbauweise errichtet werden und dem Leben und Arbeiten im urbanen Raum dienen. Dies umfasst Neubauten genauso wie die Umnutzung, Aufstockung und Nachverdichtung von in der Regel mehrgeschossigen Wohn- und Nichtwohngebäuden im Bestand (z.B. Schulen, Verwaltungsgebäude, Kindergärten). Unter urbanem Raum werden hier städtische Gebiete im Sinne der Baunutzungsverordnung⁵ (BauNVO) verstanden, die dem Wohnen sowie der Unterbringung von Gewerbebetrieben und sozialen, kulturellen und anderen Einrichtungen dienen, welche die Wohnnutzung nicht wesentlich stören (§ 6a BauNVO).

Abb. 2 Im urbanen Holzbau genutzte Holzbauweisen



Eigene Darstellung; Bildnachweise: janiecbros, parys, fotojog, JARAMA, aNdras (iStock)

⁵ Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO)



2.2 Tradition und Moderne des Holzbaus

Die Nutzung von Holz als Baustoff hat eine lange Tradition und reicht bis in die Jungsteinzeit und Bronzezeit zurück. In der Bodenseeregion und der Ostschweiz sind Überreste von Pfahlbauten dokumentiert, die auf eine frühe Holzbaukultur schließen lassen. In Nord- und Mitteleuropa blieb Holz bis in die Neuzeit der wichtigste Baustoff (Krötsch 2020). Hier wurden Gebäude vor allem als Block- oder Pfostenbauten errichtet. Schon der Blockbau, als älteste Konstruktionsmethode des Holzbaus, ermöglichte mehrere Geschosse (Krötsch/Müller 2017, S.10). Beim Blockbau werden durch das horizontale Aufschichten von Holzblöcken oder -balken geschlossene, winddichte und wärmedämmende Wände konstruiert. Beim Pfostenbau entsteht ein Skelettbau mit in den Erdboden gerammten Pfosten. Da hier der Holzbedarf wesentlich geringer als bei Blockbauten war, verbreiteten sich Pfostenbauten auch in weniger waldreichen Gebieten. Die Wände zwischen den Pfosten wurden beispielsweise mit Lehm gefüllt (Krötsch 2020). Die in den Boden gerammten Hauptstützen waren jedoch dauerhafter Feuchtigkeit ausgesetzt, wodurch sich die Lebensdauer auf 20 bis 30 Jahre begrenzte. Ein Auswechseln der Pfosten als primäres Tragwerksteil war nicht möglich, weshalb bei Fäulnis das gesamte Gebäude ersetzt werden musste (Kaufmann et al. 2017c, S.11).

Im Mittelalter entstanden die ersten mehrstöckigen Holzhäuser in Europa.

Im Mittelalter setzte sich in Europa zunehmend der Fachwerkbau durch, der einem grundsätzlich anderen konstruktiven Ansatz folgt und damit eine bautechnische Revolution einleitete. Erstmals konnten mehrgeschossige Gebäude gebaut werden (Kaufmann et al. 2017c, S.11). Tragende Teile konnten nun ausgetauscht werden, ohne dass die ganze Konstruktion gefährdet war. Ein Beispiel ist der 1445 erbaute 7-geschossige „Alte Bau“, ein ehemaliger Kornspeicher in Geislingen, Baden-Württemberg, der mit seinem hohen Alter von der Dauerhaftigkeit dieser Konstruktionsmethode zeugt.

In Ostasien wurden zahlreiche mehrstöckige Pagoden aus Holz errichtet.

Während sich in Europa die für den Fachwerkbau charakteristische Wandkonstruktion im traditionellen Holzbau als prägend erwies, ist der ostasiatische historische Holzbau durch einen reinen Skelettbau mit detaillierter Dachkonstruktion charakterisiert. Im Gegensatz zum europäischen Fachwerkbau sind bei den ostasiatischen Gebäuden die Wände meist nicht Teil des primären Tragwerks. Alle Konstruktionsmaßnahmen, die nötig sind, das Gebäude auszusteifen und gegen Abheben oder Kippen zu sichern, sind in der Dachkonstruktion integriert. Das Dach wird von den Stützen getragen, die ohne besondere Verankerung lose auf einzelnen Sockelsteinen stehen. Viele japanische oder chinesische Tempel erinnern noch heute an diese Bauweise. Die 5-stöckige Pagode „Horyu-ji“ in Japan gilt als ältestes Holzhochhaus der Welt. Erbaut wurde es während der Asuka-Periode 593 bis 710 (DBZ 2018). Ein weiteres Beispiel ist der 888 erbaute 5-geschossige Tempel „To-ji“ in Japan. Diese Form der Konstruktion war sehr beständig und gewährleistete eine – für diese Region sehr wichtig – hohe Erdbebensicherheit (Krötsch 2020; Krötsch/Müller 2017, S.11).



Abb. 3 Geislingen an der Steige – Kornschreiberhaus 1397 links, alter Bau 1425



Quelle: Franzfoto CC BY-SA 3.0

Leuchtturmprojekte im urbanen, mehrgeschossigen Holzbau

Mit der Errichtung von mehrgeschossigen Holz(hoch)häusern in verschiedenen Städten weltweit wurde die technische Machbarkeit der Holzbauweise demonstriert (TAB 2019) (Abb. 4).

Die einzelnen Bauvorhaben zeigen, welche städtebaulichen und architektonischen Potenziale die Holzbauweise für den urbanen Raum bietet. Dies schließt die Entwicklung ganzer Quartiere oder mehrgeschossige Aufstockungen auf Bestandsbauten mit ein. Die nachfolgend exemplarisch dargestellten Leuchtturmprojekte illustrieren die Möglichkeiten des mehrgeschossigen Holzbaus⁶:

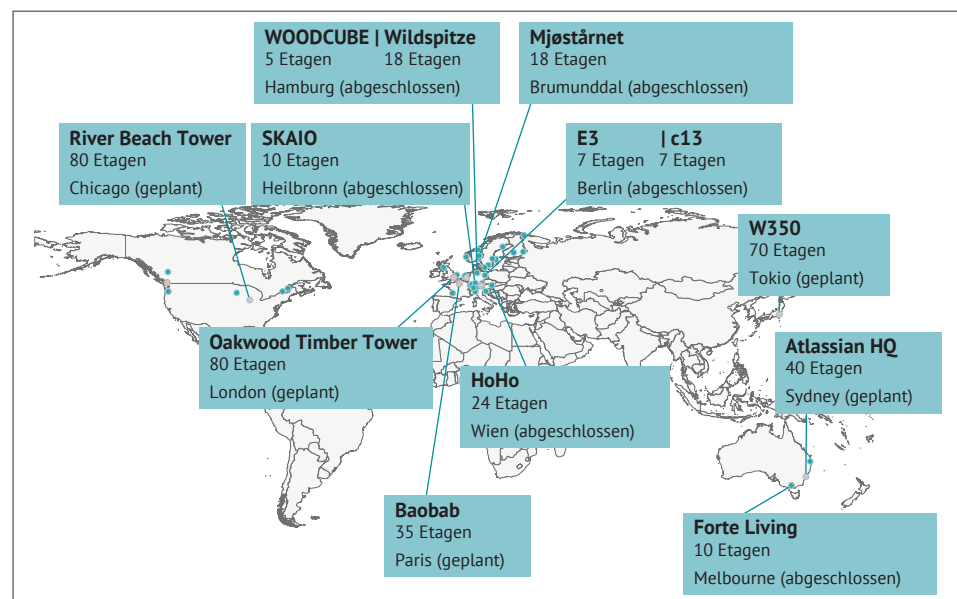
2008 wurden die ersten Bauwerke im Holzhochbau in Deutschland realisiert. In Berlin entstand das E3 (Kaden+Lager 2015), ein Wohnhaus mit insgesamt 7 Stockwerken in Holzbauweise. In Hamburg wurde im selben Jahr das 5-geschossige Wohnhaus

Der Bau mehrgeschossiger Holz(hoch)häuser seit der Jahrtausendwende demonstriert die technische Machbarkeit.

⁶ Ein Überblick zu allgemeinen Holzbauprojekten in Deutschland findet sich auf der Webseite des Informationsdienst Holz: <https://informationsdienst-holz.de/holzbauten> (6.1.2022)

„WOODCUBE“ eingeweiht (IBA Hamburg o.J.). 2011 folgte das 8-geschossige Wohnhaus „H8“ in Bad Aibling (sdg21.eu 2016) und die Architekten Kaden+Lager, die bereits das „E3“ entworfen hatten, stellten mit „c13“ ein weiteres, diesmal 7-geschossiges Wohnhaus in Berlin fertig.

Abb. 4 Weltkarte mit Standorten von Gebäuden in Holzbauweise sowie ausgewählten fertiggestellten und geplanten Leuchtturmprojekten im Holzbau



Eigene Darstellung

2019 entstand mit SKAIO in Heilbronn das erste Holzhochhaus in Deutschland.

Durch die gleichen Architekten folgte 2019 mit „SKAIO“ ein 34 m hohes Haus mit 10 Geschossen in Heilbronn (Kaden+Lager 2019). Das in Deutschland zurzeit markanteste Vorhaben ist das in Bau befindliche „Roots“ (vorher bekannt als „Wildspitze“ (Schneider 2020)) in der Hamburger Hafencity. Hierbei handelt es sich um ein rund 64 m hohes, 18-geschossiges Haus, das neben Wohnungen auch Büroräume umfasst (Garbe Immobilien Projekte o.J.). Der Bau weiterer Hochhäuser in Deutschland befindet sich in der Planung wie das mit 98 m höchste Wohnhochhaus in Deutschland „WoHo“ mit 29 Geschossen und 18.000 m² reiner Wohnfläche (60 %), das in Berlin entstehen soll (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen 2021). Das Projekt befindet sich im Bebauungsplanverfahren (Stand Oktober 2021). Mit einer Fertigstellung wird frühestens ab 2026 gerechnet.⁷

Internationale Beispiele verdeutlichen ebenso die Möglichkeiten des urbanen Holzbbaus. In Europa setzten Schweden und Großbritannien 2008 die ersten Holzhochbauprojekte um. Seit 2011 werden jährlich zahlreiche neue Projekte auf der gan-

⁷ <https://utb-berlin.de/woho-das-wohnhochhaus/> (6.1.2022)



Abb. 5 Konzeptvorschlag Wohnhochhaus „WoHo“ in Berlin-Kreuzberg



Quelle: UTB Projektmanagement GmbH

zen Welt realisiert, mit stark steigender Tendenz. In Melbourne (Australien) entstand 2012 das 10-geschossige Mehrfamilienhaus „Forte Living“ (WoodSolutions o.J.). Mit dem Bürogebäude „Surstoffi 22“ in Zug/Risch-Rotkreuz entstand 2018 das erste 10-geschossige Holzhochhaus in der Schweiz (Burkard Meyer Architekten Baden o.J.). 2019 wurde in Norwegen das mit 85 m (18 Geschosse) bis zu diesem Zeitpunkt höchste fertiggestellte Holzhochhaus „Mjøstårnet“ in Brumunddal (Moelven 2019) und in Wien das 84 m hohe und 24 Geschosse umfassende Holzhochhaus „HoHo“ errichtet (Baufeld Delta 2017).

Insbesondere bei Studentenwohnheimen wird der Holzbau verstärkt eingesetzt. 2013 wurde in Paris in der „Cité Universitaire“ das 7-geschossige „Maison de l'Inde“ als Studentenwohnheim in hybrider Holzbauweise errichtet (Lipsky-Rollet/Gaujard 2013). 2017 baute die University of British Columbia (Vancouver, Kanada) das „Brock Commons Tallwood House“, das 63 m hoch ist und über 18 Geschosse verfügt (HK-Architekten 2019). Die beiden in Berlin 2017 und 2018 von berlinovo erbauten Wohnheime mit ca. 250 Apartments sowie das 2018 errichtete 7-stöckige Studentenwohnheim „Blackdale“ der University of East Anglia (Norwich, Großbritannien) (LSI Architects 2018) und das 14-geschossige „Light House“ in Joensuu, Finnland (Wood Design & Building 2020) sind weitere Beispiele für größere Wohnbauvorhaben für Student/innen in Holzbauweise.

Populär ist die Holzbauweise bei Studentenwohnheimen.

Abb. 6 Holzhochhaus Mjøstårnet in Brumunddal



Quelle: <https://mediabank.moelven.com/mediaroom.html>

Die Holzbauweise wird zurzeit in Modellvorhaben bei der Quartiersentwicklung erprobt.

Die Holzbauweise wird zunehmend auch in Stadtplanungsprojekten eingesetzt. In Finnland wurden zwischen 2015 und 2018 mit „Puukuokka“ mehrere Wohngebäude in Holzbauweise erbaut (Hamm 2015). Mit einer Gesamtfläche von 18.650 m² entstand somit ein ganzer Wohnkomplex. Schon seit 2015 läuft in Paris ein Vorhaben zur Stadtentwicklung „Réinventer Paris“ (Ville de Paris 2019), bei dem der architektonische Komplex „Baobab“ entstehen soll. Neben einem 35-stöckigen Holzhochhaus sollen auch eine Reihe von Wohngebäuden und ein Hotel aus Holz entstehen. Auch in Deutschland gibt es Vorhaben zur Quartiersentwicklung in Holzbauweise. In München Riem entstehen 11 Holzhochhäuser mit 45 bis 60 m Höhe im Rahmen einer Nachverdichtung (Dürr 2019) und in Berlin soll das „Schumacher Quartier“ mit über 5.000 Wohnungen im Zuge der Nachnutzung des Tegeler Flughafens ein Modellquartier für den urbanen Holzbau werden.⁸

Zur Erweiterung von Wohnraum werden Aufbauten in Holzbauweise auf Gebäude im Bestand errichtet.

Zu nennen sind an dieser Stelle auch mehrgeschossige Aufbauten auf bereits bestehenden Gebäuden. Ein Beispiel hierfür befindet sich in Rotterdam (Niederlande). Hier wurde das 1945 gebaute Einkaufszentrum „Ter Meulen“ in einer hybriden Bauweise aus Stahl und Holz um 16 Stockwerke erweitert und zum ca. 70 m hohen Gebäude „De Karel Doorman“ umgewandelt (ARCHIPENDIUM 2013).

⁸ www.berlintxl.de/das-projekt/urbaner-holzbau.html (6.1.2022)



Parallel zu den sich bereits in konkreter Planung befindlichen Holzhochhäusern werden auch Konzepte für noch sehr viel höhere Gebäude mit eher visionärem Charakter entwickelt. Entsprechend weit in der Zukunft liegen daher auch die genannten Realisierungszeitpunkte.

Abb. 7 De Karel Doorman – Aufbau auf einem Einkaufszentrum



Quelle: emporis/Michiel van Dijk

In einem Projekt der PLP Architecture (o.J.), der Smith and Wallwork Ltd und der Universität Cambridge wurden bereits 2016 die Pläne zum „Oakwood Timber Tower“ in London vorgestellt. Das Gebäude soll 300 m hoch werden und insgesamt 80 Etagen umfassen.

Auch in anderen Teilen der Welt wurden solche Projekte bereits vorgestellt. In Chicago soll mit dem „River Beach Tower“ ein ähnlich hohes Holzgebäude entstehen (Perkins&Will o.J.). Der Softwarehersteller Atlassian plant in Sydney den Bau seiner neuen 40-geschossige Hauptzentrale als Holzhochhaus (O’Sullivan 2020). Nicht zuletzt ist in Tokio mit dem „Plyscraper“ W350 das mit 350 m und 70 Etagen höchste Gebäude geplant. Aus Gründen der Erdbebensicherheit soll es durch ein Stahlgerüst gestützt werden. Die Fertigstellung ist erst in 20 Jahren für 2041 vorgesehen (Hühn 2019). Bei diesen visionären Projekten geht es vor allem um das Prestige, im Wettrennen um das höchste Holzhochhaus weit vorne mit dabei zu sein. Sie erfordern allerdings noch einiges an Pionierarbeit mit Blick auf technische Machbarkeit, über-

Visionäre Projekte zielen auf Holzhochhäuser mit über 40 bis zu 70 Etagen.

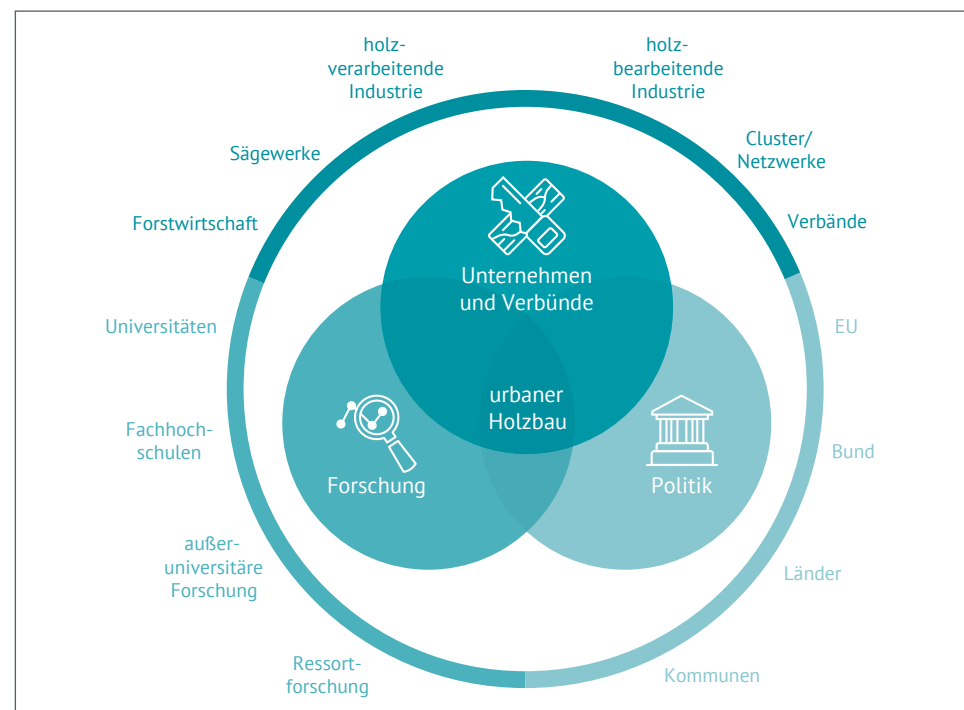
wiegend müssen auch noch Investoren gefunden werden. Ob diese Großprojekte tatsächlich realisiert werden, bleibt also noch abzuwarten.

2.3 Innovationssystem des (urbanen) Holzbaus

Der urbane Holzbau ist ein Teilsegment des Holzbaus und wird maßgeblich durch dessen Rahmenbedingungen bestimmt. Daher wird nachfolgend das Innovationssystem Holzbau und die daran beteiligten unternehmerischen, politischen und wissenschaftlichen Akteursgruppen inklusive Netzwerke und Cluster beschrieben. Dies bildet die Grundlage für die im Anschluss durchgeführte Analyse von Trends sowie auf das Innovationssystem wirkende förderliche und hinderliche Faktoren.

Drei verschiedene Akteursgruppen prägen das Innovationssystem (Abb. 8). Eine erste Gruppe bilden Unternehmen zusammen mit Clustern, Netzwerken und Verbänden. Die Unternehmen finden sich auf den verschiedenen Wertschöpfungsstufen von der Forstwirtschaft bis zur holzbearbeitenden Industrie. In den Clustern, Netzwerken und Verbänden sind verschiedene Akteure aus dem Innovationssystem zu Kooperations- und Vernetzungszwecken zusammengeschlossen.

Abb. 8 Innovationssystem urbaner Holzbau



Eigene Darstellung



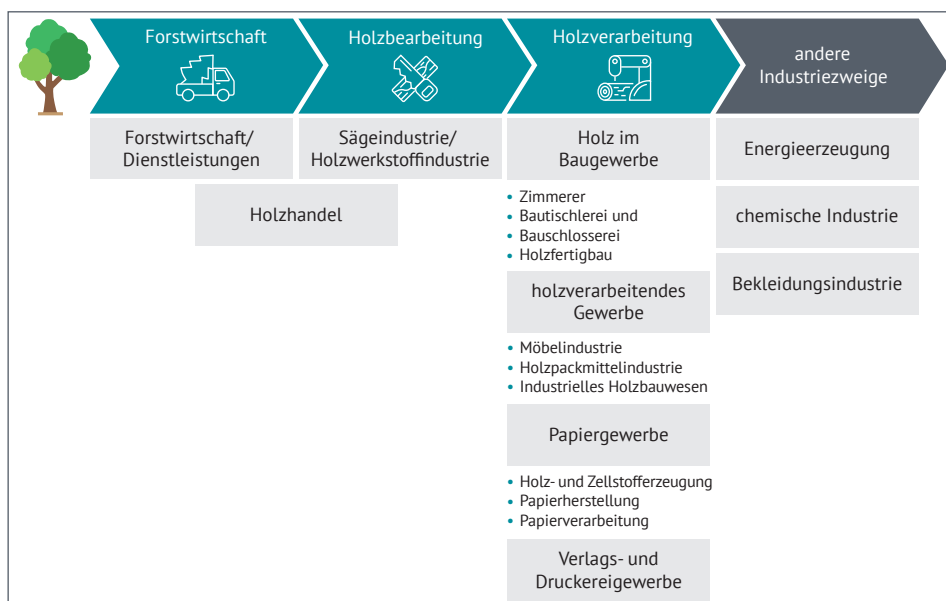
Als zweite Gruppe sind verschiedene öffentliche politische Akteure wie europäische Institutionen, Bundes- oder Landesministerien von Bedeutung, die den politischen Rahmen setzen und mittels Förderprogrammen den Holzbau fördern. Schließlich vermitteln Hochschul- und Forschungseinrichtungen als dritte Akteursgruppe Wissen, bringen Fachkräfte hervor und leisten Forschungsarbeiten rund um den Holzbau.

2.3.1 Unternehmen: Branchenstruktur und Wertschöpfungskette

Der urbane Holzbau ist als Branche kaum abzugrenzen, weil dieser keine eigenständig statistisch erfasste Industrie ist, sondern ein Teilbereich der Branche „Holzbau im Baugewerbe“. Diese ist wiederum Teil des Clusters „Forst und Holz“, in dem verschiedene Branchen der Forst- und Holzwirtschaft mit einer Verbindung zum Werkstoff Holz zusammengefasst sind (Abb. 9).⁹ Innerhalb der Branche „Holzbau im Baugewerbe“ werden Daten zum Holzbau im Industriezweig „Zimmerei und Ingenieurholzbau“ durch das Statistische Bundesamt erfasst.

Der urbane Holzbau ist kein eigenständiger Wirtschaftszweig, sondern als Anwendungsfeld Teil der Holzbaubranche.

Abb. 9 Cluster „Forst und Holz“ – Wertschöpfungskette



Eigene Darstellung basierend auf Johann Heinrich von Thünen-Institut (2020)

⁹ Der Cluster „Forst und Holz“ charakterisiert die verschiedenen Branchen der Forst- und Holzwirtschaft und ist nicht zu verwechseln mit der Verwendung des Begriffs Cluster als Zusammenschluss von kooperierenden Institutionen.



Der Holzbau ist Teil einer verflochtenen Wertschöpfungskette

In Abbildung 9 sind die Branchen des Clusters „Forst und Holz“ entlang einer idealtypischen Wertschöpfungskette dargestellt: ausgehend vom Rohstoff Holz hervorgebracht durch die Forstwirtschaft, über die weitere Holzbearbeitung durch die Säge- und Holzwerkstoffindustrie bis zur Holzverarbeitung.

Aufgrund des Kuppelproduktcharakters von Holz besteht zwischen den einzelnen Industrien innerhalb des Clusters „Forst und Holz“ genauso wie zu anderen Industrien (z.B. chemische Industrie, Bekleidungsindustrie) außerhalb des Clusters eine hohe stoffliche Verflechtung.

Die Wertschöpfungskette des Clusters „Forst und Holz“ ist durch eine hohe stoffliche Verflechtung geprägt.

So fallen bei der Holzbearbeitung in der Sägeindustrie beispielsweise Hackschnitzel und Sägespäne an, die in der Holzwerkstoff- oder Papierindustrie weiterverarbeitet, für Bekleidungsmaterialien verwendet oder zur Energieerzeugung verwertet werden. Ebenso sind stoffliche Rückflüsse zu verzeichnen, etwa durch die Weiterverarbeitung von Altpapier bei der Papierherstellung oder (zusammen mit Altholz) bei der thermischen Verwertung.

Branchenstruktur des Holzbausektors

Laut Angaben des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL 2018a, S.9) arbeiten im Cluster „Forst und Holz“¹⁰ ca. 1,1 Mio. Menschen, die einen Umsatz von fast 180 Mrd. Euro in Deutschland erzielen. Ohne Berücksichtigung von Druckereien und Verlagen arbeiten in der so enger gefassten Forst- und Holzwirtschaft 700.000 Menschen, die einen Umsatz von 120 Mrd. Euro pro Jahr erzielen. Hinsichtlich der Unternehmensgröße sind in der Forstwirtschaft, im Holztransport, in der Holzbe- und Holzverarbeitung sowie im Handel mit Roh- und Schnittholz insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sowie Kleinbetriebe¹¹, mit im Schnitt weniger als 10 Beschäftigten (BMEL 2018a, S.34), tätig.¹²

In der Holzbaubranche waren 2019 rund 11.600 Betriebe aktiv.

In der Holzbaubranche¹³ waren 2020 rund 11.900 Betriebe aktiv. Während die Zahl der Betriebe ab 2010 um 10 % wuchs, stieg die Zahl der in diesen Betrieben tätigen Personen im gleichen Zeitraum um 20 % von 59.745 auf 71.561 2020 (Destatis 2021b;

10 Umfasst alle Branchen mit einer Verbindung zum Werkstoff Holz: Forstwirtschaft, Holzbearbeitung, Holzverarbeitung, Holz im Baugewerbe, Papiergewerbe, Verlags- und Druckereigewerbe und Großhandel sowie Holzhandel mit Roh- und Schnittholz.

11 Nach der Definition der Europäischen Kommission zählen Unternehmen, die weniger als 10 Arbeitnehmer/innen beschäftigen und eine Bilanzsumme bis zu 2 Mio. Euro ausweisen, zu den Kleinbetrieben.

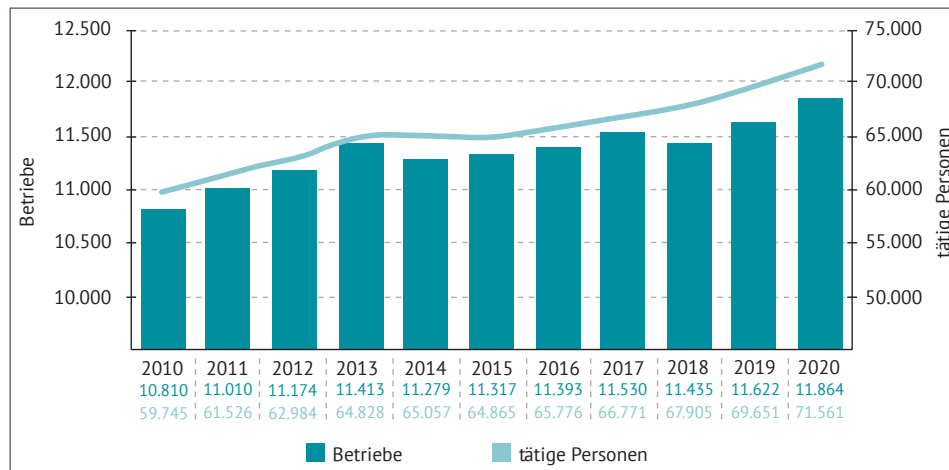
12 Laut EU-Definition zählt ein Unternehmen zu den mittleren Unternehmen, wenn dort weniger als 249 Beschäftigte angestellt sind (EK 2003).

13 Statistisch erfasst durch das Zimmerei- und Ingenieurholzbauhandwerk.



Holzbau Deutschland 2020, S.1).¹⁴ Bezogen auf den gesamten Cluster „Forst und Holz“ entspricht der im Teilbereich Zimmerei und Ingenieurholzbaugewerbe erfasste Unternehmensanteil ca. 10 % und der Personalanteil ca. 7 %.

Abb. 10 Anzahl Betriebe und tätiger Personen im Bereich Holzbau



Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (Destatis), Genesis-Online, Tabelle 44231-0001 (19.1.2021)

Wie im gesamten Cluster „Forst und Holz“ ist auch die Holzbaubranche von sehr kleinen Betriebsgrößen geprägt (Tab. 1). Durchschnittlich sind pro Betrieb lediglich 6 Personen angestellt (Holzbau Deutschland 2020). Die Mehrzahl der Unternehmen (82 %) beschäftigt weniger als zehn Mitarbeiter/innen und nur ein sehr kleiner Teil (rund 30 Betriebe) hat mehr als 50 Beschäftigte.

Die Holzbaubranche ist mehrheitlich von Kleinstbetrieben geprägt.

Tab. 1 Betriebsgrößen der Unternehmen im Holzbausektor 2019

	gesamt	1–4	5–9	10–19	20–49	> 50
tätige Personen	71.561	13.357	19.759	22.260	12.834	1.822
Betrieb	11.864	6.732	2.956	1.681	455	30
Personen/Betrieb	6	2	6,7	13,2	28,2	61

Eigene Zusammenstellung nach Holzbau Deutschland 2020, S. 1

Die Mehrzahl der Forstbetriebe ist in Bayern angesiedelt, gefolgt von Baden-Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen (Statista 2019b). Ebenso befinden sich die meisten Unternehmen der Holzverarbeitenden Industrie in diesen Bundes-

¹⁴ Im Vergleich dazu arbeiten in der deutschen Baustoff-, Steine- und Erdenindustrie etwa doppelt so viele Personen (insgesamt 125.000) in deutlich weniger, nämlich 3.397 Unternehmen (bbs 2020, S.5).

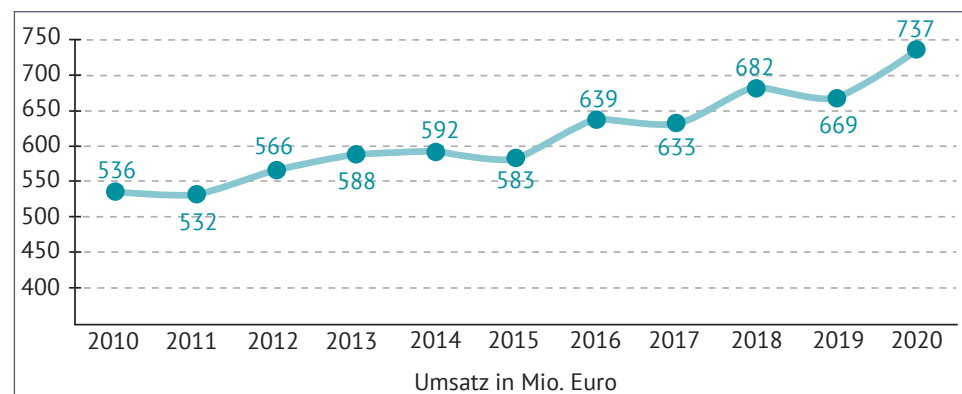


ländern (angeführt von Bayern, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg sowie fast gleichauf Sachsen und Niedersachsen) (Statista 2021b).

Im Holzbau zeigte sich in den letzten Jahren eine positive Umsatzentwicklung.

In den Jahren vor Beginn der Pandemie 2020 sind die Umsätze im Holzbau gegenüber dem Bauhauptgewerbe überdurchschnittlich gewachsen. Abbildung 11 zeigt die Umsatzentwicklung seit 2010, die sich deutlich positiv verändert hat, ausgehend von 5,4 Mrd. Euro 2010 auf 7,5 Mrd. Euro 2020. Die Berechnungen von Holzbau Deutschland (2020) kommen für 2020 auf 8,3 Mrd. Euro Umsatz. Für 2021 wurde von Holzbau Deutschland ein erneuter Zuwachs von 3,5 % auf ca. 8,6 Mrd. Euro prognostiziert (zum Thema Bauboom und Volatilität im Holzmarkt Kap. 3.1.2).

Abb. 11 Baugewerbliche Umsatzentwicklung in den Wirtschaftszweigen Zimmerei und Ingenieurholzbau



Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (Destatis), Genesis-Online, Abrufdatum: 19.10.2021

Verbünde, Cluster und Netzwerke

Die in Deutschland tätigen Unternehmen im Bereich Forstwirtschaft, Holzverarbeitung und Holzbau kooperieren in einer Vielzahl von Zusammenschlüssen, Netzwerken und Clustern¹⁵ auf Bundes-, Landes- und regionaler Ebene.

Circa zehn deutsche Cluster und Netzwerke adressieren den Holzbau.

Zu den Zusammenschlüssen, die den Holzbau direkt oder indirekt adressieren, zählen insbesondere folgende Netzwerke und Cluster:

- BioEconomy Cluster
- Clusterinitiative Forst und Holz in Sachsen, Holzbaukompetenz Sachsen e.V.
- Cluster Forst und Holz in Bayern
- Cluster Forst und Holz Rheinland-Pfalz
- Forst und Holz Allgäu-Oberschwaben

¹⁵ Nicht zu verwechseln mit dem Cluster „Forst und Holz“, der die gesamte Branche umfasst.



- Holzbau-Cluster Hessen e.V.
- Holzkette Schwarzwald e.V.
- Kompetenznetz Nachhaltige Holznutzung
- proHolzBW in Baden-Württemberg
- proHolz Schwarzwald

Unter den Verbänden variieren sowohl die fachliche Ausrichtung als auch Breite und Tiefe der Akteureinbindung. Einige integrieren beispielsweise alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette „Forst und Holz“ (z.B. Cluster Forst und Holz in Bayern, Rheinland-Pfalz und Allgäu-Oberschwaben), andere sind allein auf den Holzbau spezialisiert (z.B. Holzbau-Cluster Hessen e.V.).

Die Cluster und Verbände verfolgen in Bezug auf den Holzbau u.a. folgende Zielstellungen:

- Entwicklung von Strategien zur gemeinsamen Zielerreichung im Holzbau;
- Anbahnung von Kooperationen zwischen Akteursgruppen und insbesondere zwischen Wissenschaft und Wirtschaft entlang der Wertschöpfungskette. Ebenso Verknüpfung verschiedener Branchen;
- Koordination gemeinsamer Forschungsanstrengungen, z.B. Entwicklung von Werkstoffen aus Holz wie z.B. innovative Dämmstoffe, Holzwerkstoffe für den Holzbau;
- Bereitstellung von Fachinformationen zum Holzbau, Förderung der Holzverwendung sowie Image- und Öffentlichkeitsarbeit.

Neben den Clustern und Netzwerken gibt es auf Bundes- und Landesebene eine große Anzahl von Verbänden, welche die Interessen der Akteure im Cluster „Forst und Holz“ vertreten.

Für die Holzbaubranche relevant ist u.a. der Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes mit seinen 17 Landesverbänden. Der Verbund setzt sich für einen leistungsstarken und wettbewerbsfähigen Holzbau in Deutschland ein. Außerdem spielt der Deutsche Holzfertigbau-Verband e.V. (DHV), ein bundesweiter Zusammenschluss von Holzbauunternehmen, Architekturbüros und Zulieferfirmen, eine wichtige Rolle im Bereich Holzbau. Ebenso der Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V. (BDF) als Interessenvertretung der industriellen, bundesweit tätigen Hersteller von Häusern in Holzfertigbauweise. Weiter zu nennen ist der Informationsverein Holz e.V., ein Zusammenschluss aus Holzbau- und Planungsunternehmen sowie Hochschullehrenden. Der Verein betreibt den Informationsdienst Holz, ein Service, mit dem Wissen über den Stand der Technik des Holzbaus vermittelt wird. Schließlich ist die Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. für die Holzbaubranche von besonderer Bedeutung. In der Gemeinschaft sind deutsche und ausländische Hersteller von geklebten Vollholzprodukten und Verbindungen sowie Hersteller von Klebstoffen und Maschineneinrichtungen organisiert.

Verschiedene Verbände vertreten die Anliegen der Holzbaubranche und informieren über den Holzbau.



2.3.2 Öffentliche Akteure: Strategien und Förderprogramme

Zwar existiert auf Bundesebene kein ausgewiesenes Förderprogramm für den urbanen Holzbau, doch wird der Holzbau innerhalb verschiedener Förderprogramme des BMEL, BMU und BMBF adressiert. Neben den genannten Bundesministerien ist dabei auch die Bundesstiftung Umwelt als wichtiger Akteur im Bereich der Förderung der Holzbauforschung zu nennen. Wichtig für die Aufmerksamkeit und Förderung des urbanen Holzbaus sind zudem drei auf Bundesebene stattfindende Wettbewerbe, die Preise für nachhaltige und innovative Holzbauten vergeben.

Zusätzlich finden sich auf Länderebene einzelne Förderprogramme und Landeswettbewerbe. Auf EU-Ebene sind ferner verschiedene größere transnationale Vorhaben mit dem urbanen Holzbau befasst. Die nachfolgenden Ausführungen geben einen Überblick über wesentliche Strategien und Maßnahmen ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Bundesebene

Die Bundesregierung strebt die vermehrte Verwendung von Holz als klimafreundlichem Baustoff an.

Die öffentliche Hand soll ihre Vorbildfunktion beim Bauen mit CO₂-armen Baustoffen stärken.

Der Holzbau gilt als wichtige Maßnahme zur Förderung einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder und Holzverwendung in Deutschland: In dem im September 2019 von der Bundesregierung vorgelegten Papier „Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030“ (BPA 2019, S.14) ist eine Förderung der nachhaltigen und ressourceneffizienten Holzverwendung vorgesehen, z.B. durch „eine vermehrte Verwendung von Holz als klimafreundlichem Baustoff“. Im verabschiedeten Maßnahmenpaket des Klimaschutzprogramms 2030 wird die „Stärkung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand beim Bauen mit CO₂-armen Baustoffen (Holz) und Recycling-Baustoffen“ zur Weiterentwicklung der Städtebauförderung festgesetzt (BMU 2019, S.59). Dazu zählt auch die „verstärkte Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, Fach- und Verbraucherinformation, Ideenwettbewerben, Modell- bzw. Demonstrationsvorhaben mit dem Ziel einer klimafreundlichen und innovativen Holzverwendung insbesondere im Bereich des Bauens mit Holz sowie für die stoffliche Verwendung von Laubholz, der Kreislaufwirtschaft und Kaskadennutzung“.

Desgleichen wurde das Thema Holzbau im Konjunkturprogramm der Bundesregierung thematisiert, das am 3. Juni 2020 zur Bewältigung der durch die Coronapandemie ausgelösten Folgen verabschiedet wurde. Neben einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder „soll auch die Förderung einer modernen Holzwirtschaft einschließlich der stärkeren Nutzung von Holz als Baustoff erfolgen“ (Koalitionsausschuss 2020).

Der Holzbau ist auch in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie verankert und spiegelt sich in den darin formulierten Bemühungen, auch im Gebäudesektor Treibhausgasemissionen u.a. durch die Verwendung von Holz einzusparen (Nennung der Char-



ta für Holz 2.0 im Zusammenhang mit klimafreundlichen Bauen (Bundesregierung 2020a, S.208).

Konkreter schlägt sich die Förderung des Holzbaus in der vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2018 neu aufgelegten „Charta für Holz 2.0“ nieder – die wiederum Bestandteil des im Jahr 2016 vereinbarten „Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung“ ist (BMU 2016). In der Charta werden Maßnahmen festgelegt, die den Beitrag nachhaltiger Holzverwendung zur Erreichung der Klimaschutzziele stärken. Eines der prioritären Handlungsfelder bezieht sich auf das „Bauen mit Holz in Stadt und Land“. Hierfür werden vier übergeordnete Ziele definiert und mit Maßnahmen verbunden (BMEL 2018a, S.20):

Die Charta für Holz 2.0 des BMEL zielt auf das Bauen mit Holz in Stadt und Land.

- Steigerung des Holzeinsatzes im Bereich urbanes Bauen: Insbesondere Nachverdichtung, Bauen im Bestand mit Aufstockung und Erweiterung, mehrgeschossiges Bauen, Steigerung der Energieeffizienz bei Neubau und Bestand sowie Schaffung von bezahlbarem Wohnraum in hoher Qualität.
- Stärkung von Holzbaumärkten: Vergrößerung der Holzbauanteile bei verschiedenen Gebäudeklassen wie großvolumige Bauten (z.B. Industriehallen), Mischbauten (Holz-Beton), öffentliche Bauten, Bauten für die Landwirtschaft (z.B. Maschinenhallen, Stallungen) und temporäre Bauten.
- Abbau von Hemmnissen: Durchführung von Statusseminaren zum Thema Holzbau für Baubehörden (Bund, Länder und Kommunen), Überprüfung bzw. Anpassung der MBO sowie Richtlinien, HOAI, Landesbauordnungen (LBO), Normung und Standardisierung sowie Bewertung der Nutzungsdauer von Holzbauten und Holzbauteilen.
- Stärkere Berücksichtigung der Klimaschutzeffekte im Bauwesen: z.B. Berücksichtigung ökobilanzieller Bewertungen und Nachhaltigkeitskriterien in Strategien, Programmen sowie Leitfäden und Richtlinien für die Beschaffung und Ausschreibung.

Im Kontext von Strategien für den urbanen Holzbau spielt auch das 2011 eingeführte Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)¹⁶ eine wichtige Rolle. Entlang von Bewertungskriterien können die Gebäude zertifiziert werden und erhalten dadurch ein Gütelabel. Einige der bislang zertifizierten Gebäude wurden in Holzbauweise errichtet.

Ein dezidiertes Rahmenprogramm für den urbanen Holzbau bzw. ein Förderschwerpunkt innerhalb eines Rahmenprogramms existiert auf Bundesebene nicht. Der urbane Holzbau wird zurzeit ausschließlich innerhalb von Förderprogrammen ohne besonderen Fokus auf Holzbau adressiert. An erster Stelle ist hier das Programm „Nachwachsende Rohstoffe“ des BMEL zu nennen.

16 www.bnb-nachhaltigesbauen.de (6.1.2022)



Der mehrgeschossige Holzbau wird seit Ende 2020 erstmalig explizit im Rahmen des Programms „Nachwachsende Rohstoffe“ gefördert.

Im Dezember 2020 startete erstmalig ein Förderaufruf zur anwendungsorientierten Forschung zum mehrgeschossigen Holzbau (FNR 2020). Weitere Schwerpunkte der Förderung liegen u.a. auf der Verbesserung der Anwendungsmöglichkeiten von Holz sowie Abbau von Hemmnissen zur Holzverwendung im Bauwesen (Bundesregierung 2019).

Weitere Vorhaben mit Bezug zum Holzbau finden sich auch innerhalb von Förderprogrammen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Beispielsweise wird im Programm „Bioökonomie“ (BMBF/BMEL 2014, S.18 ff.) die Verwendung von Holz als Material für den Holzbau zusammen mit naturfaserverstärkten Verbundwerkstoffen, Dämmstoffen, Biodübeln und biobasiertem Betonzusatz betont.

Darüber hinaus ist für die Förderung des urbanen Holzbaus der „Waldklimafonds – Förderung von Maßnahmen zum Erhalt und Ausbau des CO₂-Minderungspotenzials von Wald und Holz sowie zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel“ des BMEL und BMUV relevant.¹⁷ Insbesondere mit dem in der Förderrichtlinie genannten Schwerpunkt „Substitution durch Holzprodukte“ wird u.a. auf Forschungsvorhaben gesetzt, in denen standardmäßig eingesetzte Materialien durch Holz ersetzt werden, wie dies beim urbanen Holzbau angestrebt wird.

In der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“¹⁸ des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) finden sich ca. 50 Vorhaben mit Bezug zu Holz als Baumaterial und Holzbau (davon 34 abgeschlossen, 15 laufend, Stand: Oktober 2021).

Als weiterer wichtiger Forschungsförderer auf Bundesebene ist die Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU zu nennen, die seit 2010 (Stand 10/2021) 17 Projekte zum Thema Holzbau gefördert hat, z.B. im Bereich Brandschutz, Schallschutz oder Informationsbereitstellung. Aktuell fördert die Stiftung im Förderprogramm „Klima- und ressourcenschonendes Bauen“ energie- und ressourceneffizientes Bauen für einen klimaneutralen und gesundheitsfreundlichen Gebäudebestand.¹⁹

Wettbewerbe

Der alle 2 Jahre vom BMEL ausgelobte Bundeswettbewerb „HolzbauPlus – Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen“²⁰ stellt eine wichtige Ergänzung zur Förderung von Innovation und Klimaschutz im Baubereich dar. Dieser Bundeswettbewerb hat zum Ziel, besondere Leistungen des Bauens mit nachwachsenden Rohstoffen als Beitrag zur klimaschonenden, nachhaltigen Baukultur zu fördern und anzuerkennen. Dadurch sollen auch Anreize für das Bauen mit Holz geschaffen werden. Prämiert wer-

17 <https://www.waldklimafonds.de/foerderung/foerderschwerpunkte#c37369> (6.1.2022)

18 www.zukunftbau.de/forschungsfoerderung/projekte/ (6.1.2022)

19 www.dbu.de/2941.html (6.1.2022)

20 www.holzbauplus-wettbewerb.info/ (6.1.2022)



den herausragende private, öffentliche oder gewerbliche Bauten mit Preisgeldern in Höhe von insgesamt 50.000 Euro. Der Wettbewerb existiert mittlerweile 10 Jahre und fand 2020 zum fünften Mal statt. Mittlerweile wurden auch zahlreiche Bauten im urbanen Raum prämiert. Ergänzt wird dieser Wettbewerb um den Deutschen Holzbaupreis²¹ unter Schirmherrschaft des BMI und den Bundespreis Umwelt & Bauen des Umweltbundesamts²².

Länderebene

Analog zur Bundesebene finden sich auch auf Länderebene Strategien und Förderprogramme für den Holzbau bzw. urbanen Holzbau. Insgesamt zehn Bundesländer führen in unterschiedlichen Abständen Wettbewerbe zum Holzbau durch (KIWUH 2020). Diese Aktivitäten finden sich insbesondere in Bundesländern mit Tradition im Holzbau oder in Stadtstaaten und Städten mit (sich abzeichnenden) Engpässen beim Wohnraum, wie die Maßnahmen in Baden-Württemberg, Hamburg und Berlin beispielhaft zeigen:

Bundesländer mit Tradition im Holzbau und Stadtstaaten mit Wohnungseingpässen fördern den Holzbau.

- Baden-Württemberg: 2018 wurde die „Holzbau-Offensive Baden-Württemberg – Nachhaltiges Bauen für die Zukunft“ initiiert. Diese wird flankiert durch das Förderprogramm „Holz Innovativ Programm“ (HIP) des Ministeriums für Ländlichen Raum Baden-Württemberg (MLR). Das Fördervolumen reicht in der Regel bis zu 500.000 Euro und bei herausragenden Projekten auch bis zu 1 Mio. Euro. Ergänzt werden die Maßnahmen in Baden-Württemberg ferner durch ein Holzbau-Förderprogramm der Stadt Freiburg, das Holzbauvorhaben im Stadtgebiet fördert. Alle 3 Jahre wird zudem ein Holzbaupreis vergeben.
- Berlin: 2019 wurde die Strategie „Nachhaltigkeit auf dem Bau: Berlin baut mit Holz“ beschlossen mit dem Ziel, öffentliche Gebäude in Holzbauweise zu forcieren. In einem Förderprogramm „Urbaner Holzbau“ sollen auch private Pilot- und Innovationsvorhaben gefördert werden. Ein Holzbaupreis wurde erstmalig 2019 ausgelobt (Der Regierende Bürgermeister von Berlin 2019).
- Hamburg: Im Zuge des Ende 2019 verabschiedeten Klimaplanes soll bei zukünftigen Bauvorhaben stets das Bauen mit Holz als mögliche Alternative geprüft werden.²³ Ein Holzbaupreis wurde erstmalig 2015 zusammen mit Schleswig-Holstein vergeben und ging 2020 in eine zweite Runde.²⁴

21 www.deutscher-holzbaupreis.de (6.1.2022)

22 www.umweltbundesamt.de/bundespreis-umwelt-bauen-start (6.1.2022); siehe aktuelle Projekte mit Eingabe des Suchbegriffs „Holzbau“ und Zeitraum ab 2014

23 www.hamburg.de/klimaplan (6.1.2022)

24 www.hikb.de/aktuell/2019/holzbaupreis-2020-bauen-holz-schleswig-holstein-und-hamburg (6.1.2022)



EU-Ebene

Auf EU-Ebene zielen Vorhaben u.a. auf Standardisierung sowie Kooperations- und Prozessmodelle.

Innerhalb des Rahmenprogramms der Europäischen Union für Forschung und Innovation „Horizont 2020“ (2014–2020) finden sich ebenfalls einige Schwerpunkte und Vorhaben zum Thema Holzbau im urbanen Raum:

Das „ERA-NET CoFund ForestValue“ stellt über 15 Förderorganisationen aus 10 Ländern insgesamt bis zu 11,5 Mio. Euro für die Unterstützung transnationaler Forschungsvorhaben bereit. Die Förderung zielt auf eine nachhaltige und multifunktionale Nutzung und Bewirtschaftung von Wäldern sowie Bauen mit Holz“ und erfolgt über das Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ (FPNR) des BMEL.²⁵

Das „Build in wood-project“ (2019–2023), mit 8,3 Mio. Euro gefördert, zielt mit 21 Partnern aus 11 Ländern auf einen vermehrten Einsatz des mehrgeschossigen Holzbaus innerhalb von Städten und Vororten.²⁶

„COST Action FP1402 Basis of Structural Timber Design – from research to standards“ (2014–2018): Das Forschungsvorhaben wurde an der TU München unter Beteiligung von 27 europäischen Ländern sowie weiteren Partnern koordiniert. Im Mittelpunkt stand die Entwicklung von Standards.²⁷

„ERA LEARN Leanwood – Innovative lean processes and cooperation models for planning, production and maintenance of urban timber buildings“ (2014–2017): Das Forschungsvorhaben zielte auf die Entwicklung von Kooperations- und Prozessmodellen für den vorgefertigten urbanen Holzbau unter Beteiligung von 16 Partnern, ebenfalls unter Federführung der TU München.²⁸

Auch im nachfolgenden Forschungsrahmenprogramm „Horizont Europa“²⁹ wird das Thema Holzbau aufgegriffen, wenngleich eher indirekt über die angestrebte Zielstellung einer verbesserten Nachhaltigkeit des Bausektors. Dies umfasst z.B. die Wahl von umweltfreundlichen Baustoffen, eine Verlängerung der Nutzungsdauer von Gebäuden durch Renovierung (statt Abriss) und eine Verringerung von Emissionen über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden. Die Nutzung von Holz und holzbasierten Materialien gilt dabei als ein möglicher Ansatz. Insgesamt soll ein Fahrplan bis 2050 entwickelt werden, um die Kohlenstoffemissionen von Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus zu reduzieren. Dies schließt eine Überarbeitung der Verordnung (EU)

25 <https://baustoffe.fnr.de/projektfoerderung/aktuelle-foerderaufufe> (6.1.2022)

26 www.build-in-wood.eu/consortium (6.1.2022)

27 www.cost.eu/actions/FP1402/#tabs|Name:overview (6.1.2022)

28 www.arc.ed.tum.de/holz/forschung/leanwood-1/about-leanwood/ (6.1.2022)

29 https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en (6.1.2022)



Nr. 305/2011³⁰ und Entwicklung einer Methodik zur Quantifizierung des Klimanutzes von Holzbauprodukten und anderen Baumaterialien ein. Ferner wird erwogen, die Verwendung von Holzprodukten auf der Nachfrageseite zu fördern. Innerhalb des Programms Horizont Europa werden die angestrebten Ziele u.a. in den Vorhaben „Built4People“ und „Circular Bio-based Europe“ adressiert. Auch die Initiative „New European Bauhaus“³¹ bildet einen Rahmen, Lösungen für den Einsatz klima- und ressourcenschonender Materialien zu entwickeln (EK 2021).

Die Ausführungen zeigen, dass ein breites Förderangebot besteht, das grundsätzlich auch von Expert/innen im Bereich Holzbau als positiv bewertet wird (Purkus et al. 2020, S.24). Aufgrund der unterschiedlichen Programme und Fördermittelgebenden wird jedoch ein Bedarf bei der Koordination von Forschung und Entwicklung gesehen. Dopplungen sollten vermieden werden (Hafner et al. 2017, S.105 ff.). Insbesondere bei der Definition von Forschungsthemen, der Einbindung von Praxispartnern sowie dem Transfer der wissenschaftlichen Ergebnisse in die jeweiligen Anwendungsbereiche werden Verbesserungspotenziale gesehen (Purkus et al. 2020, S.24 ff.). Auch der Zugang zu Forschungspartnern fällt den KMU schwer.

Es gibt ein breites Förderangebot. Allerdings wird eine bessere Koordination angemahnt.

Die 2019 gegründete Koordinierungsstelle für Forschung und Entwicklung im Holzbau, angesiedelt beim Holzbau Deutschland-Institut, stellt hierfür eine wichtige Voraussetzung dar. Sie soll die Kommunikation und Abstimmung zwischen Wissenschaft und Industrie sowie Fördermittelgebern zukünftig weiter befördern. Für eine verbesserte Koordination stellt auch die Charta für Holz 2.0 aus Expertensicht eine wichtige Plattform dar, in dessen Rahmen Forschungsbedarfe definiert und zu themenspezifischen Förderaufrufen weiterentwickelt werden (Purkus et al. 2020, S.25).

2.3.3 Forschungslandschaft: Publikationsstärke, Themenvielfalt und Forschungsprojekte

Zur Charakterisierung der Forschungslandschaft im Holzbau, speziell im Bereich des urbanen mehrgeschossigen Holzbaus, wurden wissenschaftliche Veröffentlichungen analysiert. Näher betrachtet wurde die Publikationsstärke von Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern, häufig bearbeitete Themengebiete sowie publikationstarke Forschungsinstitutionen. Darüber hinaus wurden die in der Forschungsdatenbank des Projektträgers FNR aufgeführten Projekte dahingehend ausgewertet, ob sich ein Bezug zum mehrgeschossigen Holzbau erkennen lässt.

30 Verordnung (EU) Nr. 305/2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG

31 https://europa.eu/new-european-bauhaus/index_en (6.1.2022)



Analyse wissenschaftlicher Publikationen mittels der Publikationsdatenbank Scopus

Methodische Vorgehensweise der Publikationsanalyse

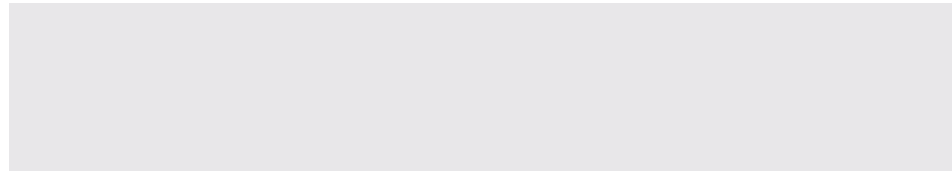
Für die Analyse wissenschaftlicher Fachartikel wurde die Publikationsdatenbank Scopus³² genutzt und alle zwischen 2015 und 2020 publizierten Fachartikel berücksichtigt, die im Titel und/oder in der Kurzzusammenfassung den Begriff Bauholz („timber“) tragen (Zeitpunkt der Abfrage 17.11.2020).

Bauholz steht für Holz, das als Baustoff zur Errichtung von Gebäuden und anderen Bauwerken verwendet wird. Bauprodukte aus Bauholz unterscheiden sich in Form und Verarbeitungsgrad und werden in die Kategorien Vollholz, Brett-schichtholz und Holzwerkstoff eingeordnet. Dies sind Produkte, die typischerweise beim Bauen mit Holz genutzt werden. Mit dem Begriff Bauholz bzw. „timber“ sollte es demnach möglich sein, die Gesamtheit der Publikationen rund um das Thema Bauholz abzudecken und auf dieser Basis die Forschungslandschaft im Bereich Bauen mit Holz zu charakterisieren. Die methodische Vorgehensweise per Eingrenzung über diesen Begriff wurde deshalb gewählt, weil der urbane Holzbau bislang noch kein eigenständiges Forschungsfeld darstellt, das sich mithilfe von spezifischen, auf das Forschungsgebiet zugeschnittenen Suchwörtern eingrenzen ließe.

Eine Suche mit vorab festgelegten Begriffen ist grundsätzlich mit gewissen Unschärfen verbunden. Oftmals haben Begriffe mehrere Bedeutungen und können daher zu falschen Treffern führen. Beispielsweise könnte der Suchbegriff zelluläre Struktur („cellular structure“) in einem biowissenschaftlichen Kontext zur Beschreibung eines Zellverbundes oder in den Materialwissenschaften zur Beschreibung eines Schaums genutzt werden. Die Suche mit dem Begriff „cellular structure“ in einer Literaturdatenbank würde demnach zu vergleichsweise unspezifischen Ergebnissen zur Charakterisierung eines Themenfelds führen. Der in dieser Analyse gewählte Begriff „timber“ hingegen wird ausschließlich für die Beschreibung von Bauholz genutzt und ist damit sehr genau. Eine Datenbankabfrage mit „timber“ sollte folglich den Suchraum zum Thema Bauholz vergleichsweise scharf abbilden. Dennoch ist selbst bei einem sehr eindeutigen Suchbegriff wie „timber“ davon auszugehen, dass bei dem Versuch, die Grundgesamtheit aller Publikationen zu erfassen, Lücken bleiben.

Inwieweit auch der mehrgeschossige, urbane Holzbau in den Publikationen behandelt wird, wurde in einem weiteren Analyseschritt geprüft. Dazu wurde in den identifizierten Fachartikeln untersucht, ob die am häufigsten verwendeten

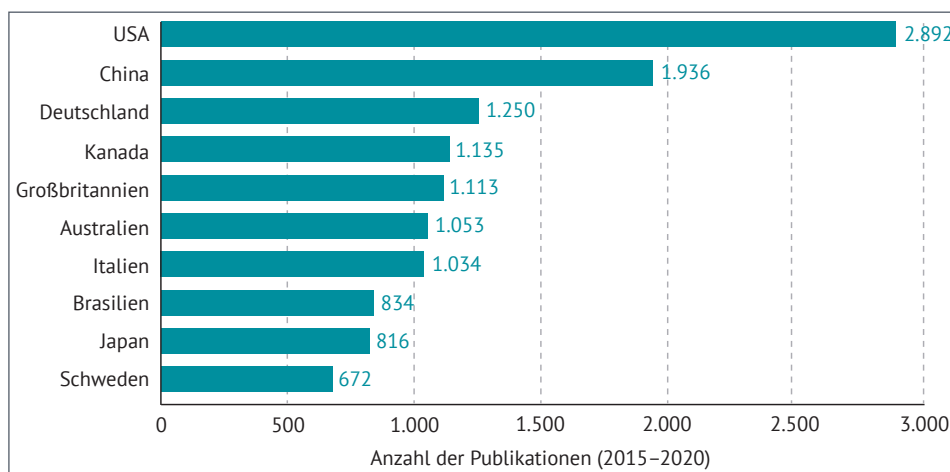
³² Scopus ist eine multidisziplinäre Literaturdatenbank, die einen (Voll-)Zugriff auf mehr als 75 Mio. Peer-Review-Fachartikel und Konferenzbeiträge aus den Naturwissenschaften, Technik, Medizin, Sozialwissenschaften sowie Kunst- und Geisteswissenschaften ermöglicht.



Im untersuchten Zeitraum von 2015 bis 2020 wurden 18.256 wissenschaftliche Publikationen im Kontext Bauholz veröffentlicht. Zu den publikationsstärksten Staaten zählen die USA mit 2.892 Veröffentlichungen (16 %) gefolgt von China mit 1.936 (11 %) an zweiter und Deutschland mit 1.250 (7 %) Publikationen an dritter Stelle (Abb. 12). Interessanterweise tauchen die Schweiz und Österreich, wie es vielleicht wegen der hohen Holzbauquoten und Holzbautradition zu erwarten gewesen wäre, in der Top-10-Liste nicht auf; Schweden als einziges skandinavisches Land in dieser Liste ist auf dem letzten Rang. Werden die in den Top 10 vertretenen EU-Staaten Deutschland, Großbritannien³³, Italien und Schweden gemeinsam betrachtet, wird anhand der kumulierten Publikationszahl von 4.069 (22 %) deutlich, dass die EU eine führende Rolle einnimmt.

Deutschland liegt bei den Publikationen zu Bauholz im weltweiten Vergleich an dritter Stelle.

Abb. 12 Top 10 der Staaten mit Publikationen im Bereich Bauholz („timber“)



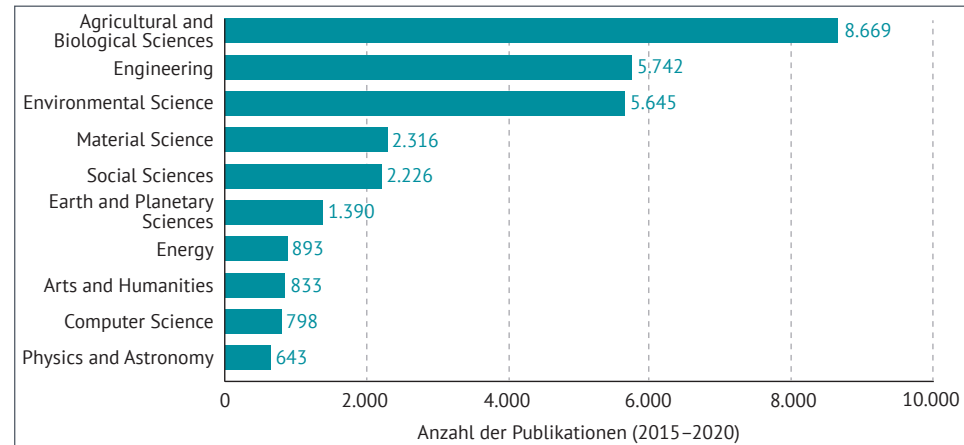
Eigene Darstellung auf Basis der Scopus-Datenbank

Im nächsten Schritt wurde untersucht, welchen wissenschaftlichen Kategorien die Publikationen zugeordnet sind, was als ein Anhaltspunkt für ihre thematische Ausrichtung gelten kann. Abbildung 13 zeigt die zehn Themenfelder, in denen international am häufigsten im Bereich Bauholz („timber“) publiziert wurde.

³³ Großbritannien ist zum 1.2.2020 aus der EU ausgetreten, wurde jedoch für die kumulierte Anzahl von EU-Publikationen berücksichtigt, weil der Großteil der Peer-Reviews im Zeitraum von 2015 bis 2020 i. d. R. vor dem Austritt entstanden und/oder publiziert worden sein dürfte.



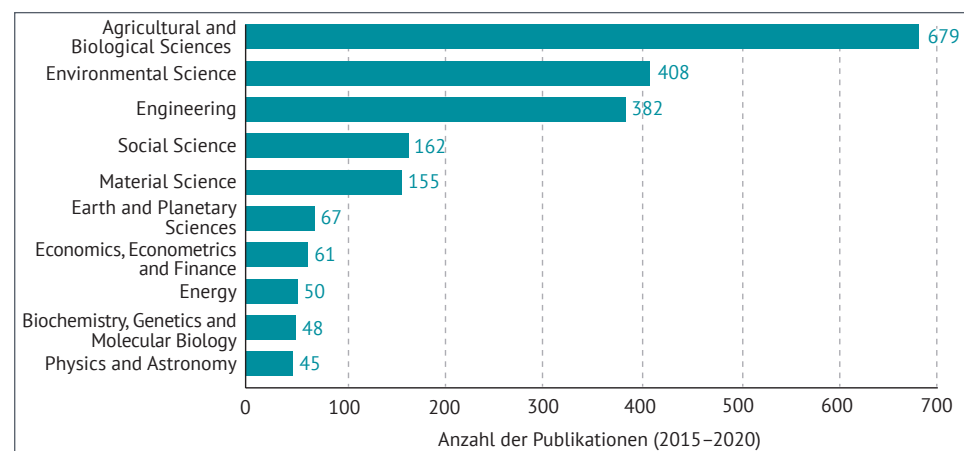
Abb. 13 Top 10 der Themenfelder mit Publikationen im Bereich Bauholz („timber“) – international



Publikationen können mehreren Themenfeldern zugeordnet sein.

Eigene Darstellung auf Basis der Scopus-Datenbank

Abb. 14 Top 10 der Themenfelder mit Publikationen im Bereich Bauholz („timber“) – Deutschland



Publikationen können mehreren Themenfeldern zugeordnet sein.

Eigene Darstellung auf Basis der Scopus-Datenbank

Wird die thematische Schwerpunktsetzung aller internationalen Fachpublikationen mit denen aus Deutschland (Abb. 14) verglichen, lässt sich feststellen, dass sich diese in den publikationsstärksten Schwerpunkten im Wesentlichen gleicht. International wurde zwischen 2015 und 2020 mit Abstand am häufigsten in den Themenfeldern Agrar- und Biowissenschaften (8.669 Fachartikel) publiziert, gefolgt von den Ingenieurwissenschaften (5.742 Fachartikel) und Umweltwissenschaften (5.645 Fachartikel). Im gleichen Zeitraum wurde in Deutschland ebenfalls in diesen Schwerpunkten



am häufigsten publiziert mit 697 Fachartikeln in den Agrar- und Biowissenschaften, 408 Veröffentlichungen in den Umweltwissenschaften und 382 Fachartikeln in den Ingenieurwissenschaften.

Für die Forschung im Bereich Bauholz sind die Materialwissenschaften von besonderer Bedeutung. So liegt dieser Themenschwerpunkt international mit 2.316 Publikationen auf Rang 4 und in Deutschland mit 155 Publikationen auf Rang 5. Werden die Publikationen im Bereich Materialwissenschaft mit dem eng verwandten Feld der Ingenieurwissenschaften zusammengefasst, nehmen diese auf internationaler Ebene (mit 8.058 Publikationen) den Rang 2 ein. Auch in Deutschland liegen diese beiden Schwerpunkte mit zusammen 537 Publikationen an zweiter Stelle.

Deutschland publiziert zum Thema Bauholz häufig in den Material- und Ingenieurwissenschaften, die für den mehrgeschossigen Holzbau besonders relevant sind.

Die Analyse der identifizierten Publikationen im Hinblick auf die Verwendung des Begriffs „multi-storey“ deutet darauf hin, dass der mehrgeschossige, urbane Holzbau weder auf internationaler Ebene noch in Deutschland ein expliziter Schwerpunkt ist. Es wurden lediglich 184 Veröffentlichungen (ca. 1 %) identifiziert, die einen direkten Zusammenhang zwischen Bauholz und einer Anwendung für das mehrgeschossige Bauen in den Publikationen aufweisen. Hier muss allerdings auf die Grenzen der Schlagwortsuche hingewiesen werden, denn es dürften sehr viel mehr Forschungsarbeiten für den mehrgeschossigen Holzbau relevant sein, unabhängig davon, ob Begriffe, die auf das Anwendungsfeld des mehrgeschossigen Baus deuten, in den Artikeln konkret benannt wurden.

Die Erwähnung von Mehrgeschossigkeit findet sich nur in wenigen Publikationen

Schlagwörter rund um Erdbebensicherheit, die entscheidend für Hochbauten in Erdbebengebieten ist, zeigen beispielsweise, dass die publizierten Erkenntnisse dem mehrgeschossigen, urbanen Holzbau als Anwendungsbereich zugutekommen dürften. Dies gilt auch für Schlagwörter rund um Zement, die auf ein hybrides Bauen und damit auf ein mehrgeschossiges Bauen schließen lassen.

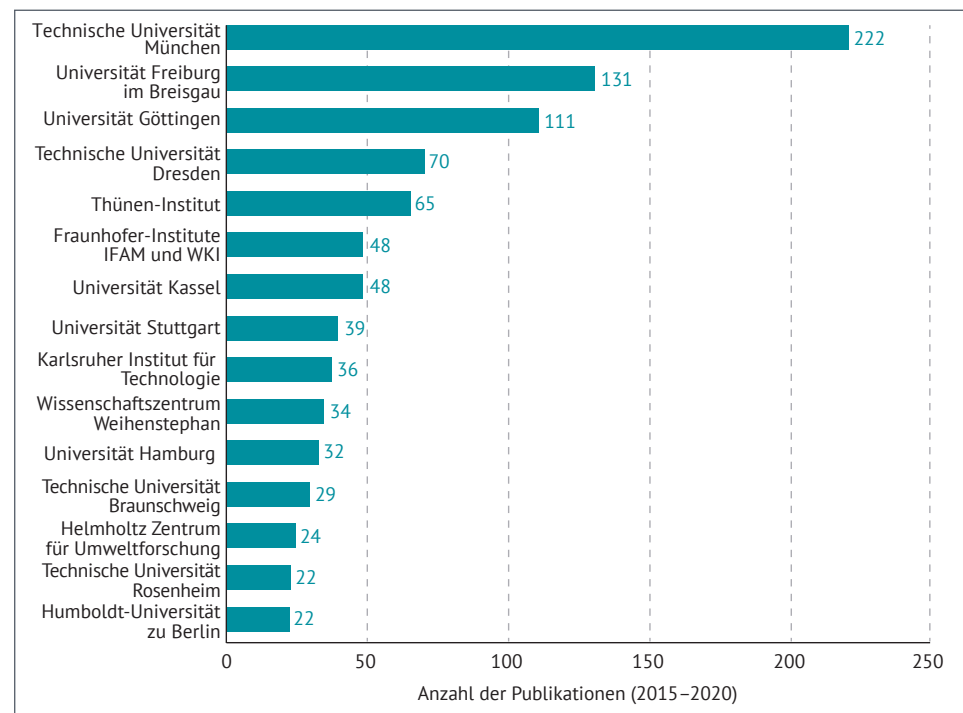
Ein Blick auf die publikationsstärksten deutschen Akteure zeigt ein breit gefächertes Bild von Wissenschaftsakteuren im Bereich Bauholz. Sehr starke Akteure in der Forschung sind aus dem universitären Umfeld (hierzu zählen: Technische Universität München, Universität Freiburg im Breisgau, Universität Göttingen, Technische Universität Dresden, Technische Universität Rosenheim), Ressortforschungseinrichtungen (insbesondere Thünen-Institut) und außeruniversitäre (angewandte) Forschungseinrichtungen (z.B.: Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung) (Abb. 15).

Die Technische Universität München publiziert mit Abstand am häufigsten im Bereich Bauholz.

Zusammenfassend kann mit Blick auf die Publikationsanalyse festgestellt werden, dass Deutschland im Bereich Bauholzforschung sehr gut aufgestellt scheint. Es steht international an dritter Stelle in der Rangliste der Länder mit den meisten Publikationen und ist in unterschiedlichsten für den Holzbau relevanten Forschungsfeldern

vertreten. Darüber hinaus gibt es eine vielfältige Akteurslandschaft im Bereich der Forschung mit einzelnen sehr publikationsstarken Institutionen, von denen die Technische Universität München mit Abstand führend ist.

Abb. 15 Publikationsstärkste Institutionen im Bereich Holzbau („timber“) in Deutschland



Eigene Darstellung auf Basis der Scopus-Datenbank

Ferner gelten laut einer Befragung von Expert/innen (Purkus et al. 2020, S.24) die deutschen wissenschaftlichen Akteure sowohl national als auch international als gut untereinander vernetzt, etwa durch regionale Netzwerke und Cluster oder über Kooperationen in EU-Projekten und schließlich bildet auch das internationale Forschungsnetzwerk International Network on Timber Engineering Research (INTER) eine wichtige Plattform zur Kooperation.

Analyse der Projektdatenbank des FNR

Zusätzlich zur Publikationsanalyse wurden die seit 2015 gestarteten (Teil-)Projekte des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“³⁴ und des „Waldklimafonds“³⁵ in der Projektdatenbank des Projektträgers FNR ausgewertet.³⁶

³⁴ gefördert durch BMEL

³⁵ gefördert durch BMEL und BMU

³⁶ FNR Datenbank; Suchbegriff Holzbau; alle (Teil-)Vorhaben mit Start ab 2015 (www.fnr.de/projektfoerderung/projektdatenbank-der-fnr; 6.1.2022)



Die Projekttitel sowie Kurzbeschreibungen wurden dahingehend analysiert, ob sie einen Bezug zum mehrgeschossigen und/oder urbanen Holzbau erkennen lassen. Es konnte festgestellt werden, dass der urbane Holzbau ein maßgeblicher Themenschwerpunkt in den untersuchten Projekten ist. In beinahe einem Drittel aller dort erfassten (Teil-)Projekte (26 von 82) wird sich mit dem mehrgeschossigen (urbanen) Holzbau als Anwendungsbereich befasst. Die Mehrzahl der Projekte (insgesamt 26) kann den Ingenieur- und Materialwissenschaften zugeordnet werden. Darüber hinaus sind auch die Umweltwissenschaften (3 Projekte) mit Schwerpunkt auf Ökobilanzierung repräsentiert – ein Bereich, der für die Etablierung des Holzbaus eine wichtige Rolle spielt, da eine Ökobilanzierung bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Holzbaus teilweise noch nicht bzw. noch nicht angemessen berücksichtigt wird (Kap. 3.4.2). Die Schwerpunkte der geförderten Projekte machen deutlich, dass nicht nur allgemein im Bereich Holzbau, sondern auch mit einem Fokus auf den mehrgeschossigen Hausbau geforscht wird.

Bei fast einem Drittel der in der FNR-Datenbank aufgelisteten Holzbauprojekte wird sich mit dem mehrgeschossigen Holzbau befasst.





3 Trends, Treiber und Barrieren

Bei der nachfolgenden Analyse wird sich am STEEP³⁷-Modell orientiert. Mithilfe dieses Modells werden verschiedene Trends sowie fördernde und hemmende Faktoren im Bereich des urbanen Holzbaus in den fünf wesentlichen Einflussphären Gesellschaft, Wirtschaft, Technik, Politik und Recht sowie Umwelt betrachtet.

3.1 Wirtschaft

Es zeichnet sich der Trend einer größer werdenden Nachfrage nach Holzbauten ab. Zusätzlich zu einer vermehrten Umsetzung mehrgeschossiger Holzbauten entstehen Marktpotenziale bei Aufstockungen, Baulückenschluss und energetischer Fassadensanierung (Kap. 3.1.1).

Allerdings stellt die mittelständische Prägung des Holzbausektors eine Begrenzung für weiteres Wachstum des Holzbaus dar. Hemmend wirken die geringen fachlichen, finanziellen und personellen Kapazitäten der kleinen Unternehmen, die auch mit einer geringen Innovationstätigkeit einhergeht. Mittelständisch geprägte Holzbaunternehmen im Speziellen, genauso wie KMU im Allgemeinen können von auf sie zugeschnittenen Förderprogrammen wie ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand oder KMU-innovativ besonders profitieren. Zukünftig ist eine stärkere Marktdynamik zu erwarten, wenn die Massivbaubranche ihre Chancen im hybriden Holzbau ergreift. Ferner könnte bei einer zunehmenden Holzbauquote der Wettbewerb zwischen herkömmlichen Baustoffen und Holz steigen. Nicht zuletzt spielt bei der zukünftigen Entwicklung des Sektors die Betrachtung der Fachkräfteverfügbarkeit eine wichtige Rolle, da sich hier ein Engpass abzeichnet (Kap. 3.1.2).

Ob sich der Holzbau in Zukunft in größerem Umfang etablieren kann, hängt auch von den Kosten im Vergleich zu herkömmlichen Massivbauweisen ab. In Kapitel 3.1.3 wird deshalb auf Studienergebnisse zur Kostenberechnung von Massivbauten sowie von Holzbauten eingegangen. Hier zeigt sich, dass es darauf ankommt, welche Kostenfaktoren in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließen. Bei einer stärker systemischen Betrachtung könnten sich die bei Standardberechnungen üblicherweise höher ausfallenden Kosten des Holzbaus relativieren.

3.1.1 Nachfrage und Marktpotenziale

Seit Jahren ist ein stetig steigendes Interesse bei der Erstellung von Gebäuden in Holzbauweise zu verzeichnen. Der Anteil genehmigter Wohngebäude in Holzbauweise an allen genehmigten Wohngebäuden in Deutschland stieg von 2003 bis 2020 um

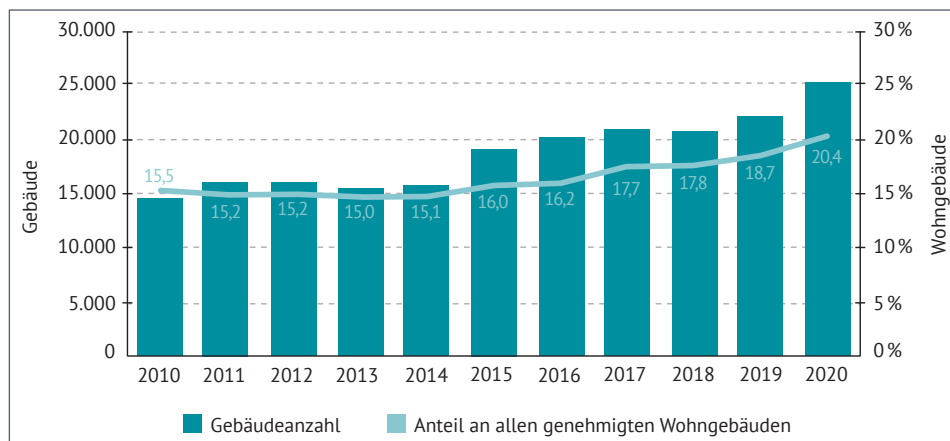
Der Anteil Neubauten in Holzbauweise lag 2020 bei 20,4 %.

³⁷ S = sociological/soziokulturell, T = technological/technologisch, E = economic/ökonomisch, E = ecologic/ökologisch, P = political/politisch



ca. 8 % auf 20,4 % und erreichte damit einen vorläufigen Höchststand (Statista 2021j). Dies entsprach 25.408 Wohngebäuden (Statista 2021d) (Abb. 16).

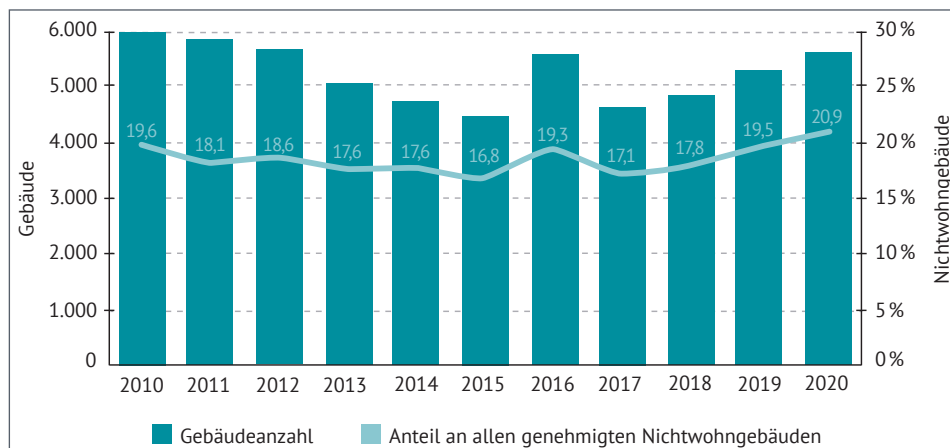
Abb. 16 Genehmigte Wohngebäude in Holzbauweise



Eigene Darstellung basierend auf Statista 2021k

Bei Nichtwohngebäuden lag der Anteil der Holzbauquote 2020 mit 20,9 % (das entspricht 5.653 Gebäuden) noch etwas höher (Statista 2021c u. 2021j) (Abb. 17).

Abb. 17 Genehmigte Nichtwohngebäude in Holzbauweise



Eigene Darstellung basierend auf Statista 2021c u. 2021k

Die insgesamt steigenden Holzbauquoten wurden allerdings primär im Bereich Ein- bis Zweifamilienhäuser erzielt, während der für den Städtebau besonders relevan-



te mehrgeschossige Mehrfamilienbau mit drei Wohnungen und mehr³⁸ mit zuletzt 2,4 % (2020) eine noch sehr niedrige Quote aufweist (Destatis 2020). Die Vereinigung Holzbau Deutschland (2021b) kommt zwar im Vergleich zum Statistischen Bundesamt mit einem errechneten Anteil des Holzbaus an Mehrfamilienhäusern mit 4,5 % (2020) zu einer etwas höheren Einschätzung. Trotzdem ist der Wert vergleichsweise niedrig und es zeigt sich, dass der mehrgeschossige Holzbau bis jetzt noch keine große Bedeutung für den Wohnsektor hatte. Ein Blick auf die vergangenen Jahre zeigt zwar einen positiven Trend, der sich gemäß des Statistischen Bundesamts 2020 etwas abschwächte. Demgegenüber verzeichnete die Statistik des Holzbau Deutschland einen kontinuierlichen Zuwachs.

Der Anteil mehrgeschossiger Neubauten ist mit 2,4 % (2020) noch sehr niedrig.

Die Holzbauquoten sind vor dem Hintergrund der Entwicklung der absoluten Zahlen an Neubauten zu bewerten. Insbesondere bei den Wohngebäuden kam es im Vergleich zu Beginn des Jahrtausends ab 2008 zu einem starken Einbruch bei den Baufertigstellungen mit einem Tiefpunkt im Wirtschaftskrisenjahr 2009. Seitdem steigt zwar die Zahl fertig gestellter Neubauten im Wohngebäudesektor, stagniert aber auf einem niedrigen Niveau verglichen zu den relativ hohen Werten von vor 20 Jahren (Statista 2021e). Für den Holzbausektor bedeutet diese Entwicklung, dass die Anzahl der Holzbauten im Wohnbausektor erst seit 2017 den schon einmal erreichten Wert von 2004 wieder überstiegen hat (Statista 2021d).

Ein ähnlicher Trend ist auch bei den in Holzbauweise errichteten Nichtwohngebäuden zu verzeichnen, wobei diese nach einem Einbruch im Jahr 2004 auf 4.180 Gebäude (von 5.132 im Vorjahr 2003) zunächst wieder ein Wachstum mit einem Höhepunkt von 6.085 Gebäuden im Jahr 2010 erreichten, dann aber (mit einer Ausnahme 2016) wieder zurückfielen und erst seit 2019 mit 5.273 Gebäuden über dem Wert von 2003 liegen (Statista 2020a).

Regionale und internationale Schwerpunkte

Mit Blick auf Holzbauquoten³⁹ in den Bundesländern zeigt sich ein Schwerpunkt auf Süddeutschland (Abb. 18): Die drei im holzbasierten Wohnungsbau aktivsten Bundesländer sind Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz. Im Bereich der Nichtwohngebäude ist die Verteilung weniger eindeutig, hier dominieren Baden-Württemberg und Bayern, dicht gefolgt von Thüringen (Holzbau Deutschland 2020). Es zeigt sich, dass jene Länder hohe Holzbauquoten aufweisen, in denen die Forst- und Holzwirtschaft traditionell (meist im ländlichen Raum) verankert sind. Zu-

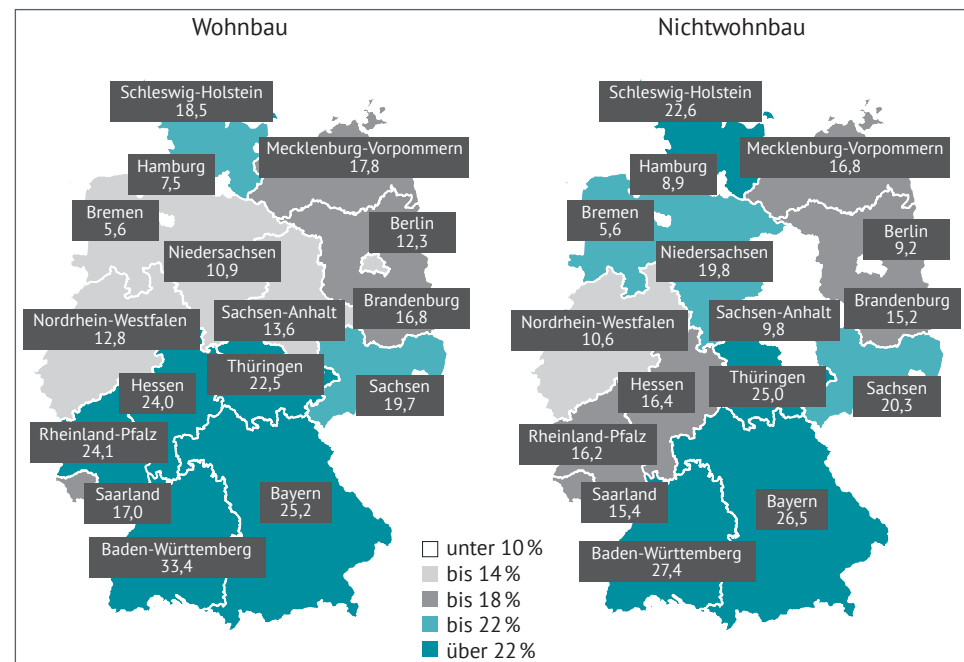
Holzbauquoten sind im süddeutschen Raum hoch und zwar dort, wo Forst- und Holzwirtschaft traditionell verankert sind.

38 In Deutschland wird der Mehrfamilienbau mit drei Wohnungen und mehr definiert. Es wird hier angenommen, dass Gebäuden mit mehr als drei Wohnungen in der Regel auch mehrere Geschosse haben. Darunter können aber auch einstöckige Bauwerke fallen, sodass die Zahl mehrgeschossiger Wohnbauten theoretisch auch kleiner als 2,4 % liegen könnte.

39 Die Quoten beziehen sich auf die Anzahl der überwiegend mit Holz genehmigten Gebäude.

sätzlich findet sich der Holzbau zunehmend in Ballungszentren und Tourismusgebieten (Glauner 2020).

Abb. 18 Wohnbau (Neubau) und Nichtwohnbau 2020 – Anteil Genehmigungen mit überwiegend verwendetem Baustoff Holz an allen genehmigten Bauten



Eigene Darstellung basierend auf Holzbau Deutschland 2021a

Zukünftig dürften die Holzbauquoten vor allem im urbanen Raum steigen.

Aufgrund der sich abzeichnenden Förderung des mehrgeschossigen Holzbaus und Einsatzmöglichkeit zur Nachverdichtung ist allerdings davon auszugehen, dass es zukünftig zu neuen regionalen Schwerpunkten kommen wird (Kap. 3.1.1). Während früher vor allem die Nähe zum Rohstoff Holz eine Rolle spielte, geht es nun primär um den Einsatz eines nachhaltigen Rohstoffs (Kap. 3.4.2).

Deutschland liegt mit einer Holzbauquote von rd. 20 % bei den Gesamtbauten auf hohem Niveau ...

Holzbauquoten unterscheiden sich nicht nur regional, sondern auch international. Tabelle 2 gibt einen Anhaltspunkt, wie Deutschlands Holzbauquoten an mehrgeschossigen Bauten, Einfamilienhäusern bzw. an den Gesamtbauten im internationalen Vergleich einzuordnen sind. Abbildung 19 zeigt die Quoten bezogen auf den mehrgeschossigen Holzbau in Europa. Hierbei ist zu beachten, dass bei der in dieser Kurzstudie durchgeführte Recherche nur vereinzelt Angaben gefunden werden konnten, die sich zudem in den Bezugsjahren unterscheiden. Eine international vergleichende Statistik existiert nicht.



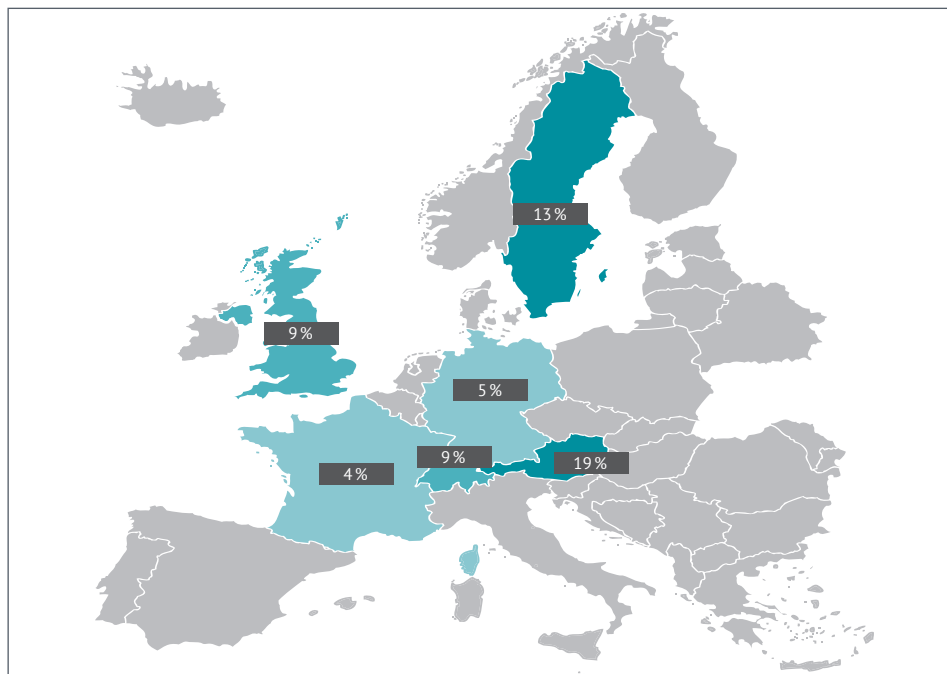
Tab. 2 Holzbauquoten im internationalen Vergleich

Anteil an ...	mehrgeschossige Bauten	Einfamilienhäuser	Gesamtbauten
Deutschland	4,5 [#]	20,9 [#]	20,4 [#]
Großbritannien	8,7 ^{\$}	17,4 ^{\$}	28 ^{\$}
Schweden	13,4 [!]	97 [!]	k. A. [!]
Schweiz	9 [#]	20 [#]	15+++
Österreich	19+++	37+++	24+++
Dänemark	k. A.	10 ⁺	k. A.
USA	k. A.	90 bis 94 ⁺⁺	k. A.
Kanada	k. A.	76 bis 85 ⁺⁺	k. A.
Niederlande	k. A.	7 ⁺⁺	k. A.
Frankreich	4,3+++	20,1+++	6,3+++

Zu beachten sind die unterschiedlichen Bezugsjahre. Es konnten nur vereinzelt Daten identifiziert werden. Die Definition von Holzbau unterscheidet sich in den einzelnen Ländern. + = Bezugsjahr 2015, ++ = Bezugsjahr 2009, \$ = Bezugsjahr 2016, ! = Bezugsjahr 2017, +++ = Bezugsjahr 2018, # = Bezugsjahr 2020 (Angaben von Holzbau Deutschland)

Quelle: Afcobois 2019; Destatis 2020; Holzbau Deutschland 2021b; Gruber 2019; Holzbau Schweiz 2020o.J.; Knaus 2019; Manninen 2014, S.17; proHolz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft 2019, 2022a; Schoof 2018; Skogsstyrelsen Swedish Forest Agency 2019; Spear et al. 2019; Statista 2021k

Abb. 19 Holzbauquoten von mehrgeschossigen Bauten in Europa



Quelle: Afcobois 2019; Destatis 2020; Gruber 2019; Holzbau Deutschland 2021b; Holzbau Schweiz 2020o.J.; Knaus 2019; Manninen 2014, S. 17; proHolz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft 2019/2022a; Schoof 2018; Skogsstyrelsen Swedish Forest Agency 2019; Spear et al. 2019; Statista 2021k



bei den mehrgeschossigen Bauten aber deutlich hinter anderen Ländern.

Länder wie Schweden, USA und Kanada haben mit 75 bis 97 % sehr hohe Holzbauanteile an Einfamilienhäusern. Werden allerdings mehrgeschossige Bauten betrachtet, fallen die Quoten deutlich niedriger aus. In Schweden, Großbritannien und in der Schweiz liegen Holzbauquoten im Bereich von mehrgeschossigen Bauten zwischen 9 und 13 %. Das zeigt, dass selbst in Ländern wie Schweden, wo der Holzbau traditionell verankert ist, die Holzbauweise bei mehrgeschossigen Bauten noch kein Standardverfahren ist, da hiermit besondere Herausforderungen (z.B. Einhaltung von Brandschutz, Fragen zur Statik, Anforderungen an Planungsverfahren, Holzverfügbarkeit; siehe auch Kap. 3.2 bis 3.4) sind. Ein Vergleich des Anteils von Holzbauten an den Gesamtbauten in der Schweiz (15 %) und in Österreich (24 %) macht deutlich, dass Deutschland (20 %) auf vergleichbarem Niveau liegt. In Bezug auf den mehrgeschossigen Holzbau allerdings liegt Deutschland mit 4,5 % deutlich hinter Österreich (19 %), Schweden (13 %), Großbritannien (9 %) und der Schweiz (9 %). Hieraus lässt sich ableiten, dass Deutschland im Bereich mehrgeschossiger Holzbau noch deutlich zurückliegt und aufholen kann.

Potenziale in verschiedenen Marktsegmenten

Die größten Marktpotenziale für den Holzbausektor liegen im Bestandsbau.

Die größten Potenziale für künftige Holzbautätigkeiten sehen Holzbauunternehmen im Bestandsbau und der energetischen Modernisierung, sowie – wenngleich mit etwas weniger Potenzial – auch beim Neubau und Zweckbau (Holzbau Deutschland 2020 u. 2021b). Für den urbanen Holzbau sind vor allem die Entwicklungen in den folgenden Marktsegmenten relevant:

- Bestandsbauten: Aufstockungen
- Energetische Fassadensanierung
- Neubau Wohnen: Wohngebäude mit drei oder mehr Wohnungen
- Neubau Zweckbau: Anstalts-, Büro- und Verwaltungsgebäude sowie sonstige Nichtwohngebäude (z.B. Kindergärten, Schulgebäude)

Die Marktsegmente mit Wohngebäuden mit ein bis zwei Wohnungen, landwirtschaftliche sowie nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude bieten zwar auch Marktpotenziale für den Holzbau. Diese Segmente spielen aber für die Städtebauentwicklung aufgrund des knappen Angebots an Baugrundstücken und der hohen Grundstückspreise bzw. des landwirtschaftlichen Fokus eine eher untergeordnete Rolle.

Bestandsbauten: Aufstockungen

Aufstockungen, energetische Fassadensanierung und Neubauten sind die wichtigsten Marktsegmente.

Bei Aufstockungen geht es um die Schaffung neuer Wohnflächen auf Dächern mit zumeist einem oder mehreren Vollgeschossen. In diesem Bereich ist neben der energetischen Fassadensanierung das größte Potenzial für den urbanen Holzbau zu erwarten, da sich hierfür die leichte Holzbauweise aufgrund der hohen Vorfertigungsgrade und Vorteile für die Statik besonders anbietet. Nach einer Studie zum



Aufstockungspotenzial in Deutschland von Tichelmann et al. (2019) ergibt sich ein Potenzial für den Bau von ca. 1,1 bis 1,5 Mio. zusätzlichen Wohnungen, die durch Dachaufstockungen auf vorhandenen Wohngebäuden aus den 1950er bis 1990er Jahre geschaffen werden könnten. Hinzu kommen weitere 960.000 Wohnungen, die durch eine Wohnbarmachung von Nichtwohngebäuden entstehen könnten, etwa durch Aufstockungen von Wohnungen auf Lebensmittelmarkt- und Discounterketten (Potenzial von 400.000 Wohnungen) oder auf Büro- und Verwaltungskomplexen (Potenzial 560.000 Wohnungen). Ein weiteres Potenzial liegt in der Aufstockung von Parkhäusern, wodurch Tichelmann et al. (2019) zufolge mindestens 20.000 Wohneinheiten in den Innenstädten geschaffen werden könnten.

Energetische Fassadensanierung

Ein weiterer Sektor, der für den urbanen Holzbau Relevanz hat – wenngleich dieser keinen neuen Wohnraum schafft und nicht ausschließlich auf den urbanen Raum beschränkt bleibt –, ist die energetische Sanierung. Zur Erreichung der Klimaschutzziele im Gebäudebereich spielt die Modernisierung der bestehenden Gebäude eine wichtige Rolle (Stolte et al. 2012). Hier kann die energetische Fassadensanierung in Holzbauweise einen Beitrag leisten. Das BMWi (2014) ging in seinem Bericht davon aus, dass von ca. 19 Mio. Wohngebäuden mit rund 40 Mio. Wohnungen in den kommenden 20 Jahren etwa die Hälfte zur Sanierung ansteht, da diese vor 1978 und damit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung⁴⁰ (WärmeschutzV) errichtet wurden. Dies entspricht jährlich etwa 1 Mio. zu sanierender Wohnungen. Welcher Anteil davon auf den urbanen Raum entfällt, lässt sich daraus nicht ableiten.

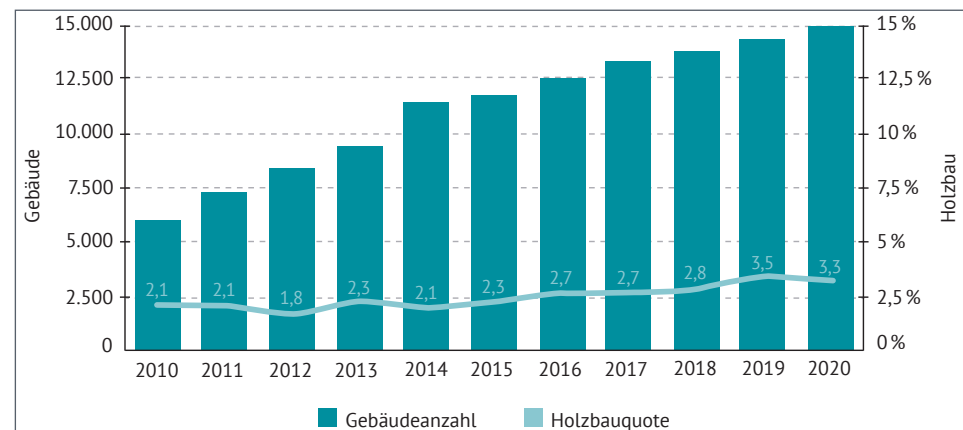
Neubauten Wohnen: Wohngebäude mit drei oder mehr Wohnungen/Mehrfamilienhäuser

Bei der Zahl fertiggestellter Mehrfamilienhäuser (Abb. 20) zeichnet sich im Gegensatz zu Ein- bis Zweifamilienhäusern (nicht abgebildet) eine kontinuierliche Zunahme ab. Hier spiegeln sich die Ambitionen der stetig wachsenden Städte, den Wohnraumengpässen mit mehrgeschossigen Wohnbauten zu begegnen. Die Holzbauquote befindet sich mit zuletzt 3,3 % zwar auf einem noch recht niedrigen Niveau (Destatis 2020).

⁴⁰ Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV)



Abb. 20 Baufertigstellung nach überwiegend verwendetem Baustoff, Wohngebäude mit drei oder mehr Wohnungen



Eigene Darstellung basierend auf Destatis 2020

Neubauten Zweckbau: Anstalts-, Büro- und Verwaltungsgebäude sowie sonstige Nichtwohngebäude

Bei Zweckbauten war zuletzt eher ein stagnierender Trend zu beobachten. Dieser dürfte sich aber aufgrund des gesteigerten Interesses der öffentlichen Hand für Holzbauten nach oben entwickeln.

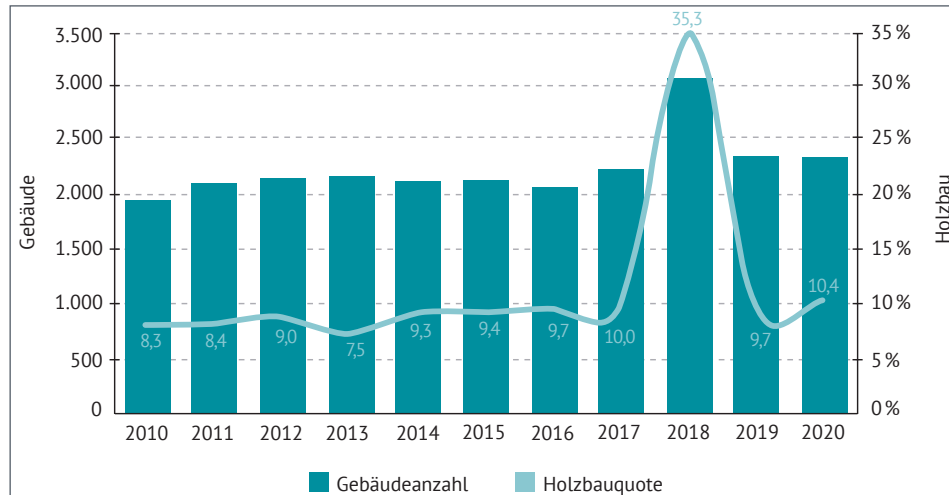
Bei den Fertigstellungen von Anstalts-, Büro- und Verwaltungsgebäuden ist bis auf einen Ausreißer eher ein stagnierender Trend zu verzeichnen. Im 10-Jahresvergleich zeigt die Holzbauquote demgegenüber einen leicht positiven Trend. Sie stieg in den vergangenen Jahren von 8,3 % (2009) auf rund 10 % (2020), ist aber immer noch als relativ gering zu bewerten. Der sprunghafte Anstieg auf 35,3 % (2018) ist durch 2 Großprojekte (Ferienanlagen) begründet (Purkus et al. 2020, S.11). Danach fiel die Zahl der Fertigstellungen in diesem Sektor wieder deutlich zurück.

Zu den sonstigen Nichtwohngebäuden zählen Parlamentsgebäude, Gebäude für Forschungszwecke, Schul- und Hochschulgebäude, Kindertagesstätten, Museen, Kongresshallen oder Sportgebäude (IÖR-Bauwerksdatenbank o.J.; Purkus et al. 2020). In diesem Sektor zeigt sich nur bei der Anzahl der Neubauten ein positiver Trend, nicht jedoch bei der Holzbauquote. Dennoch ist die Holzbauquote in diesem Sektor im Vergleich zum Wohnbau hoch und deutet auf das Potenzial für Holzbauten in diesem Sektor. Durch die geplanten Vorhaben größerer Städte wie Berlin oder Hamburg, öffentliche Gebäude wie z.B. Schulen oder Kindertagesstätten in Holzbauweise zu errichten, könnte die Holzbauquote für diese Gebäudeart in den nächsten Jahren steigen.

Da es in urbanen Räumen in der Regel kaum bebaubare Freiflächen gibt, bestehen Möglichkeiten für Neubauten primär beim Baulückenschluss und bei der Nutzung von Brachflächen.

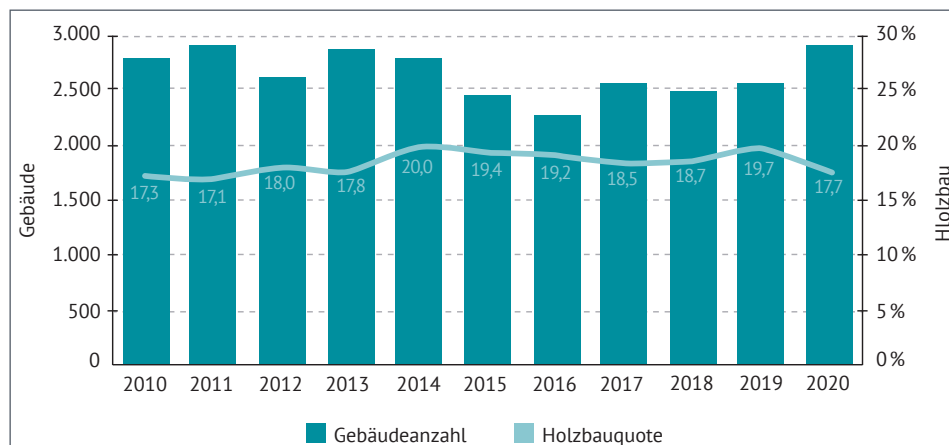


Abb. 21 Baufertigstellung nach überwiegend verwendetem Baustoff, Anstalts-, Büro- und Verwaltungsgebäude



Eigene Darstellung basierend auf Destatis 2021b

Abb. 22 Baufertigstellung nach überwiegend verwendetem Baustoff, sonstige Nichtwohngebäude



Eigene Darstellung basierend auf Destatis 2021b

Baulücken sind unbebaute Areale, die vollständig von Gebäuden umgeben sind. Sie haben zusätzlich zu Brachflächen eine hohe Bedeutung für eine flächensparende Siedlungsentwicklung und bieten ähnlich wie Aufstockungen Potenzial für Bauten in Holzbauweise. Eine Aussage zu den generellen Flächenpotenzialen lässt sich nur annäherungsweise treffen, weil leere Flächen nicht in allen Kommunen systematisch erhoben und statistisch erfasst werden. Zuletzt wurden 2012 in einer bundesweiten Befragung ausgewählter Städte und Gemeinden Flächenpotenziale auf Brachflächen und Baulücken erhoben. Die Ergebnisse zeigten im Mittel ein Flächenpotenzial von

Ein Baulückenschluss bietet vor allem in kleineren Städten Potenzial.



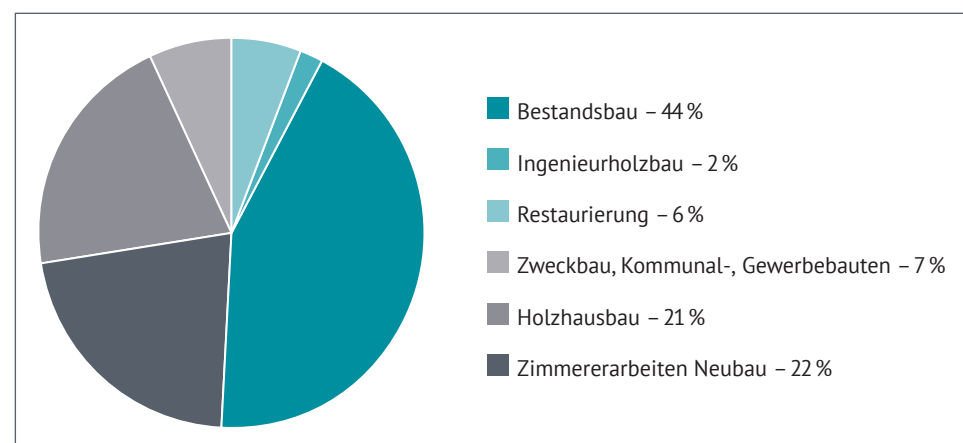
15 m² pro Einwohner (entspricht einer Gesamtfläche von 120.000 ha) (Blum/Schiller 2014). Genauer betrachtet bieten sich mehr Flächenpotenziale in ostdeutschen Städten als im Westen und Süden Deutschlands. Mit zunehmender Stadtgröße sinkt der Wert für Flächenpotenzial auf ca. 9 m² pro Einwohner in Großstädten (Schiller et al. 2013). Für den urbanen Holzbau bedeutet dies, dass in diesem Sektor kleine und mittlere Städte mehr Potenzial als Großstädte haben.

Die Betrachtung der einzelnen Marktsektoren macht deutlich, dass sich die größten Marktpotenziale des urbanen Holzbaus zurzeit noch nicht im hochgeschossigen Holzbau befinden. Die aktuellen Marktchancen liegen primär in den Bereichen Aufstockungen, also Bauen im Bestand und energetische Fassadensanierung. Ferner zeigt sich, dass die Holzbauquote bei den Zweckbauten bzw. sonstigen Nichtwohngebäuden wie Schulen oder Kindertagesstätten (2020 17,7 %) deutlich größer ist als bei den mehrgeschossigen Wohngebäuden (2020 4,5 %). Da insbesondere der öffentliche Sektor verstärkt auf den Holzbau als mögliche Verfahrensweise für den Bau von Zweckbauten setzt, ist besonders in diesem Bereich weiteres Wachstum zu erwarten.

Dass aktuell noch der Bestandsbau den größten Umsatz verspricht, zeigt auch die von Holzbau Deutschland errechnete Umsatzverteilung im Holzbausektor (Abb. 23). Die Umsätze der Branche (nach Berechnungen von Holzbau Deutschland lagen diese 2020 bei 8,3 Mrd. Euro, siehe auch Kap. 2.3.1) gehen zu großen Teilen auf den Bau im Bestand (44 %) zurück, erst deutlich dahinter folgen Zimmererarbeiten im Neubau (22 %) und Holzhausbau (21 %), sowie Kommunal- und Gewerbebauten, Zweckbau (7 %), Restaurierung (6 %) und an letzter Stelle der Ingenieurholzbau mit 2 % (Holzbau Deutschland 2021a).

Die aktuelle Umsatzverteilung in der Holzbaubranche zeigt den Schwerpunkt auf Bauen im Bestand.

Abb. 23 Umsatzverteilung im Holzbau 2019



Eigene Darstellung nach Holzbau Deutschland 2021a



3.1.2 Mögliche Wachstumsbremsen und Wettbewerb

Ursachen, die eine positive Entwicklung des Segments urbaner Holzbau zukünftig eher hemmen, sind vor allem in der kleinteiligen, von Kleinstunternehmen geprägten Holzbaubranche begründet (Kap. 2.3.1). Hemmende Faktoren beziehen sich auf die geringe Finanzstärke der Unternehmen, weshalb es diesen nur unzureichend gelingt, personelle Kapazitäten aufzubauen und in Produktionskapazitäten zu investieren. Dies könnte mittelfristig zu einer Verschiebung von Marktanteilen in Richtung Massivbaubranche führen. Ferner hemmt die mangelnde Verfügbarkeit von Personal mit den erforderlichen technischen und planerischen Kompetenzen für ein Bauen mit Holz das Wachstum im mehrgeschossigen Sektor. Eine weitere Schwierigkeit – insbesondere für KMU sind stark schwankende Holzpreise, die zu Kostendruck führen.

Geringe Finanzstärke und daraus resultierende mangelnde Kapazitäten für Bauvorhaben

Unternehmen benötigen eine gewisse Finanzstärke, um größere Bauvorhaben zu realisieren (RUB 2017, S.89). Kleinere Unternehmen übernehmen daher eher Vorhaben mit geringeren Baukosten wie einzelne Kindertagesstätten oder Feuerwehrhäuser. Bei größeren Vorhaben über 5 Mio. Euro Baukosten oder gar ganzen Wohnquartieren mit über 50 Mio. Euro Projektvolumen stoßen KMU an die Grenzen ihrer Vorfinanzierungsmöglichkeiten (Interview Ohnesorge 2020). In einer Befragung von Unternehmen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz im Rahmen einer Marktstudie zum öffentlichen Bauen mit Holz gaben 9 der 10 umsatzstärksten Unternehmen im Holzbausektor an, dass das für sie maximale Projektvolumen bei höchstens 25 Mio. Euro liege. 5 weitere Unternehmen gaben ein maximales Projektvolumen bis zu 50 Mio. Euro an und nur 3 sahen sich in der Lage, Projekte mit mehr als 50 Mio. Euro Umfang anzunehmen. Daraus lässt sich schließen, dass gegenwärtig nur wenige Holzbaufirmen in der Lage sind, größere, mehrgeschossige Bauvorhaben oder Siedlungs- bzw. größere KiTA- und Schulbauprojekte der öffentlichen Hand zu realisieren (RUB 2017, S.89). Eine Möglichkeit für KMU, trotz geringer Finanzstärke an größeren Vorhaben teilnehmen zu können, besteht im Zusammenschluss in Verbünden. Ein Beispiel dafür ist die Berliner HolzUnion Timber Construction, eine Gruppe von 5 mittelständischen Holzbauunternehmen. Durch den Zusammenschluss können die Unternehmen Aufträge teilen, während die Gemeinschaft das Gesamtrisiko trägt.

Zurzeit verfügen nur wenige Unternehmen über die Finanzstärke, auch größere Bauvorhaben zu realisieren.

Eng verbunden mit der Finanzstärke ist auch das Vermögen der Unternehmen, personelle Kapazitäten auszubauen oder Erweiterungsinvestitionen zu tätigen. Sowohl der Personalaufbau als auch geplante Erweiterungsinvestitionen sind Indikatoren für Wachstum (Purkus et al. 2020, S.20). Trotz der anhaltend guten Baukonjunktur in den letzten Jahren ist die Investitionsbereitschaft in der Holzbaubranche eher verhalten. In einer Befragung von 2019 gaben nur 21 % der Unternehmen an, Erweiterungsinvestitionen zu planen. Dies spricht perspektivisch nicht für eine substantielle

Nur wenige Holzbauunternehmen planen eine Kapazitätserweiterung.



Erweiterung der Kapazitäten in der Holzbaubranche. Es ist daher zu erwarten, dass die fehlenden Kapazitäten im Holzbausektor die mögliche Realisierung größerer Bauvorhaben und damit die Erschließung von Marktanteilen hemmen (Purkus et al. 2020, S.19). Der Ausbau von Kapazitäten wird zusätzlich durch einen Fachkräftemangel erschwert (s. nachfolgende Erläuterung) (RUB 2017, S.89).

Es besteht ein starker Wettbewerb zwischen Unternehmen aus Österreich, der Schweiz und Skandinavien.

Die geringe Finanzstärke deutscher Unternehmen gibt auch ausländischen Wettbewerbern Vorschub. Österreich und die Schweiz sind neben Skandinavien Vorreiter im Bereich Holzbau (Interview Schild 2020). Holzbauunternehmen aus diesen Ländern bieten daher auch regelmäßig auf Ausschreibungen in Deutschland. Insbesondere bei Bauvorhaben mit einem größeren Projektvolumen haben die ausländischen Unternehmen ob ihrer Größe Vorteile. So gelingt es deutschen Unternehmen aufgrund ihrer geringen Kapazität oftmals nicht, sich auf größere Ausschreibungsvorhaben zu bewerben. Die im Ausland etablierten Holzbauunternehmen sind den deutschen Unternehmen im Wettbewerb um größere Bauvorhaben somit überlegen.

Mögliche Verschiebung von Marktanteilen: Chancen für die Massivbauindustrie, Risiken für Hersteller energieintensiver Baustoffe

Der Holzhybridbau ist für den Bau von mehrgeschossigen Gebäuden besonders relevant.

Es zeichnet sich ab, dass personelle und infrastrukturelle Kapazitäten für den Holzbau aktuell primär in der konventionellen Bauindustrie aufgebaut werden (Interview Ohnesorge 2020). Immer mehr große Bauunternehmen investieren in den Holzbau, was anhand der nachfolgenden Beispiele illustriert werden soll. Das Bauunternehmen Ed. Züblin AG mit Sitz in Stuttgart hat sich mit MERK Timber (Aichach) und STEPHAN Holzbau (Gaildorf) unter der Marke Züblin Timber zusammengeschlossen. Das Unternehmen Brüninghoff Holz GmbH & Co. KG wurde 2012 als Teil der Brüninghoff-Gruppe gegründet. Brüninghoff bietet seitdem Bauten in Beton- und Holzbauweise an. Seit einiger Zeit zeigen auch Bauzulieferer Interesse am seriellen Holzbau (Interview Ohnesorge 2020). Beispielsweise hat die Knauf-Gruppe, die als einer der führenden Hersteller von Baustoffen (insbesondere Gips) und Bausystemen in Europa gilt, 2018 die Opitz Holzbau GmbH & Co. KG (Neuruppin) übernommen und damit ihr Spektrum um das Angebot des seriellen Bauens mit vorgefertigten Leichtbauelementen erweitert. Für die Massivbauindustrie ist die Verbindung von Beton- und Holzbau als Hybridbauweise eine interessante Marktoption, da diese nach jetzigem Stand der Technik die Holzbauweise mit dem größten Anwendungspotenzial im urbanen Raum ist (Interview Ohnesorge 2020).

Hier kann die Massivbauindustrie Marktchancen nutzen.

Sollte sich der mehrgeschossige Holzbau im urbanen Raum stärker durchsetzen, ist zu erwarten, dass die dafür erforderliche vermehrte Nutzung der Holzhybridbauweise zu einer Differenzierung der (Holz-)Baubranche und zu einer Verschiebung von Marktanteilen in Richtung Massivbauindustrie führt. Mittelfristig ist zwar noch von einer ausgewogenen Koexistenz von Massivbau- und Holzbauunternehmen im Wettbewerb um Holzbauprojekte auszugehen, doch deutet sich schon jetzt an, dass



längerfristig vor allem größere, konventionelle Bauunternehmen profitieren. Große Bauunternehmen verfügen am ehesten über die organisatorischen Strukturen und finanziellen Möglichkeiten, die eine schnelle Umstellung von Massiv- auf Holzhybridbauweise erlauben (Interviews Djahanschah 2020).

Neben dem Wettbewerb um Marktanteile zwischen Holzbauunternehmen einerseits und Massivbauunternehmen andererseits entsteht voraussichtlich ein weiterer Wettbewerb zwischen Herstellern nachhaltiger bzw. energieintensiver Baustoffe. Die Baustoffe Ziegel und Stahlbeton werden im Wohnungsbau am häufigsten eingesetzt. Ein zunehmender Einsatz von Holz im Bau könnte langfristig zu einem Verlust an Marktanteilen herkömmlicher energieintensiver Baustoffe wie Zement, Stein und Stahl führen (Interviews Djahanschah und Schild 2020). Schon heute wird die Marktentwicklung deshalb bei Mauerwerksverbänden/-industrie, Zementindustrie, Betonindustrie und Kiesindustrie aufmerksam beobachtet (Interview Schild 2020).

Perspektivisch wird der Wettbewerb zw. energieintensiven Baustoffen und Holz zunehmen.

Spezialisierte Anforderungen erfordern kompetente Fachkräfte

Der mehrgeschossige Holzbau stellt hohe technische und planerische Anforderungen an die Umsetzung (Hafner et al. 2017, S.89). Der mittelständisch geprägten Holzbaubranche fehlt aber oftmals das Personal mit den erforderlichen Kompetenzen, sodass es ihnen schwerfällt, diesen spezialisierten Anforderungen gerecht zu werden. Aufgrund dessen dominieren momentan nur sehr wenige (oftmals größere) Unternehmen das Segment des urbanen Holzbaus.

Der Qualifizierungsbedarf in Aus- und Weiterbildung nimmt allgemein im Baugewerbe vor allem auch durch den Einsatz neuer Technologien zu. So ist im Baugewerbe ein Trend zur Höherqualifizierung bzw. zur zunehmenden Akademisierung zu beobachten (Apt et al. 2019, S.61). Insbesondere nimmt die Bedeutung wissenschaftlicher Disziplinen wie z.B. Materialwissenschaften zu (Apt et al. 2019, S.26). Auch verändert der Trend zur Digitalisierung die erforderlichen Kompetenzen der Beschäftigten im Baugewerbe. Gefragt sind IKT-Anwenderkenntnisse, Kompetenzen bei der Anwendung von Maschinen (z.B. Fertigung) sowie der Nutzung vernetzter Systeme (Apt et al. 2019, S.65 ff.). Inhaltliche Anpassungen in der akademische Ausbildung sind, insbesondere für das Bauingenieurwesen sowie das Fach Architektur relevant (Apt et al. 2019, S.71).

Hierbei kommt für den Holzbau erschwerend hinzu, dass dieser gegenüber dem Massivbau in der Ausbildung von Fachkräften (in den Bereichen Architektur und Bauingenieurwesen) nur eine untergeordnete Rolle spielt. Verglichen mit Österreich oder der Schweiz gibt es in Deutschland weniger Lehrstühle an Universitäten, die sich dem Thema Holzbau widmen (Interviews Ohnesorge, Schild, Djahanschah; genannt wurden München, Stuttgart, Braunschweig). Andere Länder, wie z.B. die Schweiz, haben mit der Entwicklung von Ausbildungscurriculae begonnen, in denen gezielt Lücken in den Anforderungsprofilen geschlossen werden. So sollen beispielsweise in den

Der Holzbau spielt in der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften im Bausektor noch eine untergeordnete Rolle.



Holzbauingenieurwissenschaften, die eine wichtige Rolle in den Planungsprozessen für Holzbauten einnehmen, Fähigkeiten und Kenntnisse in den Bereichen Werk- und Montageplanung, Brandschutz und Bauphysik vermittelt werden (Kaufmann et al. 2017b, S.13; Purkus et al. 2020, S.56)

Überdies ist auch bei Ausbildungsberufen eine inhaltliche Anpassung erforderlich, nicht zuletzt, um diese auch insgesamt attraktiver für den Fachkräftenachwuchs zu gestalten (Apt et al. 2019, S.68). Beispielsweise könnte Wissen zur Serienfertigung in Ausbildungsinhalte zur Entwurfsplanung verankert werden.

Neben dem Erwerb spezifischer Kompetenzen stellt der generelle Mangel an Fachkräften im Baugewerbe eine Herausforderung für die Holzbaubranche dar. Engpässe bestehen in verschiedenen Bereichen wie der Fertigung und Montage, aber auch bei Planung und Brandschutz mit entsprechender Expertise im Bereich Holzbau (Interview Ohnesorge, Purkus et al. 2020, S.66).

Wie in der Baubranche insgesamt besteht auch in der Holzbaubranche ein Fachkräftemangel.

Durch die gute Baukonjunktur der letzten Jahre ist der Bedarf nach qualifizierten Arbeitskräften, u.a. auch in den für den Holzbau besonders relevanten Berufsrichtungen Architektur, Tragwerksingenieur- oder Brandschutzingenieurwesen gestiegen (Purkus et al. 2020, S.52 ff.; Interview Ohnesorge). Durchschnittliche Vakanzzeiten für Stellen mit spezialisiertem Anforderungsprofil steigen im Bereich Holz im Baugewerbe kontinuierlich an und liegen über dem Durchschnitt aller Wirtschaftszweige (2018 150 Tage zwischen gewünschtem Besetzungstermin und Abmeldung der Stelle bei der Bundesagentur für Arbeit; ohne Angabe, ob Stellenbesetzung erfolgreich war; Purkus et al. 2020, S.57).

Demgegenüber ist die Situation des Fachkräftemangels im Bereich Ausbildung weniger eindeutig. Purkus et al. (2020 S.57) berichten, dass die Anzahl der Ausbildungsplätze und die Zahl der Bewerber/innen gegenläufig ist: Während der Bedarf nach Auszubildenden steigt, nimmt die Zahl der Bewerbenden ab. Holzbau Deutschland kann jedoch einen seit Jahren positiven Trend bei der Zahl der Auszubildenden im Zimmerer- und Holzbaugewerbe feststellen. Selbst im Pandemiejahr 2020 konnte ein neuer Höchstwert an Lehreinsteiger/innen im ersten Lehrjahr verzeichnet werden⁴¹. Der Holzbau bietet aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads auch Potenzial für die Erhöhung weiblicher Lehrlinge, da die Arbeit im modernen Holzbau auch vom Wetter unbeeinträchtigt in der Produktionshalle und nicht zwingend auf dem Bau durchgeführt werden kann.

Volatiler Holzmarkt und steigende Baupreise

Trotz der Pandemie und des Shutdowns setzte sich die positive Konjunktur im Bausektor fort. Der Bauboom sowie eine insgesamt größere Nachfrage aus den USA,

⁴¹ Information von Holzbau Deutschland, zur Verfügung gestellte, nicht veröffentlichte Statistik.



China und Russland führten in der ersten Jahreshälfte 2021 zu einer temporären Holzknappheit und einem starken Preisanstieg, da es einen weltweiten Anstieg bei der Nachfrage nach Roh- und Schnittholz gab (Wörrle 2021). Die Erzeugerpreise für Konstruktionsvollholz verteuerten sich im Mai 2021 in Deutschland um 83,3 % im Vergleich zum Vorjahresmonat, Dachlatten um 45,7 % und Bauholz um 38,4 % (Destatis 2021a). Auch andere Baustoffe wie Holz und Dämmmaterialien zogen preislich stark an. Betonstahl war im Mai 2021 um 44,3 % teurer, Betonstahlmatten kosteten 30,4 % mehr als im Mai 2020 (Destatis 2021a).

Die Bauholzverfügbarkeit wurde infolge zu einem limitierenden Faktor für den Abschluss (und auch Erfüllung) von Bauverträgen. Zimmerer musste im zweiten Quartal 2021 Holzwaren mitunter zum dreifachen Preis im Vergleich zum Vorjahr einkaufen (Stand: Mai 2021) und konnten die gestiegenen Kosten nicht immer an ihre Kunden weitergeben, was sich insbesondere für KMU als existenzbedrohend erwies (Finanzen.net 2021b). Laut Holzbau Deutschland (2021a) ließen sich durch die Verknappung der Bauholzressourcen auch Lieferzeiten immer schwerer planen und einhalten. Die Baupreise stiegen infolge stark an, weshalb die Wachstumsaussichten für die Holzbaubranche für 2021 etwas gedämpft ausfallen, aber für 2022 bereits positiver gesehen werden.

Es wird vermutet, dass die ungewöhnlich starke Nachfrage Folge einer Kettenreaktion war. Einerseits wären die Produktionskapazitäten infolge des Lockdowns runtergefahren worden. Andererseits hätten viele Holzabnehmer aus Sorge vor Knappheit ihre Lager gefüllt und dadurch zu einer weiteren Verknappung beigetragen (Wörrle 2021). Im Sommer 2021 erfolgte dann eine Trendwende. Die Holzpreise in den USA sanken wieder deutlich und lagen im Juli 2021 fast auf dem Vorjahresniveau (manager magazin 2021; Jang 2021). Auch die deutsche Säge- und Holzindustrie berichtet von sinkenden Preisen (Kubatta-Große 2021b). Insgesamt scheint sich der Holzangel auf dem Bau wieder etwas abzuschwächen (Kubatta-Große 2021a) (Stand: Oktober 2021). Die fallenden Preise werden wiederum mit einer Marktbereinigung erklärt; Sägewerke in Europa, USA und Kanada hatten ihre Kapazitäten deutlich ausgeweitet. Es wurden Vorräte über den Jahresbedarf hinausgehend angelegt, zahlreiche Bauprojekte wurden aufgrund der hohen Preise verschoben und die durch die Pandemie stark gestiegene Nachfrage nach Heimwerkerbedarf ging zurück (Finanzen.net 2021a; manager magazin 2021).

In der Branche wird die Marktentwicklung ambivalent bewertet. Auf der einen Seite erschweren die volatilen Holzpreise die Planung und drücken auf Gewinnmargen. Zudem wird erwartet, dass die Nachfrage nach Holz aus China und den USA anhält oder gar noch steigt (Lange 2021). Zudem wird die immer stärkere Ausbreitung des Borkenkäfers in den nordamerikanischen Wäldern wahrscheinlich zu einer weiteren Verknappung von Holz führen. In der Branche und auf politischer Ebene wurde deshalb über einen Exportstopp diskutiert. Ein Beschluss der Wirtschaftsministerkonfe-



renz vom 17./18. Juni 2021 sprach sich allerdings gegen Handelsbeschränkungen aus. Auch ein vom BMWi, der Bauwirtschaft, dem Bauhandwerk sowie der Holzwirtschaft initiiertes runder Tisch sprach sich gegen Handelshemmnisse aus. Stattdessen sollte die Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von Holz verbessert werden. Schließlich lehnte die Bundesregierung protektionistische Maßnahmen ab (WD 2021, S.9).

Auf der anderen Seite wird eine Erholung der Holzpreise erwartet (Proplanta 2021). Diese zeichnet sich auch bereits in der Entwicklung der Holzpreiskurse⁴² ab (Stand: Oktober 2021). Die Fachgruppe Holzbau Deutschland des Zentralverbands des Deutschen Baugewerbes sieht eine Beruhigung des Marktes und eine prinzipiell gute Verfügbarkeit von Bauholz trotz einer anhaltend guten Baukonjunktur. Zwar seien die Baupreise sehr hoch, dies läge aber oftmals an den sehr hohen Grundstückspreisen und weniger an den Preisen für Baumaterial (Wörrle 2021).

Es ist davon auszugehen, dass sich die hohen Baupreise unabhängig von der Ursache zumindest im Privatsektor hemmend auf die weitere Marktentwicklung im Holzbau auswirken werden. Auch ist die KMU-geprägte Holzbaubranche besonders von starken Preissprüngen betroffen, da sie sinkende Gewinnmarken nur schlecht kompensieren kann (Wissenschaftliche Dienste 2021, S.4).

3.1.3 Ökonomische Leistungsfähigkeit

Bei einer Wirtschaftlichkeitsanalyse und Kostenbetrachtung der Holzbauweise im Vergleich zu anderen Bauweisen wird oftmals allein auf Kosten für das Bauwerk fokussiert. In einer etwas erweiterten Betrachtung werden die Lebenszykluskosten verschiedener Bauweisen zueinander in Bezug gesetzt. Lebenszykluskosten sind Kosten, welche ein Bauwerk in seinen Lebensphasen von der Projektierung und Erstellung der Konstruktion, Produktion, Errichtung, Betrieb bis zu seinem Rückbau verursacht. Dies umfasst i. d. R. auch Kosten für Miete und Pacht, Verwaltungs- und Betriebskosten sowie Instandhaltungskosten. Je nach gewähltem Ansatz kommen die Kostenberechnungen zu unterschiedlichen Ergebnissen:

Die Kosten für Häuser in Holzbauweise fallen gegenüber Massivbauten um ca. 4 bis 6 % höher aus.

In den Studien von Müller et al. (2015) und der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Arge 2015) werden die Lebenszykluskosten von Holzbauten mit Massivbauten verglichen. Bei der Kostenberechnung wurden Erstellungs- sowie zu einem gewissen Anteil Instandhaltungskosten berücksichtigt. Im Ergebnis fielen die Erstellungskosten von Holzbauten gegenüber dem Massivbau um 4,5 % teurer aus (Müller et al. 2015). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch die Arge (2015), das zeigt, dass die Baukosten für Mehrfamilienhäuser im Medianwert im Vergleich zu Mauerwerk um ca. 4,7 bis 6 % und im Vergleich zu Beton um ca. 2,0 bis 3,8 % höher ausfallen. In einer jüngeren Studie von Mahler et al. (2019, S.37) belaufen sich die Mehrkosten für

⁴² www.finanzen.net/rohstoffe/holzpreis (6.1.2022)



ein Einfamilienhaus in Holzbauweise je nach Dämmstandard auf 3,9 bis 4,0 % und zwischen 4,1 und 4,3 % für ein Mehrfamilienhaus.

Laut Müller et al. (2015) greifen diese Berechnungen aber zu kurz, vielmehr müssten überdies auch bauphysikalische, baubetriebliche und ökologische Faktoren berücksichtigt werden, um die tatsächlichen Kosten zu erfassen. Dadurch würden sich die Kosten der Holzbauweise relativieren, wie die nachfolgend aufgeführten Beispiele illustrieren (Informationsverein Holz e.V. 2015, S.16; Müller et al. 2015, S.61):

Mit Blick auf bauphysikalische Kriterien weisen Häuser in Holzbauweise einige Vorteile gegenüber dem Massivbau auf. In der Regel können die Wandkonstruktionen in Holzbauweise im Vergleich zu Massivwandkonstruktionen mit geringerer Wanddicke gestaltet werden. Dadurch erhöht sich die Nutzfläche von Gebäuden. Bei gleicher Grundfläche können dadurch 5 bis 10 % mehr Nutzfläche gewonnen werden. Bauland würde somit effektiver genutzt. Eine weitere Dimension, die sich auf die Wirtschaftlichkeit auswirken kann, ist die hohe Flexibilität von Holzbausystemen, die flexible Nutzungskonzepte über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden erlauben. Die holzbasierten Leichtbausysteme ermöglichen vergleichsweise einfach, variable Nutzungseinheiten am Gebäude zu ergänzen oder Größenveränderungen innerhalb des Gebäudes vorzunehmen (Informationsverein Holz e.V. 2015, S.19). Damit kann der Anforderung an höhere Nutzungsflexibilität im Gebäudesektor (Kap. 3.5 Gesellschaft) Rechnung getragen werden. Gebäude könnten so über lange Zeiträume wirtschaftlicher genutzt werden. Vorteilhaft ist auch das geringe Gewicht des Baumaterials Holz. Beispielsweise kann bei Aufstockungen auf zusätzliche Tragwerksverstärkungen verzichtet und damit Kosten eingespart werden. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aufgrund des additiven Aufbaus von Holzbaukonstruktionen, wodurch sich Elemente durch Veränderung oder Hinzufügen (z.B. ein bestimmtes Beplankungsmaterial) relativ leicht ändern lassen. Damit lässt sich u.a. der Wärmeschutz beeinflussen und Energie sparen.

Im Kontext baubetrieblicher Kriterien ergeben sich wirtschaftliche Vorteile aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads im Holzbau. Die Gewerke im Holzbau sind stärker als beim Massivbau miteinander verzahnt, wodurch sich Bauzeiten insgesamt verkürzen lassen. Während bei der Holzbauweise aufgrund der präzisen Planung eine längere Phase der Elementherstellung im Werk und eine kürzere Montagephase auf der Baustelle erfolgt, findet der größte Teil des Bauprozesses beim Massivbau auf der Baustelle statt. Durch die verkürzte Montagezeit ergeben sich geringere Kosten für Kran- und Gerüstkostenmieten (Müller et al. 2015), ebenso entfallen Kosten für die Zwischenlagerung von Baustoffen, weil die vorgefertigten Elemente termingerecht angeliefert und direkt montiert werden können.⁴³ Überdies werden Wartezeiten vermieden, da die massiven Baustoffe zum großen Teil über Nassprozesse miteinander verbunden wer-

Unter Berücksichtigung weiterer bauphysikalischer, baubetrieblicher und ökologischer Faktoren können sich die Kosten für den Holzbau relativieren.

⁴³ www.swisskrono.de/Oekologische-Holzwerkstoffe/Elementbauweise/Bauen-mit-Holzwerkstoffen/Mauerwerk-oder-Holzbau-0628394449.html (6.1.2022)

den, die zusätzlich zur Bauzeit auch Trocknungszeiten erfordern (Müller et al. 2015, S.39). Die Bauzeit bei Holzbauweise fällt durchschnittliche um 1 bis 3 Monate kürzer aus, sodass das in der Bauphase aufgewendete Kapital weniger lange gebunden bleibt und Mietzinseinnahmen früher erzielt werden können (Müller et al. 2015, S.61). Zukünftig könnten sich Planungsprozesse im Holzbau noch beschleunigen, wenn sich die rechtliche Lage zur Einhaltung von Brandschutzaufgaben vereinfacht (Kap. 3.3.2) (Interview Schild 2020). Weitere Effizienzpotenziale bieten sich perspektivisch auch durch eine intensivere Nutzung der digitalen Planungssoftware Building Information Modeling (BIM), deren Einsatz sich aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads und Verzahnung der Gewerke im Holzbau besonders eignet (Kap. 3.2.2 Einsatz von BIM und Robotik).

Schließlich könnte sich auch der Einbezug von ökologischen Kriterien günstig auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Holzbauweise auswirken. Bislang bleibt z.B. in der Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden der Anteil der sogenannten grauen Energie unberücksichtigt (Kap. 3.4.2 Ökobilanz und Lebenszyklusanalyse). Allein der Heizenergiebedarf während der Nutzungsphase von Gebäuden wird in einer Energieeffizienzbetrachtung berücksichtigt. Graue Energie ist auch bei der Entstehung von CO₂-Emissionen relevant. Für die Herstellung von Stahl, Zement und Ziegeln bedarf es hoher Temperaturen und damit viel Energie. Diese ist im Baumaterial gebunden und geht verloren, wenn das Gebäude abgerissen wird.

3.2 Forschung und Technik

Zurzeit treiben vor allem Innovationen im Bereich Werkstoffe sowie Verarbeitungs- und Fügetechnologien das mehrgeschossige Bauen voran. Vielversprechend sind Entwicklungen bei Verbundwerkstoffen, speziell auch in Verbindung mit Beton, sowie neuartige Werkstoffe wie Holzschäume und additive Fertigungsverfahren mit Holzwerkstoffen. Ein besonders wichtiges Forschungsgebiet ist die Verarbeitung und Verwendung von Laubholz, weil durch den anvisierten Waldumbau zukünftig weniger Nadel-, dafür jedoch mehr Laubholz zur Verfügung stehen wird (Kap. 3.2.1).

Der Einsatz der Planungssoftware Building Information Modelling (BIM) soll im gesamten Bausektor zu Zeit- und Kostenersparnissen sowie mehr Flexibilität führen. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads und der damit verbundenen Planung könnte gerade der Holzbausektor von BIM profitieren. Dies trifft auch auf den Einsatz von Robotik zu, mit dem der Zusammenbau von Modulen beschleunigt werden könnte. Die Einführung dieser Technologien fällt aber insbesondere den kleinen mittelständischen Unternehmen schwer. Effektivitäts- und Effizienzvorteile bleiben deshalb noch überwiegend ungenutzt (Kap. 3.2.2).

Ferner spielt die Standardisierung im Holzbausektor eine wichtige Rolle. Allerdings ist der Standardisierungsgrad im Holzbausektor noch vergleichsweise gering. Individualisierte Lösungen sind die Folge, welche die Planung und vergleichende Bewer-



tung bei der Vergabe durch die öffentliche Hand erschweren. Dies stellt ein wesentliches Hemmnis für die Entwicklung der Branche dar (Kap. 3.2.3.).

3.2.1 Neue Werkstoffe, Verarbeitungs- und Fügetechnologien

In den letzten Jahren zeichnen sich insbesondere bei Verbundwerkstoffen aus Holz in Verbindung mit Beton, Kunststoffen oder Textil neue Entwicklungen ab. Aktuell werden im Bereich Materialwissenschaften zahlreiche Forschungsvorhaben im Holzbau gefördert (Kap. 2.3.3 Forschungslandschaft: Publikationsstärke, Themenvielfalt und Forschungsprojekte). Im mehrgeschossigen Holzbau ist der Holz-Beton-Verbund (HBV) schon heute sehr verbreitet. In diesem Bereich werden neue Formen des Verklebens entwickelt, die eine größere Tragfähigkeit und Biegesteifigkeit als bei herkömmlich Holz-Beton-Verbunden erlauben.

Innovationen bei Verbundwerkstoffen aus Holz in Verbindung mit Beton, Kunststoffen oder Textil treiben Entwicklungen im Holzbau voran.

Forschungsgebiete sind derzeit noch die Entwicklung von Holzsäumen, die sich besonders für eine Dämmung eignen und der 3-D-Druck von Holzwerkstoffen zur Erstellung komplexer Geometrien.

Ein wesentlicher Treiber für Werkstoffinnovationen im Holzbau ist der Waldumbau, der zukünftig eine größere Verfügbarkeit von Laubhölzern erwarten lässt. Aufgrund der im Vergleich zu Nadelhölzern anderen Eigenschaften der Laubhölzer beispielsweise wegen anderer Härten oder Oberflächenstrukturen sind für deren Verarbeitung die bislang auf Nadelhölzer spezialisierten Technologien anzupassen und weiterzuentwickeln.

Verbundwerkstoffe

Holzverbundwerkstoffe bestehen typischerweise aus einer Matrix, etwa aus Kunststoff oder Beton, sowie in dieses Gerüst eingebettetes Holz aus Fasern, Spänen oder Mehl.

Die wohl verbreitetsten Holzverbundwerkstoffe im Bausektor sind Span- und Faserplatten (Grimm 2018). Als bindende Matrix werden bislang i. d. R. formaldehydhaltige Harze (Duroplasten) eingesetzt. Der Einsatz von Formaldehyden ist jedoch problematisch, da hohe Formaldehydkonzentrationen gesundheitsgefährdend sind. Austretende Gase können Schleimhautreizungen, Hustenreiz, Kopfschmerzen und Übelkeit hervorrufen sowie allergische Reaktionen auslösen. Zudem wurde Formaldehyd 2015 von der European Chemicals Agency (ECHA/europäische Chemikalienagentur) als „wahrscheinlich karzinogen (krebserregend) beim Menschen“ eingestuft. Da gesundheitsgefährdende Emissionen streng reguliert sind (Kap. 3.4.3), entsteht ein zunehmender Bedarf an formaldehydfreien Alternativen. Als Bindemittel für formaldehydfreie Span- und Faserplatten kommen beispielsweise Polyurethanharze zum Einsatz, auch sind weitere Bindemittel wie Aminoharze auf Basis von Glykolaldehyd (Fraunhofer WKI 2015b) oder das holzeigene Lignin in der Entwicklung. Darü-



ber hinaus werden bereits formaldehydfreie Spanplatten angeboten, die mineralisch gebunden sind, beispielsweise durch Gips, Zement oder Magnesit.

Verbundwerkstoffe, die sich zunehmend im Bau verbreiten, sind Wood Plastic Composites (WPC).⁴⁴ Anders als die klassischen Holzverbundwerkstoffe, zu denen beispielsweise Span- und Faserplatten zählen, ist der Holzanteil im Verbundwerkstoff nicht duroplastisch⁴⁵ gebunden, sondern in eine thermoplastische Kunststoffmatrix eingebettet. Dies ermöglicht es, WPC mithilfe von thermoplastischen Verarbeitungsverfahren (wie der Profilextrusion, dem Spritzgießen, dem Rotationsguss oder der Plattenpresstechnik) herzustellen. Der Holzanteil in WPC kann bis zu 70 % betragen. WPC haben eine vergleichbare Festigkeit und Steifigkeit wie OSB⁴⁶- und MDF⁴⁷-Platten, sind jedoch feuchteresistenter als Massivholz und klassische Holzwerkstoffe. Aufgrund der Witterungsbeständigkeit werden sie vor allem im Außenbereich eingesetzt, z.B. als Terrassendiele oder Fassadenelement. Grundsätzlich sind WPC recyklierbar, dennoch sind zahlreiche Fragen offen.

Ein internes Recycling (bei dem Produktionsreste wiederverwendet werden) ist bei WPC bereits üblich. Inwieweit jedoch eine stoffliche End-of-Life-Recycling (im Gegensatz zur energetischen Verwertung) also eine erneute stoffliche Nutzung von WPC machbar ist, bleibt noch ein Forschungsgebiet.⁴⁸

Holz-Beton-Verbund

Entwicklungen im Bereich Holz-Beton-Verbund treiben den mehrgeschossigen Holzbau voran.

Im mehrgeschossigen Holzbau ist der Holz-Beton-Verbund (HBV) weit verbreitet. HBV werden i. d. R. als hybride Tragekonstruktionen (Decken) eingesetzt, wobei die Biegesteifigkeit des Tragwerks maßgeblich von der Ausführungsart und Güte der Verbundfuge zwischen Holz und Beton abhängt. Neben den bereits in der Anwendung verbreiteten mechanischen Verbindungsmitteln (HBV-Schrauben und -Dübel, sowie Streckmetalle) und dem Formschluss z.B. durch Kerven⁴⁹ oder zylindrische Stahlrohre, ist der flächige Verbund durch Verklebung eine vielversprechende Entwicklung. Besonders hervorzuheben sind hierbei Nass-in-nass-Verklebungstechnologien (KI-WUH 2019). Hierbei wird der Beton direkt auf eine feuchte Klebstoffschicht auf dem Holzträger gegossen, sodass auch bei Unebenheiten eine lückenlose Bindefläche umgesetzt werden kann. Diese Art der Verklebung ermöglicht es, Decken tragfähiger und biegesteifer als herkömmliche HBV-Decken herzustellen. Zudem kann auf den

44 www.wki.fraunhofer.de/de/fachbereiche/hnt/biocomposites.html (6.1.2022)

45 Duroplasten sind im Gegensatz zu Thermoplasten unter Wärmeeinwirkung nicht mehr verform- oder aufschmelzbar.

46 OSB: Oriented Strand Board bzw. Oriented Structural Board (Platte aus ausgerichteten Spänen)

47 MDF: mitteldichte Holzfasern

48 www.wki.fraunhofer.de/de/fachbereiche/hnt/profil/forschungsprojekte/stoffliches-wpc-recycling.html (6.1.2022)

49 Bei einer Kerbe handelt es sich um einen rechteckigen oder dreieckigen Einschnitt in eine Brettstapelplatte, um einen Verbund zwischen der Platte und einer aufliegenden Stahlbetonplatte herzustellen.



Einsatz von beispielsweise tausenden HBV-Schrauben verzichtet werden. Gegenüber herkömmlichen Betondecken können etwa zwei Drittel des Betons und 80 % des Bewehrungsstahls eingespart werden.⁵⁰

Eine weitere Entwicklung ist die Integration von textilarmiertem Beton in HBV-Systeme. Ein Beispiel hierfür ist das durch den Bundespreis für hervorragende innovative Leistungen für das Handwerk ausgezeichnete Textilbeton-Holzverbund-Modul (Gebäudehülle.net 2016). Das Modul besteht aus einer Holzrahmenkonstruktion, auf die eine 2 cm dicke Textilbetonschicht gegossen wurde. Hierbei können Glasfaser- oder Kohlefasergerewebe genutzt werden. Die Module können für den Holzständerbau oder auch als Fassadenelement eingesetzt werden.

Das stoffliche Recycling der genannten innovativen Verbundstoffe ist genauso wie bei den WPC noch mit vielen offenen Fragen verbunden. Hier sind weitere Schritte erforderlich, damit diese Stoffe möglichst lange im Lebenszyklus gehalten werden können und nicht im Rahmen einer thermischen Verwertung das gebundene CO₂ wieder abgeben.

Holzschäum

Ein zunehmend beachteter Werkstoff, der sich aktuell noch in der Entwicklung befindet, ist der vom Fraunhofer WKI (2015a) entwickelte Holzschäum. Holzschäume sind offenporige Schäume mit hervorragenden Dämmeigenschaften. Ihre Wärmeleitfähigkeit liegt zwischen der von Styropor und Holzfaserdämmplatten. Gleichzeitig macht die vergleichsweise hohe Druckfestigkeit den Holzschäum auch für statische Anwendungen interessant. Für die Herstellung von Holzschäumen können herkömmliche Laub- und Nadelhölzer wie auch Restholz⁵¹ genutzt werden. Die Holzfasern werden in Wasser zu einer sehr feinen Holzfasersuspension vermahlen und anschließend durch kräftiges Rühren oder mithilfe von Treibmittel aufgeschäumt und im Trockenschrank verfestigt. Holzschäume werden als neues Dämmmaterial diskutiert, können aber auch in Material-Verbund-Systemen zum Einsatz kommen. Beispielsweise wurde bereits ein Sandwichelement mit einem Holzschäumkern und einer dünnen Deckschicht aus Textilbeton entwickelt, das als leichtes Vorhangfassadenelement oder im Innenausbau verwendet werden könnte (Fraunhofer WKI 2019a).

Additive Fertigung

Additive Fertigungsverfahren erlauben die Herstellung komplexer Geometrien und innerer Strukturen auf Basis einer schichtweisen Konstruktion. Während der Reifegrad

50 www.kiwuh.de/projektfoerderung/projektdatenbank (6.1.2022), siehe Förderkennzeichen 22008917; 22011017; 22011617

51 Restholz sind Holzrückstände, die beim Einschlag im Wald, bei der Be- und Verarbeitung von Holz in der Industrie sowie im Bauwesen und Bergbau anfallen.



der Technologie in verschiedenen Anwendungsbranchen bereits weit fortgeschritten ist, steht die (Holz-)Bauindustrie noch in den Anfängen und exploriert neue Möglichkeiten und Potenziale durch den Einsatz von 3-D-Druckverfahren. Zukünftig könnten additive Fertigungsmethoden auch im Holzbau eine Rolle spielen. So ist es beispielsweise möglich, pastöse Gemische aus Holzmehl oder -fasern und Beton zu verdrucken (Kohl et al. 2018). Auch ist das Verdrucken von Biopolymeren auf Holzbasis möglich, beispielsweise von einem Gemisch aus Lignin und Cellulose (David 2020). Im DFG-Sonderforschungsbereich „3D-Druck im Bauwesen“ werden in einem Teilprojekt tragende Holzbauteile mittels additiver Fertigung hergestellt (Fraunhofer WKI 2019c).

Laubholz

Ein wesentlicher Treiber für Werkstoffinnovationen im Holzbau ist der Waldumbau, da zukünftig mehr Laubholz zur Verfügung steht.

Durch die notwendige Anpassung der deutschen Wälder an die zunehmenden Wetterextreme und den Klimawandel wird in einigen Jahren zum einen die Weißtanne die Fichte verdrängen und die Douglasie eine wichtigere Rolle spielen (Janzing 2019, S.39), zum anderen wird mehr Laubholz – insbesondere Buche, Esche, Erle und Kastanie – zur Verfügung stehen. Aktuell wird überwiegend Nadelholz verbaut – für tragende Konstruktionen beim Bau kommen vor allem Fichte und Weißtanne zum Einsatz (Kap. 3.4.1 Holzbedarf und -verfügbarkeit) –, während Laubholz im Bau nur eine Nebenrolle spielt. Hierzulande werden für die Herstellung von Bauholz gerade einmal 15 % der Buchen- und Eichenernte genutzt. (BaustoffWissen 2017). Auch wenn sich dies kurzfristig nicht ändern wird, da durch die klimabedingten Waldschäden in den kommenden Jahren eher von einem Überangebot von Nadelholz auszugehen ist, werden Laubhölzer langfristig eine wichtigere Rolle spielen.

Inzwischen gibt es einige innovative Entwicklungen im Bereich Laubholzwerkstoffe, die vereinzelt schon vermarktet werden. Dazu werden bestehende, auf Nadelhölzer ausgerichtete Technologien so angepasst bzw. überarbeitet, dass damit Laubhölzer, die andere Inhaltsstoffe, Oberflächenstrukturen, Dichten und Härten als Nadelhölzer haben, zu klassischen Werkstoffen wie Brettschicht- und Sperrholz oder Faser- und Spanplatten verarbeitet werden können (Merz et al. 2020, S.20ff.). Neben der Substitution von Nadel- durch Laubholz ist auch die gezielte Kombination von Nadel- und Laubholz anvisiert. Es wurden beispielsweise Faserplatten mit einem Laubholzanteil von bis zu 50 % entwickelt (Fraunhofer WKI 2019b). In diesem Zusammenhang ist sehr vielversprechend, dass auch Laubholz mit minderer Qualität, das sonst ohne weitere Verwendung nur thermisch verwertet werden, für die Herstellung der Faserplatten genutzt werden können. Die Verwendung von Laubhölzern wird seit einigen Jahren vermehrt erforscht, beispielsweise für Holz-Beton-Verbunde (Fraunhofer WKI 2019d).

3.2.2 Einsatz von BIM und Robotik

Die Digitalisierung im Bausektor manifestiert sich u.a. in der zunehmenden Nutzung von Gebäudedatenmodellierung (Building Information Modeling – BIM) (Ko-



cijan 2018). BIM steht für ein Planungs- und Steuerungskonzept bei dem alle relevanten Bauwerksdaten digital erfasst und über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes betrachtet werden. Dazu wird das Gebäude als 3-D-Modell visualisiert. Die softwarebasierte Methodik BIM dient dazu, Gebäude besser planen, ausführen und bewirtschaften zu können. Durch den Einsatz von BIM werden in der Baubranche Zeitersparnisse, mehr Flexibilität und Kosteneinsparungen erwartet (TAB 2022).

Im Holzbau müssen aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads und der komplexen, multifunktionalen Elemente wesentliche Entscheidungen zu einem frühen Zeitpunkt getroffen werden. Da Planungsentscheidungen bereits sehr frühzeitig in der Vor- bzw. Entwurfsplanung gefällt werden müssen, ist der Einsatz der 3-D-basierten Planungsmethode besonders gut geeignet. Der digital zu erfassende Prozessablauf im Holzbau beginnt beim Entwurf der Architekt/innen, wird bei der Konstruktion und Berechnung vertieft und optimiert und endet mit der Fertigung im Holzbauunternehmen (Huß et al. 2017, S.135). Mit dem Einsatz von BIM in diesen Phasen können Zeit- und Kostenvorteile des Holzbaus weiter optimiert werden.

Der Holzbau eignet sich besonders für den Einsatz der 3-D-Planungssoftware BIM.

Generell ist die Verbreitung von BIM in der Baubranche noch vergleichsweise gering und fokussiert sich meist auf größere Unternehmen (Kocijan 2018). Gerade bei kleinen Architekturbüros und Bauunternehmen, die in Deutschland rund 90 % ausmachen, ist die Einführung von BIM noch wenig ausgeprägt (Huß et al. 2017, S.136). Defizite bei der Einführung bestehen darüber hinaus auch bei den für die Gewerke zuständigen Unternehmern (z.B. für Elektrik, Trockenbau) (Interview Ohnesorge). Vielen Unternehmen mangelt es an Expertise für den Einsatz der neuen Systeme oder sie scheuen die vergleichsweise hohen Investitionskosten (PwC 2018). Demzufolge ist der Datenaustausch entlang der Prozesskette von der Planung bis zur Umsetzung von Bauvorhaben noch erschwert. Die meisten Unternehmen oder Selbständige, die heute schon BIM anwenden, nutzen die Daten ausschließlich intern (Huß et al. 2017, S.136).

Trotz der großen Potenziale beim Einsatz von BIM im Holzbau spielt es auch dort noch eine eher untergeordnete Rolle und ist innerhalb der Holzbaubranche unterschiedlich weit verbreitet (Kaufmann et al. 2019). Wie das Forschungsprojekt „BIM-wood“ (2019) zeigen konnte, ist die BIM-Methode und die verwendete Software an die Anforderungen des modernen Holzbaus noch nicht optimal angepasst. Die Herausforderungen sind technisch-wirtschaftlicher, rechtlicher, aber auch planungskultureller Natur (Kaufmann et al. 2019). Schwierigkeiten bestehen beispielsweise bei der digitalen Infrastruktur (Software, Hardware, Datenmenge). So steht etwa für die Integration von CAM-Dateien⁵² von Holzbauunternehmen in ein gemeinsames

BIM hat sich in der Holzbaubranche noch nicht durchgesetzt. Hier bieten sich noch Effizienzpotenziale.

52 Die 2-D- oder 3-D-CAD-Daten der Architektenplanung werden in die CAM-Planung (Computer Aided Manufacturing/computerunterstützte Fertigung) des Holzbauunternehmens übersetzt. CAM-Daten basieren in der Regel auf einem 3-D-Modell und bilden die Grundlage für die Maschinenansteuerung und Werkzeugauswahl von Fräsmaschinen (Kaufmann et al. 2017c, S.135)



Datenmodell derzeit noch keine geeignete Software zur Verfügung. Der Datenaustausch ist aufgrund mangelnder Schnittstellen noch sehr umständlich. Auch wird der Einsatz von BIM bei der Holzbauweise von öffentlichen Auftraggebern noch nicht gefordert.⁵³ Eine entsprechende Vorgabe bei der Vergabe könnte die Entwicklungen und Verbreitung beschleunigen.

Eng mit der Digitalisierung verbunden ist die Automatisierung im Bausektor. Derzeit wird an der Entwicklung von autonom fahrenden Maschinen und 3-D-Druckern von Bauteilen auf Baustellen gearbeitet (Kocijan 2018). Aufgrund der im Holzbau typischen Modul- und Fertigteilbauweise eignet sich der Einsatz von Robotern in der Vorfertigungshalle von Holzbauten eher noch als auf der Baustelle. Beim Einsatz von Robotern auf der Baustelle entsteht ein zusätzlicher logistischer Aufwand, da diese vor Ort aufgestellt werden müssen.⁵⁴ Dies entfällt beim Einsatz in der Halle.

Robotik kann bei zahlreichen Prozessstufen in der Vorfertigung eingesetzt werden.

Roboter können an den verschiedenen Stufen in der Prozesskette im Holzbau ansetzen (z.B. Zuschnitte, Fräsen, Kleben/Verputzen, Bohrungen, Hilfe beim Materialhandling, Montage von Elektro- oder Heizsystemen) und ermöglichen dadurch Zeit- und Kostenvorteile. Inzwischen können bereits ganze Wandelemente automatisiert angefertigt werden (WEINMANN Holzbausystemtechnik GmbH). Eine durchgehende Verkettung von automatisierten Prozessen in der Produktion ist aber noch kaum zu beobachten. Der zunehmende Kostendruck und der steigende Fachkräftemangel werden die Entwicklung in Richtung Automatisierung aber voraussichtlich beschleunigen (Jack 2017). Besonders mittelständische Unternehmen könnten davon profitieren und ihre Wettbewerbsfähigkeit dadurch steigern.

3.2.3 Standardisierungsbedarfe

Typisch für den Holzbau sind sehr viele individuelle Lösungen, wodurch sich ein hoher Standardisierungsbedarf ergibt (Interview Ohnesorge). So bieten sich im Holzbau zum einen eine Vielzahl an Ausführungsmöglichkeiten (Hafner et al. 2017, S.91), zum anderen können vielfältige Materialkombinationen genutzt werden. Aus der Vielfalt der verfügbaren Optionen erhöht sich in erheblichem Maße der Aufwand bei der Planung etwa von Anschlüssen, Verbindungen und Konstruktionsdetails bei Bauteilen (Purkus et al. 2020, S.53), deren verstärkte Standardisierung die Wahl und Ausführung von Holzkonstruktionen deutlich vereinfachen würde.

Der geringe Standardisierungsgrad im Holzbau erschwert Planung, Genehmigung und Umsetzung.

Darüber hinaus würde es auch Personen aus den Bereichen Planung und Ingenieurwesen, die mit dem Holzbau weniger vertraut sind, den Zugang zum Holzbau erleichtern (Hafner et al. 2017, S.91). Der geringe Standardisierungsgrad erzeugt aber nicht

⁵³ www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/grundlagen/bim-im-holzbau-6969865 (6.1.2022)

⁵⁴ www.lean-mc.com/magazin/robotik-im-holzbau/ (6.1.2022)



nur Schwierigkeiten aufseiten der Planer/innen, sondern auch aufseiten der Genehmigungsbehörden bei der Beurteilung von Plänen. Verschiedene Optionen können bei einem geringen Standardisierungsgrad kaum vergleichend bewertet werden. Unternehmen der Holzbaubranche könnten ebenfalls von einer größeren Standardisierung profitieren, da hierdurch die Notwendigkeit für die Erstellung von Verwendbarkeitsnachweisen individueller Lösungen der von ihnen eingesetzten Bauprodukte entfielen (Purkus et al. 2020, S.53).

Eine vielversprechende Alternative könnten standardisierte Systembaukästen für verschiedene Holz- und Hybridbauweisen darstellen. Dabei handelt es sich um modulare Komponenten, die sich miteinander kombinieren lassen, wodurch sich die Abstimmung zwischen den einzelnen Prozessstufen der Planung, Herstellung und Montage erleichtert. Im Idealfall würde die Standardisierung auch die Integration technischer Gebäudeausrüstung (Heizung, Wärme, Raumlufte, Sanitär, Elektro, Mess-/ Steuer-/Regelungstechnik) einbeziehen (Winter et al. 2018).

Als ein wichtiger Baustein für eine Standardisierung gilt die österreichische Bauteilplattform dataholz.com, ein Onlinekatalog für geprüfte bzw. zugelassene Baustoffe und Bauteile für den Holzbau (Interview Ohnesorge). In einem von der Bundesstiftung Umwelt (DBU) zwischen 2015 und 2019 geförderten Projekt wurde der österreichische Katalog geprüfter Holzbauteile auf Rahmenbedingungen in Deutschland angepasst und eine eigene Plattform für Deutschland erstellt (www.dataholz.de⁵⁵). Mittels Bauteilkatalogen und den darin erfassten und von akkreditierten Prüfanstalten für den Holzbau freigegebenen Holz und Holzwerkstoffen, Baustoffen, -teilen und -teillösungen können Planungsverfahren deutlich effizienter gestaltet werden (Interview Djahanscha). Noch ist offen, wie sich die Nutzung der Bauteilkataloge in der Praxis weiter entwickelt (Purkus et al. 2020, S.54). Es zeichnet sich aber ab, dass in der Datenbank aufgeführte Produkte verstärkt genutzt werden.

Bauteilkataloge geben wichtige Impulse für eine Standardisierung.

Treiber bei den Standardisierungsbemühungen werden vermutlich eher größere Holzbauunternehmen sein, insbesondere solche mit Fertigungsstraßen, da Standardisierung in der Serienfertigung Kostenvorteile bietet (Interview Ohnesorge). Dies bedeutet, dass trotz der starken Prägung des Holzbausektors durch KMU deren Einfluss auf Standardisierung eher gering sein dürfte (Interview Djahanscha). Mit großer Wahrscheinlichkeit wird auch der verstärkte Einsatz von BIM im Holzbau (Kap. 3.2.2) die Standardisierung vorantreiben, weil dadurch Kosten für die Erstellung von individuellen, nicht standardisierten Datensätzen vermieden werden (Purkus et al. 2020, S.54).

55 Der Katalog enthält bauphysikalisch und ökologisch geprüfte und/oder zugelassene Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteillösungen, die für den Holzbau von akkreditierten Prüfanstalten freigegeben sind. Die Kennwerte können als Grundlage für die Nachweisführung gegenüber Baubehörden herangezogen werden.



3.3 Politik und Recht

Staat und Kommunen können im Rahmen der öffentlichen Beschaffung eine wichtige Vorbildfunktion für den Bau nachhaltiger und ressourceneffizienter Gebäude einnehmen. Zudem stehen der öffentlichen Hand verschiedene Instrumente zur Verfügung, nachhaltiges und ressourceneffizientes Bauen zu fördern (Kap. 3.3.1).

Die Einhaltung von Brandschutzvorschriften stellt beim Holzbau eine wichtige Voraussetzung dar und begrenzt bislang auch das Bauen in die Höhe. Trotz der jüngsten Novellierung der MHolzBauRL ergeben sich bei der Genehmigung noch Hindernisse, überdies steht eine einheitliche Umsetzung auf Länderebene noch aus (Kap. 3.3.2).

Als hinderlich erweist sich zudem, dass sich Planungsprozesse bei Vergaben am Massivbau und den dort üblichen Vor-Ort-Prozessen orientieren und nicht auf die besonderen Anforderungen des Holzbaus Rücksicht nehmen. Infolgedessen werden beispielsweise Umplanungsbedarfe beim ausführenden Holzbauunternehmen erforderlich, was zu Effektivitäts- und Effizienzverlusten führt (Kap. 3.3.3).

3.3.1 Vorbildfunktion der öffentlichen Hand und Förderinstrumentarium für nachhaltiges Bauen

Die Erfahrung mit der Umsetzung von Holzbauten der vergangenen Jahre zeigt, dass sich die Anreizstrukturen für die Realisierung von Gebäuden in Holzbauweise zwischen privaten Auftraggebern und der öffentlichen Hand maßgeblich unterscheiden. Sind für die Wahl der Bauweise bei einem Großteil der privaten Auftraggeber überwiegend Kosten der ausschlaggebende Faktor, stehen bei öffentlichen Auftraggebern zunehmend auch Nachhaltigkeitskriterien im Vordergrund.

Von den privaten Hausbauenden ist allerdings jene Gruppe abzugrenzen, die sich bewusst für ein Haus in Holzbauweise entscheidet. Bei dieser Gruppe spielen ökologische Aspekte wie Nachhaltigkeit und Klimaschutz, genauso wie Kriterien zur Wohngesundheits und Energieeffizienz eine wichtige Rolle (Purkus et al. 2020, S.38 f.). Diesen ökologiebewussten Bauherren kam in den letzten Jahren eine wichtige Impulsfunktion zu, denn insbesondere private Baugruppen und einzelne Genossenschaften haben den Bau mehrgeschossiger Wohnhäuser in Holzbauweise in der Stadt vorangetrieben (Interviews Ohnesorge und Schild; BundesBauBlatt 2018).

Bei der Vergabe öffentlicher Bauvorhaben sind Klimaschutz und Ressourceneffizienz immer wichtiger geworden.

Für die Vergabe öffentlicher Bauvorhaben durch die öffentliche Hand sind besonders auf kommunaler und Landesebene Aspekte wie Klimaschutz und Ressourceneffizienz immer wichtiger geworden. Beispiele sind Klimaschutzpläne und -gesetze der Bundesländer Baden-Württemberg, Hamburg, NRW und Berlin. Der Holzbau wird darin als ein wichtiger Bestandteil der Energie- und Klimaschutzpolitik gesehen. Baden-Württemberg setzt mit der 2018 initiierten Holzbauoffensive ganz gezielt auf



den Einsatz von Holz und zum Erreichen von Energie- und Klimaschutzzielen. Auch auf Bundesebene finden sich im verabschiedeten Klimaschutzprogramm 2030 von 2019 Maßnahmen für ein klimaneutrales Bauen, die das Bauen mit Holz fördern (Kap. 2.3.2).

Der öffentlichen Hand stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung, den Holzbau direkt oder indirekt zu befördern. Hier sind zum einen Maßnahmen zu nennen, die den Holzbau direkt fördern, wie z.B. einzelne Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit Fokus auf Holzbau bzw. das Baumaterial Holz, oder größere Leuchtturmprojekte und Stadtentwicklungsvorhaben, wie z.B. das Wohnquartier Prinz-Eugen-Park in München (Kap. 2.3.3).

Zum anderen kann die öffentliche Hand Instrumente wählen, die entweder direkt oder indirekt klimaverträgliche und ressourceneffiziente Bauweisen befördern. Hierbei können Maßnahmen entweder völlig materialneutral ohne Vorgaben zum Baumaterial gestaltet sein oder vorschreiben, Holz als optionales Baumaterial zu prüfen.

Zu direkten Maßnahmen in diesem Kontext zählen die öffentliche Beschaffung unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsgesichtspunkten, Vorgaben mit Umweltbezug bei Bebauungsplänen, die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Grundstücksvergabe, KfW-Förderprogramme für nachhaltiges Bauen und Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden. Indirekte Maßnahmen zielen auf Vorgaben in verschiedenen Politikbereichen (Klima, Ressourceneffizienz, Bauprodukte, Abfall- und Kreislaufwirtschaft).

Die öffentliche Hand kann den Holzbau direkt oder indirekt fördern.

Die direkten und indirekten Maßnahmen zur Förderung von klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen stellen in der Regel bestimmte Anforderungen an die Ökobilanz der eingesetzten Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen (Kap. 3.4.2). Anforderungen können z.B. sein, dass Gebäude gegenüber einem Referenzgebäude Einsparpotenziale von CO₂-Emissionen in Bezug auf den Primärenergiebedarf inklusive grauer Energie erzielen. Eine positive Bilanz ergibt sich z.B. dadurch, dass recyceltes Baumaterial gewählt wird oder hohe Emissionen in der Herstellungsphase durch sehr geringe Emissionen in der Nutzungsphase kompensiert werden. Durch die gewählten Anforderungen zur Ökobilanz in den Ausschreibungen fällt die Entscheidung oftmals zugunsten von Holzbauweisen aus, weil dadurch Anforderungen zur klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauweise erfüllt werden können (Interviews Ohnesorge und Schild).

Die öffentliche Hand übt im Rahmen der öffentlichen Beschaffung eine Vorbildfunktion gegenüber Verbraucher/innen aus und setzt Anreize für Umweltinnovationen (BMU 2020). Eine auf Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete öffentliche Beschaffung kann in Bezug auf den Holzbau eine besondere Lenkungswirkung entfalten, da sie mit einem Volumen von rund 500 Mrd. Euro einen großen Anteil am Erwerb von Produk-

Die öffentliche Hand übt im Rahmen der öffentlichen Beschaffung eine Vorbildfunktion für nachhaltiges Bauen aus.



ten und Dienstleistungen in Deutschland ausmacht. Mengenmäßig sind Kommunen vor Ländern und dem Bund mit Abstand die größten öffentlichen Beschaffer von Waren und Dienstleistungen. Die Richtlinie 2014/24/EU⁵⁶ sieht vor, dass das wirtschaftlichste Angebot den Zuschlag erhalten soll. Unter Wirtschaftlichkeit werden neben den Kosten auch Kriterien wie Langlebigkeit, Lebenszykluskosten, Lieferzeitpunkt, Qualität, Rentabilität oder Umweltverträglichkeit erfasst.⁵⁷ Zwar obliegt es den ausschreibenden Verwaltungen, inwieweit umweltrelevante Kriterien bei den Beschaffungsvorgängen berücksichtigt werden, doch sind diese in einigen Bereichen vorgeschrieben. So müssen etwa die durch die Bundesverwaltung beschafften Holzwaren aus nachweislich legaler und nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammen.⁵⁸

Tab. 3 Direkte und indirekte Maßnahmen zur Förderung des Holzbaus

holzspezifisch	ökobilanzbasierte Materialauswahl	
	materialoffen/ Holz als Prüfoption	materialoffen
direkte Maßnahme zur Förderung des Holzbaus	direkte Maßnahme zur Förderung von klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen	indirekte Maßnahme zur Förderung von klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen
FuE-Förderung Holzbau Förderung von Leuchtturmvorhaben im Bereich Holzbau	• öffentliche Beschaffung mit Fokus auf Umweltfreundlichkeit • Bebauungsplan mit umweltrelevanten Vorgaben • Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Grundstücksvergabe • KfW-Förderprogramme für nachhaltiges Bauen • Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden	• Klimapolitik, z. B. CO₂-Bepreisung von Grundstoffen wie Zement, • Eisen, Stahl, Aluminium • Ressourceneffizienzpolitik, z. B. Steuern auf Primärstoffe wie Sand und Kies • Produktpolitik, z. B. Umsetzung der Anforderungen zur Nachhaltigkeit gemäß der europäischen Bauprodukteverordnung • Abfall- und Kreislaufwirtschaft, z. B. Anforderungen an die Verwertung von Baustoffen, Deponiegebühren

* Verordnung (EU) Nr. 305/2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG

Eigene Darstellung basierend auf Purkus et al. 2020, S. 40

In den vergangenen Jahren sind in Deutschland bereits zahlreiche Verwaltungsgebäude, Kindertagesstätten, Schulen, Studentenwohnheime oder Turnhallen in Holzbauweise erstellt werden.⁵⁹ Der öffentliche Sektor kann vorbildhaft auf priva-

56 Richtlinie 2014/24/EU über die öffentliche Auftragsvergabe und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/18/EG sowie Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (VOL) Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen – Teil A (VOL/A)

57 www.ibau.de/akademie/glossar/wirtschaftlichkeit/ (6.1.2022)

58 Gemeinsamer Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten in der Fassung der Verkündung vom 17.1.2011 im Gemeinsamen Ministerialblatt

59 Eine Übersicht findet sich unter <https://informationsdienst-holz.de/holzbauten/> (6.1.2022)



te Auftraggeber wirken, den Holzbau als eine alternative, ressourcenschonende und nachhaltige Bauweise in Betracht zu ziehen (Purkus et al. 2020, S.39). Darüber hinaus kann die öffentliche Hand durch die genannten verschiedenen direkten und indirekten Maßnahmen zur Förderung einer ressourceneffizienten und nachhaltigen Bauweise gezielt Anreize und Impulse setzen, die in einer stärkeren Verwendung von Holz beim Bauen münden können.

Zusätzlich zu ausgewählten Nachhaltigkeitskriterien bei Vergaben wirkt als weiteres steuerndes Element der Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ und das damit verbundene Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB), das für den Neubau von Büro- und Verwaltungsbauten des Bundes anzuwenden ist. Für den Leitfaden wurde vom Bundesbauministerium zusammen mit dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) ein Kriterienkatalog entwickelt, der eine ganzheitlichen Betrachtung entlang des Lebenszyklus und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten für Gebäude erlaubt.⁶⁰ Dieser Katalog wurde auch von einigen Ländern und Kommunen übernommen. In der Praxis zeigt die Anwendung des BNB aber laut Expert/innen noch einige Mängel. Als kritischer Punkt wird beispielsweise gesehen, dass das Treibhausgaspotenzial in der Gesamtbewertung nur eine geringe Gewichtung hat und ein schlechtes Ergebnis in dieser Kategorie leicht mit der Erfüllung anderer Kriterien kompensiert werden könnte (Purkus et al. 2020, S.43). Eine stärkere Gewichtung von CO₂-Emissionen im Kriterienkatalog würde Bauentscheidungen eher in Richtung Holzbauweise beeinflussen.

Der Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ ist ein wichtiges Steuerinstrument für den nachhaltigen Bau von öffentlichen Gebäuden.

3.3.2 Brandschutz und novellierte Muster-Holzbaurichtlinie

Bei einer Zunahme der Bauwerkshöhe steigen nicht nur die technischen, sondern auch die baurechtlichen Anforderungen an Holzbauten. Windlasten werden größer, generell steigt die vertikale Last und auch die Erdbebensicherheit rückt – selbst in Mitteleuropa – stärker in den Mittelpunkt (Kaufmann et al. 2017c, S.47). Mit Blick auf baurechtliche Anforderungen ist es vor allem der Brandschutz, der die Realisierung mehrgeschossiger Holzbauten bis heute erschwert. Hier spielen Entwicklungen der letzten Jahre im Bauordnungsrecht und der MBO eine zentrale Rolle

Der mehrgeschossige Holzbau wurde erstmals durch die Anpassung der MBO 2002 mit einer neuen Einteilung der Gebäudeklassen in Verbindung mit der Aktualisierung der MHolzBauRL 2004 möglich (Kampmeier 2012, S.3). Damals wurde die Feuerwiderstandsklasse „hochfeuerhemmend“⁶¹ eingeführt, die den Einsatz der Holzbauweise in der neu definierten Gebäudeklasse (GK) 4 bis zu einer Gebäudehöhe von 13 m und für

60 www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem.html (6.1.2022)

61 Hochfeuerhemmend bedeutet, dass Bauteile eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten aufweisen.



Nutzungseinheiten von kleiner 400 m² erstmalig erlaubte (Purkus et al. 2020, S.32). Zuvor war der Holzbau auf Gebäude unter 7 m beschränkt (Kampmeier 2012, S.3).

Bis heute erschwert die Einhaltung des Brandschutzes das Bauen mit Holz in die Höhe.

Holzbau und Brandschutz: Brennbarkeit und Feuerwiderstand als relevante Kriterien

Da Holz ein brennbarer Baustoff ist und nach der Entstehung eines Brandes das Brandgeschehen beeinflusst, ist dies beim Entwurf von Gebäuden zu berücksichtigen. Dabei ist zwischen der Brennbarkeitsklasse des Materials und dem Feuerwiderstand der Konstruktion zu unterscheiden. Die Brennbarkeit des Materials spielt besonders dann eine Rolle, wenn brennbare Oberflächen zu der Ausbreitung eines Brands beitragen können. Daher werden insbesondere Fluchtwege aus nicht brennbaren Oberflächen in der Bauordnung vorgeschrieben. Auch sind bei mehrgeschossigem Holzbau sichtbare Holzoberflächen zu begrenzen, um ein Mitbrennen der Raumbooberflächen zu verhindern. Um das Holz vor Entzündung zu schützen, werden oftmals nicht brennbare Plattenwerkstoffe eingesetzt, wie z.B. Gipsplatten. Außerdem sind nicht brennbare Dämmstoffe vorgeschrieben. In Bezug auf das Brandverhalten der Gesamtkonstruktion ist der Feuerwiderstand der Bauteile entscheidend. Bei den Holzbauteilen selbst ist dieser sehr hoch, weil diese durch die einsetzende Holzkohlebildung geschützt werden. Lediglich bei Hohlraumkonstruktionen sind Brände innerhalb der Konstruktion schwer zu bekämpfen, weshalb diese mit nicht brennbaren Volldämmungen versehen sein sollten (Winter o.J.).

Die Umsetzung der MBO liegt in der Gesetzgebungskompetenz der Länder. Inzwischen wurde die MHolzBauRL zwar bundesweit eingeführt, doch ihre Ausgestaltungen unterscheiden sich in den einzelnen Bundesländern (Purkus et al. 2020, S.32).

Die MBO 2002 und MHolzBauRL 2004 wurden kritisiert, da sie den mehrgeschossigen Holzbau erschwerten (Hafner et al. 2017, S.92 f.). Die MHolzBauRL spielt eine wesentliche Rolle, weil Sie über die Muster-Verwaltungsvorschrift „Technische Baubestimmungen“ (Muster VV TB) in Länderrecht eingeführt wird. Kritikpunkte bezogen sich u.a. auf den zu leistenden Feuerwiderstandswert von tragenden Bauteilen, die mit einer brandschutztechnischen Bekleidung gekapselt sein müssen. Der Feuerwiderstandswert erfülle aus bautechnischen Gründen i.d.R. 120 Minuten anstelle der geforderten 60 Minuten, womit diese Anforderung stets übererfüllt werde (Purkus et al. 2020, S.32), was zu Mehrkosten führe (Winter o.J.). Die in der MBO und MHolzBauRL formulierten Anforderungen schließen auch eine sichtbare Verbauung von Holz aus. Um z.B. sichtbare Deckenkonstruktionen zu ermöglichen, ist beim Bauamt die Beantragung von Abweichungen erforderlich. Dadurch sei es kaum möglich, die optischen und raumakustischen Eigenschaften des Holzes zu nutzen, da regelkonform alle Holzoberflächen brandschutzsicher verkleidet werden müssen (Winter o.J.). Überdies hätten in der Zwischenzeit Neuerungen zum Wissensstand von Brandver-



halten von Holzkonstruktionen stattgefunden, sodass die Regularien nicht auf dem neusten Stand der Technik seien. Ebenso hätte die Holzmassivbauweise im mehrgeschossigen Holzbau Verbreitung gefunden, diese würde aber noch nicht berücksichtigt. Das Bauen mit Holz bliebe auf die GK 4 beschränkt, weil für die GK 5 (bis zu 22 m) grundsätzlich nichtbrennbare Baustoffe vorgeschrieben seien. Für den Holzbau ergibt sich daraus, dass jede Abweichung von den Anforderungen als Ausnahme beantragt werden muss. Infolge sind häufig Kompensationen durchzuführen, um den Brandschutz zu gewährleisten (z.B. Brandmeldeanlagen, Löschanlagen). Außerdem entstehen für die Auftraggeber Unsicherheiten, ob die geplanten Gebäude auch genehmigt werden. All dies führt zu einem höheren Planungsaufwand und insgesamt höheren Projektkosten. Insgesamt wird die MHolzBauRL als großes Hemmnis für den Holzbau gesehen, da sie dem aktuellen Stand der Technik hinterherlaufe. Ein Ansatzpunkt könne die entsprechende Anpassung der Muster VV TB und deren Öffnung für den Holzbau sein.

Aus diesen Gründen haben einzelne Bundesländer ihre Landesbauordnungen in den letzten Jahren angepasst. Vorreiter war das Land Baden-Württemberg (Interview Ohnesorge), das bereits 2014 eine erste Anpassung vornahm und 2019 erneut überarbeitete (Purkus et al. 2020, S.33). Es folgten Hamburg, Berlin, Hessen und Nordrhein-Westfalen und auch andere Bundesländer zogen nach, doch sind in den LBO jeweils unterschiedliche Anforderungen festgelegt. Damit eine Harmonisierung möglich wird, wurde auf der Bauministerkonferenz (BMK) im September 2019 eine Anpassung der MBO beschlossen. Im gleichen Zuge wurde ein Anhörungsverfahren für eine Novellierung der MHolzBauRL gestartet (Ministerium für Inneres, ländliche Räume und Integration 2018). Im Juni 2021 wurde schließlich eine novellierte MHolzBauRL durch die Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz (mit Stand Oktober 2020) veröffentlicht, welche die bisher gültige Fassung vom Juli 2004 ablöst. Mit der Novellierung sind Bauten auch in der GK 5 mit einer Höhe von bis zu 22 m zulässig, allerdings nur in Massivholzbauweise und die im Gebäude befindlichen Nutzungseinheiten dürfen eine Größe von maximal 200 m² aufweisen (DIBt 2021, S.15 f.). Nun folgt die Überführung in die jeweiligen Baubestimmungen der Bundesländer.

Trotz der anvisierten Anpassungen der Landesbauordnungen bleiben weitere Kritikpunkte, die den Holzbau aus Sicht der in einer vom Thünen-Institut durchgeführten Studie befragten Expert/innen nach wie vor erschwerten, wie die Beschränkung der Holzbauweise in der GK5 auf den Massivholzbau. Allerdings ist explizit von der Fachkommission für Bauaufsicht vorgesehen, neuere Forschungserkenntnisse zum Holzbau in die MHolzBauRL laufend einfließen zu lassen, um so zeitnahe Anpassung zu ermöglichen (Purkus et al. 2020, S.35).

Beim Blick auf den mehrgeschossigen Holzbau in Europa zeigt sich ein vielfältiges Bild. Die abweichenden Höhen von Holzbauten in den Ländern sind vor allem durch

Die Umsetzung der 2019 novellierten MBO auf Länderebene steht noch aus

Trotz Novellierung bleibt der Bau von mehrgeschossigen Holzhäusern mit Schwierigkeiten verbunden.



den verschiedenen Umgang mit Brandschutz bedingt, hängen aber auch von unterschiedlichen Baukulturen ab. Während es in Frankreich, Großbritannien, Italien, Norwegen und Schweden keine Höhenbegrenzungen für Holzbauten gibt, gelten für Finnland (weniger als 8 Geschosse), Österreich (niedriger als 22 m) und die Schweiz (weniger als 6 Geschosse) striktere Bedingungen (Dederich 2013a, S.7). Über die Jahre haben sich die baurechtlichen Beschränkungen für Holzbauten tendenziell gelockert. Die Entwicklungen sind dabei stetig im Fluss. Inzwischen sind in den meisten europäischen Ländern auch höhere Häuser mit mehr als 5 Geschossen in Holzbaweise erlaubt (Östman et al. 2017).

3.3.3 Anforderungsbesonderheiten in Planungs- und Vergabephasen

Die Planung des modernen Holzbaus unterscheidet sich von konventionellen Gebäuden aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads von Bauelementen. Die Vorfertigung erfordert eine frühzeitige Planung bei der Fertigung von Bauelementen, deren Transportlogistik bis hin zur Montage (Kaufmann et al. 2017b). Besonders relevant ist dies bei der Planung von Raumzellen (Kap. 2.1), da Korrekturen vor Ort kaum noch möglich sind und Änderungen im fortschreitenden Planungsprozess starken Einfluss auf Termintreue, Qualität und Kosten haben (Kaufmann et al. 2017c, S.130). Planungen im Holzbau sind im Vergleich zum Massivbau nicht nur zu einem früheren Zeitpunkt erforderlich, sondern auch komplexer. Dies liegt u.a. daran, dass aufgrund der mangelnden Standardisierung im Holzbau eine große Auswahl an Materialien und Konstruktionsmöglichkeiten zur Verfügung steht (Kap. 3.2.3). Je nach Holzbauunternehmen und deren Produktionsmöglichkeiten, Zuliefernetzwerk und Erfahrungsschatz fallen die Planungen und Vorgehensweisen mitunter sehr unternehmensspezifisch aus (Kaufmann et al. 2017c, S.130). Der Bau kann später also nicht von einem beliebigen Unternehmen ausgeführt werden, wie das im Massivbau der Fall ist.

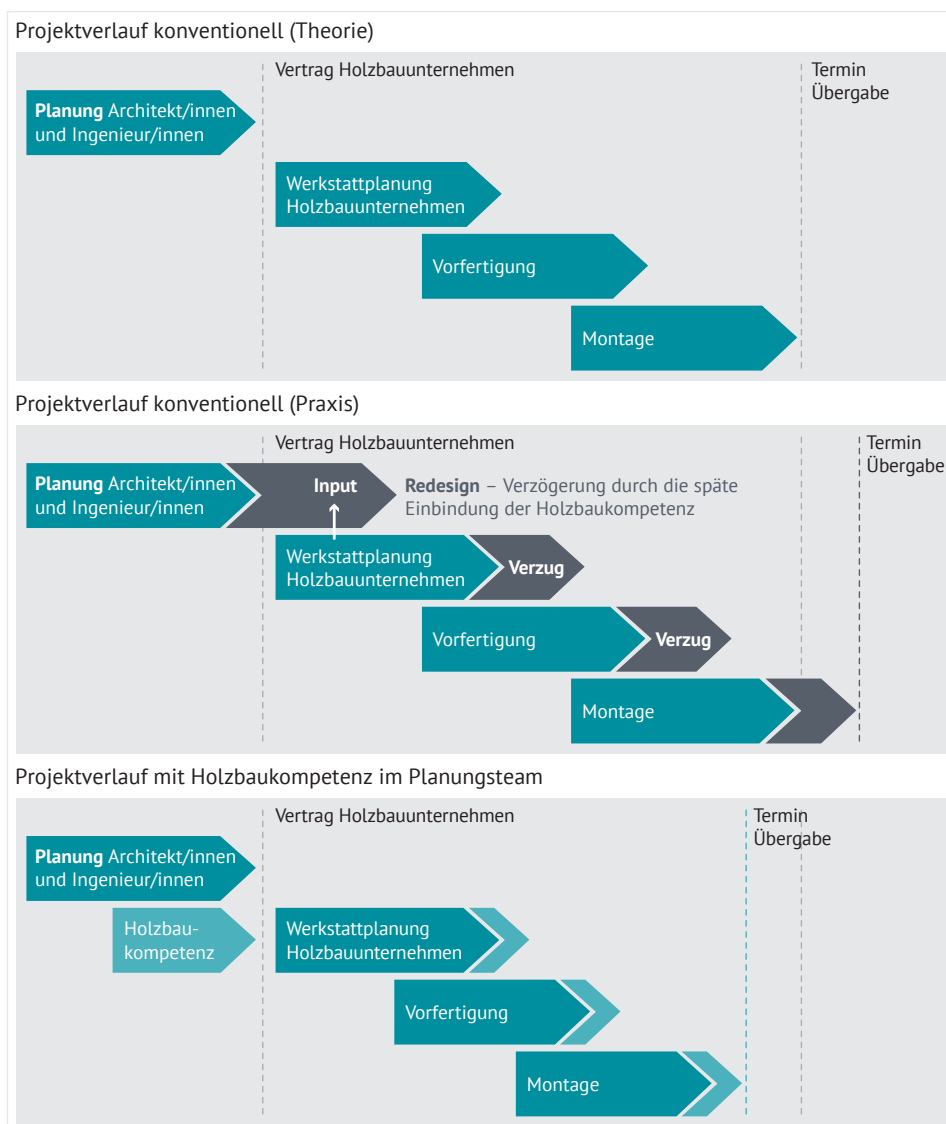
Planungs- und Vergabeverfahren orientieren sich an der Vor-Ort-Montage. Dies stößt beim Holzbau an seine Grenzen.

Die im Bau übliche Projektorganisation sieht eine klare Trennung von Planung und Ausführung vor, bei der die Schritte Planung, Ausschreibung, Produktion und Montage zeitlich aufeinander folgen. Die Planung wird durch die Leistungserbringer aus den Bereichen Architektur, Ingenieurwesen und Generalplanung vorgenommen. Die Ausführung erfolgt entweder durch die Vergabe einzelner Gewerke oder an einen Generalunternehmer. Diese Organisation erweist sich für den Holzbau jedoch als ungünstig, weil Personen mit fachlicher Holzbaupertise dadurch sehr spät eingebunden werden, was oftmals zu Umplanungserfordernissen führt. Insbesondere bei der Vergabe öffentlicher Bauvorhaben mit der durch die Vergaberichtlinien vorgegebenen strikten Trennung von Planung und Ausführung können sich dadurch Effektivitäts- und Effizienzverluste ergeben (Hafner et al. 2017; Kaufmann et al. 2017b).



Die nachfolgende Darstellung (Abb. 24) zeigt basierend auf den Erkenntnissen des internationalen Forschungsprojekts „leanWood“⁶², wie Holzbauprojekte in der Theorie nach üblichen Vergaberegeln bzw. unter realen Bedingungen ablaufen und wie im Gegensatz dazu ein effizienterer Ablauf gestaltet werden könnte.

Abb. 24 Mögliche Zeitersparnis bei frühzeitiger Einbindung von Holzbaukompetenz im Planungsprozess



Eigene Darstellung basierend auf Kaufmann et al. 2017b

62 leanWOOD (2015–2017) war ein internationales Forschungsprojekt von ERA-WoodWisdom mit nationaler Förderung durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)



Im Holzbau wäre das Vorziehen von Leistungen förderlich, die gemäß HOAI erst in späteren Phasen vorgesehen sind.

Die Planung erfolgt bei der konventionellen Vorgehensweise durch Architekt/innen und Fachplaner/innen ohne Einbindung von fachlicher Holzbauexpertise und geht dann zur Umsetzung an das Holzbauunternehmen über, das die Bauteile nach Vorgaben der Planung in seinem Werk erstellt sowie vor Ort montiert (Abb. 24 oben). Der Erstkontakt zwischen Architekt/innen und den ausführenden Firmen geschieht entsprechend der in der HOAI definierten Leistungsphasen erst nach der siebten von insgesamt neun Leistungsphasen⁶³, also zu einem relativ späten Zeitpunkt in der Planung, wenn bereits zwei Drittel der Architekturleistung erbracht sind (Kaufmann et al. 2017b, S.6). Die in der HOAI definierten Leistungsphasen (LPH) orientieren sich an der konventionellen Bauweise. Die HOAI sieht zudem vor, dass erst in LPH5 (Ausführungsplanung) bzw. teilweise erst baubegleitend eine detaillierte Ausarbeitung der Planung erfolgt. Beim Bau mit vorgefertigten Holzmodulen wäre jedoch eine vertiefte Ausarbeitung der Planung bereits zum Ende der Entwurfsphase (LPH 3) sinnvoll. Damit es nicht zu Verzögerungen kommt, wäre es förderlich, einzelne, üblicherweise erst in einer späteren Leistungsphase vorgesehene Leistungen vorzuziehen (Purkus et al. 2020, S.51).

In der Praxis kommt es zu vermeidbaren Umplanungen.

In der Praxis wird in der Regel ein Redesign, also eine Umplanung, erforderlich. Nach der Vergabe muss dann die Planung an die Spezifika und Belange des ausführenden Holzbauunternehmens angepasst werden, weil diese nicht schon vorab in den Planungsprozess involviert waren. Hierdurch entstehen Zeitverzögerungen und Kostennachteile (Abb. 24 Mitte). Diese könnten vermieden werden, wenn Fachexpertise zum Holzbau bereits in einer frühen Projektphase integriert wird. Die Ausführungsplanung wird dann so angelegt, dass diese auf direktem Weg in die Werk- und Montageplanung des Holzbauunternehmens überführt werden kann (Abb. 24).

Grundsätzlich ließe auch die HOAI Verschiebungen von Leistungen zu. Die individuelle Gestaltung und Zuordnung von Leistungen im Planungsablauf könnte bei Auftragserteilung werkvertraglich festgelegt werden (Kaufmann et al. 2017b). Das Thünen-Institut (2020, S.52) stellte in einer Studie zum Holzbau fest, dass bei privaten Auftraggebern inzwischen eine Offenheit dafür besteht, eine Verschiebung von Leistungen innerhalb der HOAI-Leistungsbilder zu verhandeln. Dies ist öffentlichen Auftraggebern jedoch nicht möglich, auch können sie die potenziell ausführenden Holzbauunternehmen nicht bereits in den Planungsphasen einbinden, weil sich dies aufgrund des anzuwendenden Vergaberechts verbietet. Stattdessen könnte bei öffentlichen Vorhaben das Fachwissen für die Erstellung der Leistungsbeschreibung und Bewertung der Teilnehmenden in den Phasen des Bieterwettbewerbs von unabhängigen Holzbauingenieur- oder Architekturbüros eingebracht werden (Kaufmann et al. 2017b, S.18). Für eine Anschlussfähigkeit der Auftraggeber an die Beratung durch Holzbaufachleute wäre ferner das Vorhandensein von holzbauspezifischem Fachwissen bei den Mitarbeiter/innen in der Verwaltung vorteilhaft (Interview Oh-

⁶³ Nach HOAI werden 9 Leistungsphasen, auch Bauphasen genannt, unterschieden: 1. Grundlagenermittlung, 2. Vorplanung, 3. Entwurfsplanung, 4. Genehmigungsplanung, 5. Ausführungsplanung, 6. Vorbereitung der Vergabe, 7. Mitwirkung bei der Vergabe, 8. Objektüberwachung, 9. Objektbetreuung.



nesorge). Eine Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist eine ausreichende Zahl an Fachkräften und Angebote zur Weiterbildung (Kap. 3.1.2).

Die üblichen Vergabeverfahren sind bislang wenig kooperativ angelegt, was aber aufgrund des hohen Abstimmungsbedarfes bei der Holzbauweise dienlich wäre. Es existieren bereits verschiedene Ansätze für alternative, stärker integrative Vergabe- und Kooperationsmodelle (z.B. funktionale Ausschreibung, Bauteammodelle, wettbewerblicher Dialog). Alle weisen unterschiedliche Anwendungsvoraussetzungen sowie Stärken und Schwächen auf. Das Bauteammodell ist z.B. nicht konform mit dem deutschen Vergaberecht. Die stärker auf Interaktion angelegten Vergabe- und Kooperationsmodelle müssen deshalb noch weiter in der Praxis erprobt und entwickelt werden, für ihren Einsatz wären mitunter auch Anpassungen im Vergaberecht erforderlich (Kaufmann et al. 2017c, S.133).

Für den Holzbau böten sich stärker kooperative Vergabe- und Kooperationsmodelle an.

3.4 Umwelt

Mit Blick auf umweltbezogene Aspekte spielt die Verfügbarkeit von Holzressourcen vor dem Hintergrund des Waldumbaus und potenziell steigender Holzbauquoten eine wichtige Rolle. Auch ist die Frage zu beantworten, inwieweit der Bedarf für Holzimporte weiter steigt und ob Holz aus nachhaltigen Quellen ausreichend bereitsteht (Kap. 3.4.1). Es zeigt sich, dass Deutschland über erhebliche Holzressourcen verfügt. Szenarienberechnungen zeigen jedoch je nach Auswahl der zugrunde gelegten Annahmen eine breitere Varianz zu potenziellen Holzverfügbarkeiten und Importbedarfen.

Ein wichtiger Faktor, der für den verstärkten Einsatz des Holzbaus sprechen könnte, ist die potenzielle Einsparung von Treibhausgasen und eine insgesamt positive Ökobilanz. Ergebnisse von Studien mit Berechnungen zu CO₂-Einsparungen des Holzbaus im Vergleich zum Massivbau und generellen Einsparpotenzialen bei einer Steigerung der Holzbauquote werden in Kapitel 3.4.2 vorgestellt. Studienergebnisse legen eine potenziell bessere Klimabilanz im Vergleich zu Massivbauten nahe. Das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen kann jedoch nur bei einem ressourceneffizienten und nachhaltigen Einsatz von Holz gelingen. Das Kapitel 4.5. umfasst auch Aspekte rund um den Rückbau und die Entsorgung von Holzbauten sowie zur Kaskadennutzung von Holz. Hier besteht noch Forschungs- und Regulierungsbedarf, um das Recycling von Holz zu verbessern.

Schließlich geht es um einen gesundheitlichen Aspekt. Eine Barriere beim Einsatz von Holz als Baustoff besteht darin, dass bei den festgesetzten Grenzwerten für Raumluftemissionen nicht zwischen natürlichen und synthetischen Stoffen differenziert wird. Aufgrund der natürlichen Emissionen von Holz werden in Holzbauten Grenzwerte schnell überschritten, was zur Vermeidung von Holz insbesondere in öffentlichen Gebäuden führen könnte (Kap. 3.4).



3.4.1 Holzbedarf und -verfügbarkeit

Vor dem Hintergrund des angestrebten Waldumbaus und der damit verbundenen Verschiebung der Waldanteile in Richtung Laubholz und des erwarteten Mehrbedarfs an Holz für den Bau stellen sich Fragen danach,

- Ob zukünftig noch ausreichend Nadelholz zur Verfügung steht,
- wie sich die Abhängigkeit von Importen entwickelt und welche Länder zukünftig Potenzial dafür bieten,
- ob alternativ auch Laubholz (Buche, Eiche, Esche, Ahorn, Robinie u.a.) verstärkt für den Bau eingesetzt werden kann,
- ob ausreichend Holz aus nachhaltigen Quellen zur Verfügung steht,
- wie sich die Konkurrenzsituation bei einer verstärkten Nutzung des Baustoffs Holz gegenüber anderen Holznutzungsarten entwickelt und schließlich
- wie sich die durch den Klimawandel potenziell hervorgerufenen Schäden im Wald auf die Verfügbarkeit von Holz auswirken könnten (Wolf et al. 2020).⁶⁴

Verfügbarkeit von Rohholz/Nadelholz und potenzielle Holzbauquote

Deutschland und Österreich verfügen über die größten Holzvorräte in der EU.

Ein Drittel der Gesamtfläche von Deutschland (32 %) ist bewaldet. Gemäß Kohlenstoffinventur⁶⁵ 2017 beträgt die Waldfläche in Deutschland 11,4 Mio. ha (Johann Heinrich von Thünen-Institut 2019). Der Holzvorrat liegt bei 3,7 Mrd. m³ (EK 2020, S.90). Dies entspricht 13,3 % aller Holzvorräte in der EU (Bezugsjahr 2020). Damit haben Deutschland und Schweden mit jeweils 3,7 Mrd. m³ die größten Holzvorräte in der EU (gesamt 27,6 Mrd. m³) gefolgt von Frankreich (3,1 Mrd. m³), Polen (2,7 Mrd. m³), Finnland (2,5 Mrd. m³) und m³ Rumänien (2,4 Mrd. m³) (Abb. 25).

Der schon bei der letzten Inventur des deutschen Waldes beobachtete Trend steigender Holzvorräte setzt sich weiter fort. So sind in der Periode 2012 bis 2017 17,4 Mio. m³ pro Jahr nachgewachsen (Purkus et al. 2020, S.60). Davon wurden 76 % genutzt (inklusive natürlichen Absterbens), die restlichen 24 % haben den Bestand vermehrt (Schmitz 2019).

Holzvorräte in deutschen Wäldern sind in den vergangenen Jahren stetig gestiegen.

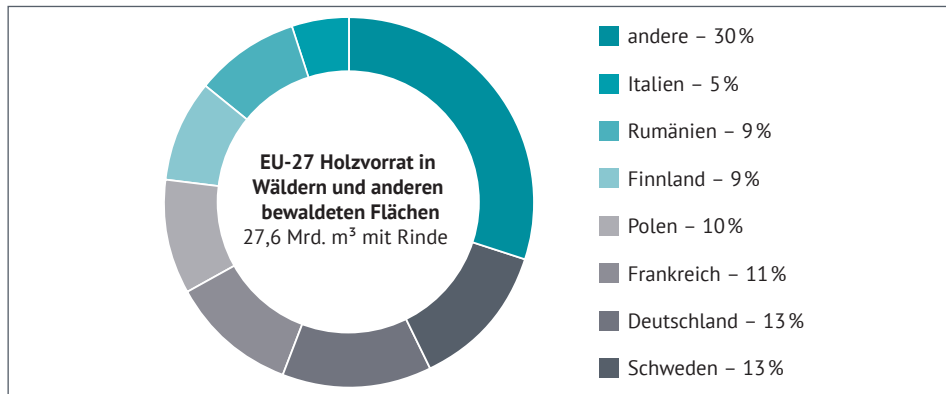
Während die Holzvorräte in den deutschen Wäldern in den vergangenen Jahren stetig gestiegen sind, hat sich die Zusammensetzung leicht verändert. Dies ist eine Folge des Waldumbaus (Johann Heinrich von Thünen-Institut 2019). Bereits in den 1990er Jahren wurden erste forstpolitische Zielsetzungen vereinbart und zuletzt mit der geplanten Waldstrategie 2050 bekräftigt, den Wald von Nadelbaumreinbestän-

64 Diese Aspekte wurden von Wolf et al. (2020) ausführlich betrachtet; die nachfolgenden Ausführungen stützen sich wesentlich auf die daraus gewonnenen Erkenntnisse und wurden um weitere Quellen ergänzt.

65 Die Kohlenstoffinventur 2017 erfasst zwischen den Bundeswaldinventuren 2012 und 2022 den Zustand des deutschen Waldes mit einem eingeschränkten Datenspektrum.



Abb. 25 Holzvorräte EU-27 – Wald und bewaldete Flächen



Anmerkungen: Schätzungen basierend auf den verfügbaren Daten für die EU-Mitgliedstaaten (EU-27). Malta: keine Angaben; Belgien und Portugal: 2015 statt 2020; Spanien: sonstige bewaldete Fläche 2015 statt 2020.

Eigene Darstellung nach EK (2020, S. 90)

den zu standortgerechteren Mischwäldern umzubauen (Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL 2020). Artenreiche Mischwälder sind resilienter gegenüber klimatischen Veränderungen. Damit soll den Risiken durch Stürme, Dürre und Borkenkäferbefall begegnet werden. Aus welchen Holzarten sich die zukünftigen Wälder zusammensetzen werden, ist noch unklar und bedarf weiterer Forschung.

Im Zuge des angestrebten Waldumbaus werden die Flächenanteile von Nadelhölzern zugunsten von Laubbäumen abnehmen. Inzwischen liegen in den Wäldern die Flächenanteile von Nadelwäldern bei 57 % und Laubholzbestände bei 43 % (BMEL 2018b, S.15, 20). Vor dem Hintergrund des noch laufenden Waldumbaus ist offen, aus welchen Holzarten sich die zukünftigen Wälder zusammensetzen werden (Interview Ohnesorge). Mit dem Waldumbau geht eine Veränderung der Rohstoffbasis für die Holzwirtschaft einher, denn bislang werden die in Gebäuden verwendeten, konstruktiven Holzprodukte aufgrund der Holzeigenschaften überwiegend aus Nadelholz gefertigt (Kap. 3.2.1) (Purkus et al. 2020, S.61).

Anhaltspunkte für den Holzbedarf bietet der Rohholzeinschlag. Insgesamt wurde 2017 in Deutschland ein Rohholzeinschlag von etwa 53,5 Mio. Erntefestmetern⁶⁶ ohne Rinde erfasst. Etwa drei Viertel davon entfielen auf Nadelhölzer, der Rest auf Laubhölzer. Den größten Anteil bei den Nadelhölzern haben mit knapp 71 % die Holzartengruppen Fichte, Tanne und Douglasie. Bei den Laubhölzern ist die Buche mit knapp 85 % die wichtigste Holzartengruppe (Wolf et al. 2020, S.75). Die Nadelholzgruppe Fichte ist mit fast 70 % der größte Stammholzlieferant und spielt für das

⁶⁶ Das eingeschlagene Rohholz wird in Festmeter Derbholz ohne Rinde erhoben und forstüblich als Erntefestmeter Derbholz ohne Rinde bezeichnet.



Bauwesen eine besonders wichtige Rolle. Laubhölzer wie Buche werden überwiegend thermisch verwertet (Wolf et al. 2020, S.81).

Fichte ist die wichtigste Holzart für das Bauwesen.

Der größte Anteil des Rohholzes kommt aus Wäldern in Privatbesitz (45 %). Bei den öffentlichen/staatlichen Waldbesitzergruppen erfolgt der Holzeinschlag durch Körperschaften (22 %), Länder (20 %) und zu einem geringen Teil durch den Bund (2 %) (Wolf et al. 2020, S.76). Der Holzeinschlag in Privatwäldern (immerhin 48 % der deutschen Waldfläche) wird allerdings nicht per Meldung statistisch erfasst, sondern lediglich geschätzt. Daher gibt es eine Untererfassung des Holzeinschlags in der amtlichen Statistik, die geschätzt bei durchschnittlich 16 Mio. m³ (etwa 30 % bezogen auf den Gesamteinschlag) jährlich liegt (Wolf et al. 2020, S.84). Die Hälfte der Rohholzmenge wird in den Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg geschlagen, obwohl diese Bundesländer nur über etwas mehr als ein Drittel der deutschen Waldfläche verfügen (Wolf et al. 2020; S.78).

Eine Option zur Vergrößerung der Holzverfügbarkeit wäre es, den Anbau von Bäumen auf forstwirtschaftlichen Flächen zu steigern. Doch es zeichnet sich ab, dass schon heute viele Interessengruppen um die zur Verfügung stehenden nutzbaren Flächen konkurrieren und das Potenzial sehr limitiert ist (Wolf et al. 2020, S.134).

Szenarien zur Abschätzung künftiger Holzvorräte

Zur Abschätzung zukünftiger Holzvorräte und -aufkommen wurde in Deutschland in Zusammenarbeit von Bund und Ländern die Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) erarbeitet. Es handelt sich um ein Simulationsmodell, welches die bisherige Waldentwicklung (ohne Berücksichtigung eines Waldumbaus) über 40 Jahre bis 2052 fortschreibt (Basisszenario – Modellierungszeitraum 2013 bis 2052). Es wurde um zwei weitere Szenarien ergänzt (Tab. 4). Bei allen drei Szenarien werden verschiedene Waldbewirtschaftungsprinzipien verfolgt. Das Szenario „Holzpräferenz“ zielt auf eine Vorratsabsenkung und eine Steigerung des Rohholzpotenzials unter Beibehaltung der Nadelholz- und Laubholzanteile. Das Szenario „Naturschutzpräferenz“ hat den Erhalt und die Förderung der Biodiversität im Vordergrund. In diesem Szenario erfolgt ein Waldumbau mit einer Erhöhung der Laubholzflächen um 15 % und einer Absenkung des Nadelholzflächenanteils um 19 % (Wolf et al. 2020, S.86).

Mit der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) werden Holzvorräte ausgehend von 2013 bis 2052 prognostiziert.

Der Holzvorrat würde sowohl im Basis- (um 5 %) als auch im Naturschutzszenario (um 9 %) weiter ansteigen, allerdings unterscheidet sich die Zusammensetzung der Holzarten. Im Naturschutzpräferenzmodell würde der Nadelholzvorrat um ca. 9 % (beim Basisszenario 3 %), der Laubholzvorrat um ca. 37 % (beim Basisszenario 10 %) zunehmen. Allein beim Holzpräferenzszenario sinkt das Rohholzpotenzial bis 2052 um insgesamt 17 % (Wolf et al. 2020, S.87).



Inwieweit das zukünftig zur Verfügung stehende Rohholzpotenzial (Tab. 4 unten) aus einheimischen Ressourcen ausreicht, kann anhand einer Gegenüberstellung mit der aktuellen Derbholzverwendung (Tab. 4 oben) abgeschätzt werden. Die geerntete Derbholzmenge bestimmt wesentlich den Umfang der Holzverwendung in Deutschland und lässt damit Rückschlüsse auf Potenziale im Holzbau zu (Wolf et al. 2020, S.94).

In Tabelle 4 zeigen die Werte in den Spalten Reserve, wie groß der Überschuss bzw. Fehlbetrag ist. Es zeigt sich, dass bei einer Fortschreibung der Waldholznutzung auf dem Niveau von 2016 in allen drei Szenarien sowohl für Nadel- als auch für Laubholz genügend Holz zur Verfügung steht (siehe jeweils grüne Zeilen). Allein im Basisszenario besteht für Nadelholz eine Unterdeckung, die jedoch durch Laubholz substituiert werden könnte.

Die WEHAM-Szenarien kommen zu unterschiedlichen Aussagen, ob Importbedarfe zukünftig steigen.

Tab. 4 Verfügbare Holzreserven bei drei Szenarien basierend auf der Holzverwendung von 2016 im Vergleich zu mittleren Derbholzpotenzialen in drei Szenarien bis 2052

		A		B		C	
Derbholzverwendung (2016)		Summe		Nadelholz		Laubholz	
		Mio. m ³		Mio. m ³		Mio. m ³	
Inlandsverwendung		66,6		49,4		17,2	
Außenhandelsaldo		4,4		5,1		-0,7	
Waldholznutzung		62,2		44,3		17,9	
mittleres jährliches Rohholzpotenzial		Summe		Nadelholz		Laubholz	
		Mio. m ³	Reserve %	Mio. m ³	Reserve %	Mio. m ³	Reserve %
Basis-szenario	verwertbares Rohholzpotenzial	66,0		43,0		23,0	
	Inlandsverwendung		-1		-13		34
	Waldholznutzung		6		-3		29
Holzpräferenz-szenario	verwertbares Rohholzpotenzial	95,8		62,0		33,8	
	Inlandsverwendung		44		+26		97
	Waldholznutzung		54		+40		89
Natur-schutz-präferenz-szenario	verwertbares Rohholzpotenzial	63,8		44,4		19,4	
	Inlandsverwendung		-4		-10		13
	Waldholznutzung		3		0		8

Szenarien und Derbholzpotenziale gemäß Berechnungen nach WEHAM. Menge des verwertbaren Rohholzpotenzials ist ohne Totholz angegeben. Als Rohholzpotenzial wird der Mittelwert über die Modellierungsperiode 2013 bis 2052 angegeben.

Eigene Darstellung basierend auf Döring et al. 2017; Mantau et al. 2018; Schier/Weimar 2018 nach Umweltbundesamt (2020b, S. 96)



Mittels der Szenarien wurde auch berechnet, ob das Holz für die Verwendung im Inland ausreichend ist oder ob der Bedarf für Holzimporte steigt. Hier zeigt sich bei den Szenarien ein differenziertes Bild. Im Fall des Holzpräferenzszenarios wäre laut Wolf et al. (2020) kein Import von Nadel- und Laubholz erforderlich, weil ein Überschuss besteht. Beim Basis- und Naturschutzszenario ist jeweils nur das Laubholzpotenzial ausreichend groß, um die Inlandsverwendung abzudecken, daher müssten bei diesen Szenarien Nadelholz importiert werden. Allerdings könnte beim Basisszenario das fehlende Nadelholz wahrscheinlich durch die ausreichend große Menge an Laubholz substituiert werden. Beim Naturschutzszenario hingegen wird ein Importbedarf von Nadelholz angenommen (Wolf et al. 2020, S.96). Daraus leitet sich ab, dass zukünftig bei einem fortschreitenden Waldumbau, welcher im Naturschutzszenario berücksichtigt wird, mehr Nadelholz importiert werden müsste.

Bei einem zunehmenden Waldumbau dürfte ein größerer Nadelholzimportbedarf zu erwarten sein.

Erläuterung: Die linke Spalte A gibt die Gesamtmenge Holz (Summe aus Nadel- und Laubholz) an, die Spalten B und C differenzieren nach Nadel- und Laubholz. Die Reserve berechnet sich z.B. für das Basisszenario wie folgt: Menge an geschätztem verwertbaren Rohholzpotenzial 66,0 Mio. m³ ergibt bezogen auf die Inlandsverwendung (2016) mit 66,6 Mio. m³ ein Minus von 1 % und bezogen auf die Menge 62,2 Mio. m³ Waldholznutzung (2016) ein Plus von 6 %. Das heißt, Basis sind jeweils die Zahlen der Inlandsverwendung bzw. Waldholznutzung 2016.

Im nächsten Schritt wurde das theoretische Steigerungspotenzial der Holzbauquote (ohne eine Erhöhung der Importmenge) in den drei Szenarien untersucht. Bei der Berechnung wurde unter „Erhöhung der Holzbauquote“ die Erhöhung des Holzanteils über alle Bauleistungen verstanden (d.h. nicht allein die Erhöhung der Anzahl von Neubauten in Holzbauweise) (Wolf et al. 2020, S.99).

Das geschätzte Steigerungspotenzial der Holzbauquote liegt beim Basisszenario bei etwa 25 %, beim Holzpräferenzszenario bei rund 220 % und beim Naturschutzpräferenzszenario bei ca. 11 % (Tab. 5). Die berechneten Steigerungspotenziale werden von Wolf et al. (2020, S.102) jedoch als unrealistisch hoch bewertet, da bei der Berechnung von der Prämisse ausgegangen wurde, dass zusätzliche Rohstoffpotenziale allein dem Baubereich zur Verfügung gestellt werden. Die Gesamtholznachfrage wird aber auch maßgeblich durch Nachfrageentwicklungen im Verpackungs-, Papier-, Möbel- und Energiesektor beeinflusst, die in die Berechnung nicht eingeflossen sind. Daher wurden auf Basis der zuvor genannten Waldbehandlungsszenarien sowie drei weiterer Szenarien zur Holzverwendung (Referenz-, Förder- und Restriktionsszenario, erarbeitet im WEHAM-Szenarien-Forschungsprojekt⁶⁷) versucht, eine realistische Einschätzung zum Steigerungspotenzial zu erhalten (Wolf et al. 2020, S.102). Hierzu wird im Referenzszenario eine Steigerung des Holzeinsatzes

Ungeachtet der Nachfrageentwicklung in anderen Branchen wäre mit den verfügbaren Holzvorräten deutliche Steigerungen der Holzbauquote möglich.

67 Den Szenarien liegen verschiedene Entwicklungen zur Holznachfrage zugrunde. Das Referenzszenario gilt als am wahrscheinlichsten.



Tab. 5 Theoretisches Steigerungspotenzial der Holzbauquote für die Periode 2013 bis 2052 (ohne Berücksichtigung von Steigerungen in anderen Wirtschaftsbereichen)*

mittleres Steigerungspotenzial	Waldholznutzung in Mio. m ³ Holz jährlich	Holzbauquote in %
Basisszenario	3,8	25
Holzpräferenzszenario	33,6	220
Naturschutzpräferenzszenario	1,6	11

* Basis der Prozentberechnung ist ein Schätzwert für den Waldholzeinsatz im Bauwesen in Höhe von 15,3 Mio. m³ (Stand 2015). Der Rechnung liegt ein Schätzwert des Waldholzeinsatzes im Bauwesen mit Stand 2015 zugrunde. Ein aktuellerer Wert für den baubereichsbezogenen Gesamtwaldholzeinsatz liegt nicht vor. Eine Prämisse der Berechnung ist, dass alle anderen holzverbrauchenden Wirtschaftsbereiche ihre Verwendung konstant halten. Zu berücksichtigen ist, dass es sich bei den in die Berechnung eingeflossenen Angaben zum Rohholzpotenzial um Simulationswerte mit entsprechenden Unsicherheiten handelt (Quelle: Wolf et al. (2020), S. 101).

Erläuterung: Angegeben sind Mittelwerte für die Modellierungsperiode 2013 bis 2052. Die Angabe zur Waldholznutzung beschreibt, wie viel Mehrbedarf pro Jahr an Holz möglich wäre. Die Prozentzahl gibt die mittlere potenzielle Steigerung der Holzbauquote ebenfalls für die Jahre 2013 bis 2052 an. Holzbauquote bezieht sich hier auf die Erhöhung des Holzanteils über alle Bauleistungen (nicht nur Neubauten).

Eigene Zusammenstellung basierend auf Döring et al. 2017; Mantau et al. 2018; Schier/Weimar 2018 nach Wolf et al. 2020, S. 101.

im Bauwesen bis 2030 um 34 %, im Förderszenario um 41 % und im Restriktionsszenario um 25 % angenommen.

Im Ergebnis zeigte sich, dass die Nachfrage nach einheimischen Nadelrohholz in allen untersuchten Szenarienkombinationen⁶⁸ das Angebot übersteigt und der Bedarf über Importe gedeckt werden muss. Allerdings lässt sich laut Studie aus den Berechnungsergebnissen nicht ableiten, in welchem Umfang Holz bei einer Steigerung der Holzbauquote importiert werden müsste. Hierfür wären weitere Untersuchungen erforderlich (Wolf et al. 2020, S.105). Auch ist offen, welche Ergebnisse andere Kombinationen von Waldbehandlungs- und Nutzungsszenarien liefern würden. Die Autor/innen gehen davon aus, dass bei anderen realistischen Kombinationen (Basisszenario-Restriktionsszenario sowie Holzpräferenzszenario-Restriktionsszenario) eine Steigerung der Holzbauquote von 25 % möglich sein könnte, ohne dass Nadelholzimporte erforderlich wären (Wolf et al. 2020, S.105).

Darüber hinaus wurde in weiteren wissenschaftlichen Studien versucht, die Holzbauquote vor dem Hintergrund der Rohholzvorkommen zu berechnen. Der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik kommt auf Basis seiner Analysen zu dem Schluss, dass bei einer Erhöhung der Holzbauquote auf 55 % bei Ein- und Zweifamilienhäusern und 15 % bei Mehrfamilienhäusern der zusätzliche Rohholzbedarf auf ca. 1,9 Mio. m³

In bestimmten WEHAM-Szenarienkombinationen mit gesteigerten Holzbauquoten übersteigt der Bedarf das Angebot heimischer Nadelholzer.

Bei alternativen Szenarienkombinationen könnte möglicherweise die Holzbauquote um 25 % gesteigert werden, ohne dass der Importbedarf steigt.

68 Es wurden drei Kombinationen gebildet: Basisszenario-Referenzszenario, Holzpräferenzszenario-Förderszenario, Naturschutzszenario-Restriktionsszenario.



pro Jahr ansteigt. Dies entspräche 4 % des Gesamtjahresverbrauchs an Rohholz. Damit würden die nationalen Rohholzvorkommen an Nadelholz im Prognosezeitraum bis 2050 ausreichen (Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL 2018, S.6). Der Nichtwohngebäudesektor wurde hier allerdings nicht betrachtet. Der Beirat für Waldpolitik stützt sich bei den Berechnungen ebenfalls auf die WEHAM-Szenarien und hat das Basisszenario zugrunde gelegt.

Churkina et al. (2020) gehen zum Thema Holzbau als CO₂-Senke sogar davon aus, dass selbst bei einer starken Erhöhung der globalen Holzbauquote genügend Holzreserven vorhanden wären. Auf Basis von Simulationsmodellen ermitteln die Autor/innen, dass bei einer Erhöhung der weltweiten Holzbauquote auf 10 % der Bedarf allein auf Basis der derzeit ungenutzten Ressourcen gedeckt werden könnte. Die Holzbauquote könnte sogar auf 50 bis 90 % erhöht werden, aber nur unter der Voraussetzung, dass die Bodenfläche pro Person in Gebäuden weltweit nicht steigt. Konstatiert wird, dass die Berechnungen mit großen Unsicherheiten behaftet seien und es zahlreicher politischer Maßnahmen zur Aufwertung und nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder bedürfe, die Realisierung einer globalen Holzbauquote auf 50 bis 90 % aber grundsätzlich möglich wäre (Churkina et al. 2020).

Aussagen zur Holzverfügbarkeit sind von zahlreichen Unsicherheiten behaftet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich keine einfache Antwort auf die Frage geben lässt, wie sich die Verfügbarkeit nationaler Holzressourcen in Relation zu einer gesteigerten Holzbauquote entwickelt. Je nachdem wie Annahmen in den Berechnungen gewählt werden (z.B. in Bezug auf Verschiebung des Nadelholzanteils zugunsten des Laubholzanteils beim Waldumbau, Höhe der Holzbauquote, Entwicklung der Holzbedarfe in anderen Branchen), ergeben sich sehr unterschiedliche Ergebnisse zum Bedarf von Nadelholzimporten.

Der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik hält Steigerungen der Neubauquote von Holzhäusern von 15 bis 55 % bis 2050 mit den vorhandenen Reserven für machbar.

Bei den Berechnungen des Wissenschaftlichen Beirats Waldpolitik beim BMEL (2018, S.6) werden die spezifischen Mehrbedarfe an Holz in Bezug auf Neubauten in Holzbauweise auf der Grundlage des WEHAM-Basisszenarios untersucht, d.h., die bisherige Waldentwicklung wird weitgehend fortgesetzt). Hier wird von einem Mehrbedarf von 1,9 Mio. m³ bis 2050 ausgegangen, der unter Wahrung der Nachhaltigkeit in ausreichendem Maße zur Verfügung gestellt werden kann. Wolf et al. (2020) zeigen im Gegensatz dazu anhand von drei Szenarienmodellen, dass in allen Fällen die Nachfrage nach einheimischen Nadelrohholz das Angebot übersteigt und der Bedarf über Importe gedeckt werden muss. Hier wurde aber die potenzielle Erhöhung des Holzanteils über alle Bauleistungen hinweg betrachtet. Damit wurden zusätzlich zum Neubauanteil, der ca. 34 % ausmacht, auch Modernisierungen berücksichtigt, die mit rund zwei Drittel den größeren Anteil einnehmen. Damit lassen sich die Analysen beider Studien nur schwer vergleichen. Zudem wird konstatiert (Wolf et al. 2020), dass bei einer anderen Wahl von Szenarienkombinationen durchaus auch eine Steigerung der Holzbauquote von 25 % möglich sein könnte, ohne auf Nadelholzimporte zurückgreifen zu müssen (Wolf et al. 2020, S.98).



Importe von Holz und Länder mit Potenzial für Holzimporte

Von der holzverarbeitenden Industrie wird schon seit einigen Jahren immer mehr Holz importiert, was sich in den Nettoimporten von Nadelrohholz widerspiegelt. Die Holzimporte sind in den vergangenen 10 Jahren ausgehend von 5,3 Mio. m³ 2008 stark angestiegen und lagen zwischen 2013 und 2018 auf einem vergleichbar hohen Niveau. 2019 sank die Importrate erstmalig wieder auf 6,8 Mio. m³ (Statista 2021o).

Mit 7,83 Mio. m³ (Bezugsjahr 2019) zählt Deutschland weltweit zu den größten Importeuren von Industrierundholz nach China (63,7 Mio. m³), Österreich (10,5 Mio. m³) und Schweden (8,8 Mio. m³) (Statista 2021g). Der größte Anteil der importierten Hölzer entfällt auf Nadelhölzer (Statista 2021h), die überwiegend aus Polen und Tschechien stammen (Statista 2019a).

Der Waldumbau in Richtung Misch- und Laubwald und ein wachsender Holzbedarf werden perspektivisch zu einem höheren Bedarf an Importen von Nadelholz führen. Der Mehrbedarf könnte, wie schon heute, mittels Importen aus den an Deutschland angrenzenden Nachbarländern gedeckt werden. Einer Abschätzung potenzieller Lieferländer⁶⁹ zufolge werden Polen, Tschechien und Frankreich auch zukünftig Importmöglichkeiten bieten. Dabei ist allerdings offen, wie sich die Holzverfügbarkeiten entwickeln, denn eine steigende Holzquote in verschiedenen Sektoren der genannten Länder könnte das Potenzial deutlich verringern (Wolf et al. 2020, S.112). Daher kommt der Nutzung von Laubholz eine immer wichtigere Rolle zu, um die Rohstoffversorgung sicherzustellen und einen weiteren Anstieg von Nadelholzimporten zu vermeiden (Purkus et al. 2020, S.62).

Holzimporte steigen seit Jahren. Wichtigste Importländer sind Polen und Tschechien.

Die Preise für Rohholz unterlagen in den vergangenen Jahren aufgrund einer hohen Qualitäts- und Angebots-/Nachfrageabhängigkeit starken Schwankungen (Statista 2021l). Seit der letzten Waldinventur ist die Menge an Totholz (insbesondere Fichte) im Wald um 14 % angestiegen, was zu einem Preisverfall geführt hat. 2020 sanken die Preise für Rohholz in Deutschland insgesamt um rund 12 % gegenüber dem Vorjahr, sodass auch in Deutschland preiswertes Holz bezogen werden kann. Dies änderte sich doch in der ersten Jahreshälfte 2021 dramatisch, als sich die Preise für Holz, insbesondere für Bauholz um fast 700 % gegenüber dem Vorjahr, verteuerten und dies vor allem in den ersten Monaten des Jahres zu Lieferengpässen führte (siehe auch Kap. 3.1.2) (Michelsen 2021). Eine weitere Zunahme an Totholz könnte zumindest vorübergehend zu einer Verringerung des Imports ggf. sogar zu einem Nettoexport von Nadelholz führen (Purkus et al. 2020, S.60), während mittel- und langfristig der Importbedarf mit großer Wahrscheinlichkeit steigt.

69 Unter der Annahme, dass sich Eigenverbrauch, Produktion und Selbstversorgungsgrad sowie Anteil zertifizierter Wälder in den betrachteten Ländern auch in Zukunft ähnlich entwickeln.



Nutzung von Laubholz für den Bau

Bis heute haben sich Laubhölzer im Bau noch nicht durchgesetzt.

Mit Blick auf die Nutzung von Laubholz steht besonders die Buche im Fokus (Kaufmann et al. 2017c, S.16). Obwohl die Buche für den Bau günstige Eigenschaften wie Festigkeit und Steifigkeit und auch gegenüber Nadelhölzern bessere Tragfähigkeitseigenschaften aufweist, hat die Baumart als konstruktiv genutztes Baumaterial bisher keine große Bedeutung. Überwiegend wird Buchenholz energetisch verwertet oder kommt beispielsweise für Treppen, Parkett, Möbel oder beim Innenausbau zum Einsatz (Wegener 2017, S.16). Nadelhölzer überwiegen im Bau, weil sich ihre (meist geraden) Stämme relativ einfach verarbeiten lassen, während die Stämme der Buche oftmals aufwendiger in der Aufbereitung zu Holzwerkstoffen sind. Auch der Holz Trocknungsprozess ist beim Laubholz aufwendiger und dauert oftmals länger. Nadelhölzer sind leichter und wachsen schneller, was Konstruktions- und Preisvorteile bietet (Deutsche Säge- und Holzindustrie Bundesverband e.V. 2016; Grimm 2017). Es finden zwar immer mehr Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dazu statt, wie Laubholz und insbesondere Buche für den Bau eingesetzt werden kann; gegenwärtig besetzen die neuen Laubholzprodukte jedoch nur Nischen und sind noch nicht wirtschaftlich (Kap. 3.2.1). Vorteile, die sich durch den Einsatz von Laubhölzern ergeben, wie z.B. eine hohe Tragfähigkeit, sparsamere Verbindungspunkte, geringerer Materialverbrauch, Erreichen höherer Spannbreiten, größere gestalterische Freiheit könnten Kostennachteile relativieren (Jacob-Freitag 2016). Nur unter der Voraussetzung, dass Laubholzprodukte zu wettbewerbsfähigen Preisen angeboten werden, haben sie das Potenzial, als Massenprodukt im Bau Einsatz zu finden (Interview Ohnesorge).

Gewährleistung der Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung

Die öffentliche Hand bemüht sich um den Einsatz von Holz aus legalen und nachhaltigen Quellen.

Für eine nachhaltige und umweltfreundliche Forst- und Holzwirtschaft müssen wirtschaftliche, soziale und umweltschutzbezogene Interessen vereint werden. Für die Holznutzung sind tropische, subtropische und boreale⁷⁰ Wälder sowie Wälder der gemäßigten Breiten die wichtigsten Waldformen. Natur- und Urwälder hingegen spielen eine nur untergeordnete Rolle (wenngleich sie zunehmend auch in Europa von – auch illegalem – Einschlag bedroht sind). In Europa befinden sich überwiegend bewirtschaftete Kulturwälder, die multifunktional genutzt werden. Neben der Nutzung von Holz erfüllen Wälder vielfältige Schutz- und Erholungsfunktionen (Kaufmann et al. 2017c, S.14). Eine wichtige Rolle für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder spielt die europäische und nationale Gesetzgebung, die Vorgaben zum Holzeinschlag und Holzimporten macht. In der EU gibt die Verordnung (EU) Nr. 995/2010⁷¹ hierfür Rahmenbedingungen vor. Seit März 2013 müssen alle Händler, die Holz oder Holzprodukte innerhalb der EU erstmals auf den Markt bringen, nachweisen, dass ihre Produkte legal geschlagen und gehandelt wurden. Es gilt als legal

⁷⁰ Vegetationszone im kaltgemäßigten Klima auf der nördlichen Erdhalbkugel

⁷¹ Verordnung (EU) Nr. 995/2010 über die Verpflichtungen von Marktteilnehmern, die Holz und Holzzeugnisse in Verkehr bringen



eingeschlagen, was in den jeweiligen Partnerländern national als legale Forstwirtschaft eingestuft wird (Schütze et al. 2016, S.31). In Deutschland wird die Verordnung durch das aus dem EU-Recht abgeleitete Holzhandels-Sicherungsgesetz (HolzSiG)⁷² umgesetzt. Besonders die öffentliche Hand bemüht sich darum, dass Holz aus legalen und nachhaltigen Quellen bezogen wird. Bei öffentlichen Ausschreibungen müssen Bieterunternehmen ein Chain-of-Custody-(CoC-)Zertifikat oder einen vergleichbaren Einzelnachweis vorlegen. Hierzu bietet der „Gemeinsame Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten“ einen Ordnungsrahmen. Dabei wird vor allem auf eine Zertifizierung als freiwillige Selbstverpflichtung der Forstbetriebe gesetzt (Purkus et al. 2020, S.62). Mit der Zertifizierung dokumentieren Forstbetriebe, dass sie ihre Flächen nach Erfordernissen der Nachhaltigkeit sowie des Natur- und Artenschutzes über den gesetzlich vorgegebenen Standard hinaus bewirtschaften (UBA 2020). Im Rahmen der Zertifizierung können sich Unternehmen einzeln oder in Gruppen zertifizieren lassen. Nicht zertifizierte Unternehmen können durch eine unabhängig geprüfte, gesonderte Dokumentation nachweisen, dass das eingesetzte Holz bzw. die Holzprodukte aus FSC⁷³- oder PEFC⁷⁴-zertifizierten oder gleichwertigen nachhaltigen Beständen aus dem Herkunftsland stammen.⁷⁵ Von diesen Zertifizierungsorganisationen werden international Kriterien für die Waldbewirtschaftung festgelegt, die sich in zahlreichen Beschaffungsrichtlinien internationaler Unternehmen und der öffentlichen Hand finden (PEFC Deutschland e.V. 2018).

In Deutschland ist der größte Teil der Waldfläche nach FSC- oder PEFC-Kriterien zertifiziert. Von den 7,7 Mio. ha Wald waren 2020 68 % nach PEFC- und 12 % nach FSC-Kriterien zertifiziert (BMEL 2021, S.25), sodass sichergestellt werden kann, dass das aus Deutschland bezogene Holz tatsächlich aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt. Schwerer nachvollziehbar wird es, wenn das Holz aus dem Ausland bezogen wird. Die PEFC- oder FSC-Zertifizierung gelten zwar auch international, aber nicht immer kann geprüft werden, ob es sich eventuell um Fälschungen handelt. Zudem werden die Standards regelmäßig kritisiert, insbesondere der PEFC-Standard wird von Umweltverbänden als nicht ausreichend anspruchsvoll und unabhängig beanstandet (Wolf et al. 2020, S.112).

Die Betrachtungen zu den Zertifizierungssystemen zeigt zwar, dass in der Regel nachvollzogen werden kann, ob das eingekaufte Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt, ob das bei einer erhöhten Nachfrage nach Holz auch vor dem Hintergrund

Deutsche Waldflächen sind überwiegend nach FSC- oder PEFC-Kriterien zertifiziert.

Bei Holz aus dem Ausland lässt sich nicht immer ein nachhaltiger Anbau nachvollziehen.

72 Gesetz gegen den Handel mit illegal eingeschlagenem Holz (Holzhandels-Sicherungs-Gesetz – HolzSiG)

73 Forest Stewardship Council (FSC) ist eine internationale Non-Profit-Organisation und betreibt das durch sie erstmalig geschaffene System zur Zertifizierung nachhaltiger Forstwirtschaft.

74 „Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes“/„Programm für die Anerkennung von Waldzertifizierungssystemen“ (PEFC) ist eine Institution mit dem Ziel, eine nachhaltige Waldbewirtschaftung durch ein unabhängiges Zertifizierungssystem sicherzustellen.

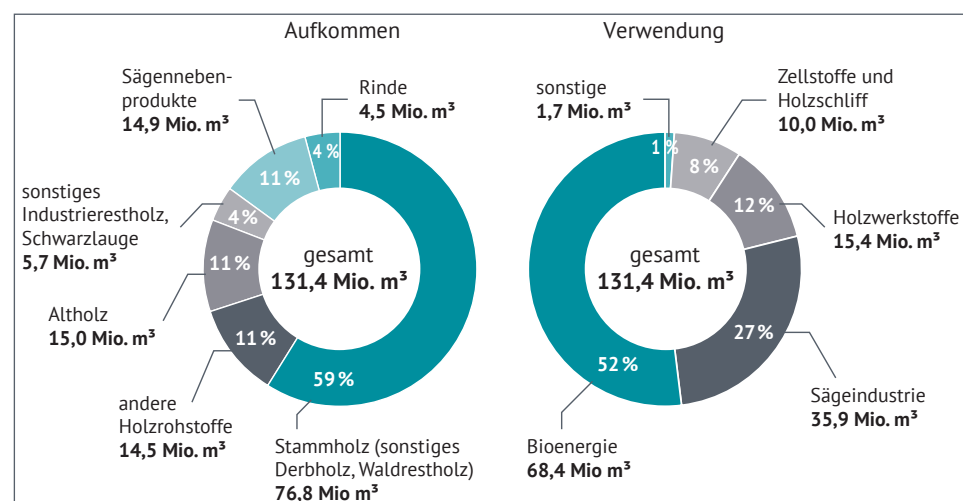
75 Gemeinsamer Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten in der Fassung der Verkündung vom 17.1.2011 im Gemeinsamen Ministerialblatt

der potenziellen Auswirkungen durch einen Klimawandel ebenfalls noch gelingt, bleibt offen. Wie Churkina et al. (2020) zum Bauen mit Holz betonen, ist der verstärkte Einsatz von Holz im Bausektor zwingend an eine nachhaltige Bewirtschaftung gebunden (Churkina et al. 2020). Bei einer global stark wachsenden Holzbauquote ergäbe sich daraus ein internationaler Regulierungsbedarf.

Konkurrenzsituation bei intensiverer Nutzung von Holz als Baustoff zur thermischen Verwertung

Die Nutzung von Holz kann in stoffliche und energetische Verwertungen eingeteilt werden. Ein Blick auf die Holzrohstoffbilanz Deutschlands, bei der sämtliche Holzrohstoffströme eines Jahres quantifiziert werden, zeigt, dass mit 52 % mehr als die Hälfte der Rohstoffe energetisch und lediglich 48 % stofflich genutzt werden (Wolf et al. 2020, S.85). Die für das Bauwesen relevanten Verwendungen machen mit der Sägeindustrie (27 %) und Holzwerkstoffen (12 %) etwa ein Drittel aus (Abb. 26).

Abb. 26 Holzrohstoffbilanz 2015



Quelle: FNR 2018 nach Wolf et al. 2020, S. 85

Bei einer Zunahme des Holzbedarfs für das Bauwesen könnte gegenüber der energetischen Verwertung einerseits und innerhalb der stofflichen Verwertung andererseits (insbesondere beim Möbelbau sowie Papierindustrie inklusive Druckmedien) eine Konkurrenz auftreten, die allerdings aufgrund der komplexen Berechnungsgrundlage und mitunter fehlenden Daten nur abgeschätzt werden kann. Bei einer steigenden Holzbauquote dürfte die Konkurrenz zwischen Holz als Baustoff und Möbelbau steigen, weil Hölzer mit vergleichbaren Holzeigenschaften zum Einsatz kommen. Auch erhöht der Einsatz von Laubholzarten wie Buche oder Eiche im Bau die Konkurrenz, da diese Hölzer ebenfalls beim Möbelbau eingesetzt werden. Bei der Papierindustrie wird von einer geringeren Konkurrenzsituation ausgegangen, weil für die Papierher-



stellung überwiegend Holz mit minderer Qualität sowie Altpapier genutzt wird (Wolf et al. 2020, S.121).

Der Wettbewerb zwischen Holz als Baustoff und Holz als Brennstoff ist jedoch hoch und wird perspektivisch zunehmen. Als wichtigster Hebel für die Minderung der Konkurrenz zwischen energetischer und stofflicher Nutzung gilt die generelle Senkung des Ressourcenverbrauchs und des Energiebedarfs bei Gebäuden. Ferner könnte eine stärkere Kaskadennutzung (Kap. 3.4.2) die Konkurrenz mindern (Wolf et al. 2020, S.121).

Der Wettbewerb zwischen Holz als Baustoff und Holz als Brennstoff wird perspektivisch zunehmen.

Einfluss des Klimawandels auf die Holzverfügbarkeit

Die noch nicht absehbaren Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald stellen ein schwer zu kalkulierendes Risiko dar. Vor diesem Hintergrund ist unklar, ob und wie die Holznutzung in den kommenden Jahrzehnten in der gewohnten Form beibehalten oder gar ausgebaut werden kann. Aufgrund der starken Stürme in den Jahren 2017 und 2018, die seit einigen Jahren auftretende extreme Dürre und Hitzewellen sowie die darauffolgende massenhafte Vermehrung von Borkenkäfern zeigen sich schon jetzt in stark geschädigten Wäldern. Besonders betroffen sind die für den Bausektor wichtigen Baumarten Fichte und Buche. Inzwischen müssen ca. 277.000 ha Wald neu aufgebaut werden (BMEL 2021, S.20). Durch die zum Teil massiven Schäden sind in einigen Regionen bereits wichtige Waldfunktionen gefährdet, wie der Erhalt der Biodiversität und der Wasser- und Bodenschutz. Insbesondere die Klimaschutzwirkung und die Funktion des Waldes als Kohlenstoffspeicher sind bedroht. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass es in den nächsten Jahrzehnten zu Zielkonflikten zwischen einer intensiveren Holznutzung einerseits und dem Erhalt wichtiger Waldfunktionen andererseits kommen könnte.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald sind noch nicht abzusehen.

Die zu beobachtenden Waldschäden sind freilich nicht auf Deutschland beschränkt. Weite Teile Europas sind derzeit mit großflächigen Borkenkäferkalamitäten sowie massiven Trockenschäden konfrontiert (EUWID 2018). In einer Studie der Universität für Bodenkultur in Wien und der Humboldt-Universität zu Berlin (Senf et al. 2018; Senf 2018) wird festgestellt, dass das aktuelle Baumsterben das Waldsterben vor 30 Jahren sogar deutlich übersteigt. Tschechien und Polen, die wichtigsten Holzimportländer für Deutschland, haben ein massives Aufkommen von Sturm-, Käfer- und Trockenschäden. In Tschechien ist fast die Hälfte der Fichtenwälder von Borkenkäfern befallen, sodass Fachleute davon ausgehen, dass es in rund 15 Jahren in Tschechien kaum noch Fichtenwälder geben könnte (mdr.de 2019).

Zielkonflikte zwischen einer intensiveren Holznutzung einerseits und dem Erhalt wichtiger Waldfunktionen andererseits sind möglich.

Neuere Daten deuten auf eine leichte Entspannung hin. Laut einer Umfrage des BMEL wird für 2021 in deutschen Wäldern eine Verringerung der Schadholzmenge um 40 % angenommen. Ferner bleibt die Schadholzmenge in Tschechien seit 2019 konstant und auch in Österreich war 2020 die Schadholzmenge im Vergleich zum Vorjahr um die Hälfte geringer (Holzkurier 2021).



Durch die großen anfallenden Mengen Totholz sanken in den vergangenen Jahren die Preise, gleichzeitig wurde auch die Holzqualität schlechter. Vor diesem Hintergrund könnte innerhalb weniger Jahrzehnte Fichte als Baumaterial nur noch in unzureichenden Mengen oder aufgrund der zunehmenden Verknappung zu hohen Preisen oder aus nicht nachhaltigen Quellen zur Verfügung stehen. Zwar sind nach den zuvor beschriebenen Berechnungen selbst bei einem Anstieg der Holzbauquote bis 2050 noch genügend nationale Rohholzvorkommen an Nadelholz vorhanden. Bei einer Beschleunigung des Klimawandels könnte sich der Zeitraum mit ausreichenden nationalen Nadelholzvorräten jedoch verkürzen und ein Ausweichen auf Importe erschweren. Dies unterstreicht die Notwendigkeit für den Holzbausektor, sich auf die durch den Waldumbau verändernden Holzarten einzustellen und Holzprodukte insbesondere unter Verwendung von Laubholz zu entwickeln bzw. weiter zu prüfen, inwieweit eine Umstellung auf Laubholz möglich ist (zur Holzverfügbarkeit siehe auch Szenarienberechnung zuvor). Ebenso unterstreicht es die Notwendigkeit, dass Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit im Bausektor nicht allein auf eine Verschiebung in Richtung Holzbau setzen, sondern verschiedene umweltfreundliche Entwicklungen vorantreiben.

Relevant in diesem Zusammenhang ist zudem die Verwendung von Kalamitätsholz. Seit 2017 ist ein hoher Anfall von Kalamitätsholz zu verzeichnen. Hier gilt es die damit verbundenen Potenziale zu bestimmen. Gleiches gilt für eine stärkere Kaskadennutzung von Holz. Die Kaskadennutzung ist ein vielversprechender Ansatz für ressourceneffizientes Wirtschaften und ein relevantes Konzept, der steigenden Nachfrage nach Holz nachzukommen. Potenziale scheinen jedoch noch nicht ausreichend ausgeschöpft. Dies liegt u.a. in den gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Sammlung und Wiederverwertung von Altholz (Qualität und Quantität) (UBA 2019, S.122 ff.).

3.4.2 Ökobilanz und Lebenszyklusanalyse

Die Zementherstellung trägt allein zu 8 % der globalen THG-Emissionen bei.

Mit einem Anteil von 19 % trägt der Gebäudesektor maßgeblich zu den global erzeugten Treibhausgasemissionen bei (Lucon et al. 2014, S.678 ff.). Seit 1970 haben sich diese mehr als verdoppelt. Wie hoch die THG-Emissionen des Sektors sind, zeigt ein Vergleich mit dem Flugverkehr, der mit 2,8 % deutlich weniger Emissionen erzeugt (Pfeiffer et al. 2019). Der größte Teil der CO₂-Emissionen bei Gebäuden (6,02 von insgesamt 9,18 Gt bezogen auf 2010) steht im Zusammenhang mit dem Stromverbrauch (z.B. Gerätebetrieb, Kochen, Heizen, Warmwassererzeugung, Licht, Kühlen). Hierfür wird fast ein Drittel (32 %) der global erzeugten Energie verbraucht. Bei der Erstellung von Gebäuden verursacht auch die Erzeugung der Baustoffe erhebliche Emissionen. Die Zementherstellung trägt allein 8 % zu den globalen THG-Emissionen bei (Beyond Zero Emissions Inc. 2017, S.4). In Deutschland macht der Anteil an den jährlichen Emissionen der Baubranche immerhin 51 % aus.



Ansatzpunkte zur Verbesserung der THG-Bilanz im Gebäudesektor bestehen einerseits in der Effizienzsteigerung der Nutzung von Gebäuden und andererseits in der Wahl von nachhaltigen Baumaterialien bei Neubauten. Bisher konzentrierten sich die Bemühungen vor allem darauf, dass die Gebäude während der Nutzungsphase möglichst wenig Energie verbrauchen und dadurch weniger CO₂-Emissionen erzeugen. Im Zuge der Entstehung von Häusern mit immer besseren energetischen Standards (z.B. Passivhaus, Fast-null-Energiehaus) verschiebt sich die Effizienzoptimierung während der Nutzungsphase hin zur Erstellungsphase der Gebäude, den darin verbauten Materialien und deren Entsorgung.

Die Material- und Konstruktionswahl rückt damit zunehmend in den Mittelpunkt, weil dadurch die Ökobilanz von Gebäuden wesentlich beeinflusst werden kann (Hafner et al. 2016, S.18). Ökobilanzen (Lebenszyklusanalysen/Life Cycle Assessments – LCAs) sind eine gängige Methode, um die Umweltwirkungen von einzelnen Produkten oder gesamten Bauwerken mit unterschiedlichen Konstruktionsarten zu vergleichen (siehe Kasten). Die Ergebnisse einer solchen Bilanzierung können zur Entscheidungsfindung für oder gegen einen bestimmten Baustoff oder eine Konstruktionsart beitragen.

Ökobilanzen sind eine gängige Methode, um die Umweltwirkungen von Bauwerken miteinander zu vergleichen.

Ökobilanz von Gebäude

Eine Ökobilanz ist eine systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen entlang des gesamten Lebenszyklus. Erfasst werden sämtliche Umweltwirkungen, die während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung sowie den damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozessen, wie beispielsweise der Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, entstehen.

Die Ökobilanz von Gebäuden umfasst eine Sach- und eine Wirkungsbilanz. Im Rahmen der Sachbilanz wird eine Stoffstrom- und Energiebilanz erstellt, die auch einen Nachweis über den Bedarf an Ressourcen sowie den Bedarf an erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergie enthält. Für die Wirkungsbilanz wird eine Wirkungsabschätzung auf Basis verschiedener Indikatoren erstellt wie z.B. Treibhausgas- oder Ozonschichtabbau- und Sommersmogpotenzial sowie den Potenzialen zur Versauerung und Überdüngung (Kaufmann et al. 2017c, S.24).

Für die Ökobilanzierung von Gebäuden wurden von der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB) weitere Kriterien definiert, die eine Vergleichbarkeit unterschiedlicher Gebäude gewährleisten sollen. Dazu gehören u.a. die anzusetzende Nutzungsdauer des Gebäudes (50 Jahre), die einzubeziehenden Bauteile und die zu verwendende Datengrundlage (Hartwig 2011).



Holz bzw. Holzprodukte stellen einen temporären Kohlenstoffspeicher dar, d.h., Kohlenstoff ist so lange im Bauteil gebunden, bis es entsorgt und bei seiner thermischen Nutzung (oder prinzipiell bei der natürlichen Zersetzung) der Kohlenstoff wieder freigesetzt wird. Für Holz als nachwachsende Ressource werden bei der Berechnung der Ökobilanz in der Herstellungsphase negative Vorzeichen in Bezug auf die Menge Kohlenstoff angenommen, sodass sich die entstehenden Treibhausgasemissionen bei einer thermischen Entsorgung ausgleichen (auch bezeichnet als Klimaneutralität). Zusätzlich zur temporären CO₂-Speicherwirkung kann Holz zu einer Einsparung von CO₂ beitragen, wenn Bauprodukte durch Holz substituiert werden. Das Substitutionspotenzial bei der Berechnung der Ökobilanz ist abhängig von den hierbei verwendeten Umweltindikatoren. Die Berechnungen basieren auf Datengrundlagen aus Forschungsarbeiten, die laufend neu überprüft und berechnet werden (Hafner et al. 2017).

Das Potenzial zur Kohlenstoffeinsparung bei der Verwendung von Holz in Gebäuden ist abhängig von der Konstruktionsart: Das Kohlenstoffspeicherpotenzial steigt mit der Menge an verbaulichem Holz.

Tragwerke eignen sich als potenzielle Kohlenstoffspeicher am besten, weil hierfür sehr viel Baumaterial benötigt wird.

Am besten sind Tragwerke als potenzielle Kohlenstoffspeicher geeignet, weil hier große Baustoffmengen benötigt werden. Ganz im Gegensatz zu Fassaden, bei denen die Holzmenge aufgrund des hohen Dämmstoffanteils eher gering ausfällt. Überdies können größere Mengen auch beim Einsatz von flächigen Massivholzbauteilen für Wand, Decke und Dach eingesetzt werden. Speziell bei sichtbaren Innenwänden oder Decken können schall- oder brandschutztechnische Anforderungen aber gegen deren Einsatz sprechen. Oftmals werden bei Holzgebäuden die Keller und Fundamente mit mineralischen Baustoffen erstellt, wodurch sich die CO₂-Bilanz verschlechtert. Je höher aber das Gebäude ist, desto stärker relativiert sich der diesbezügliche prozentuale Anteil (Kaufmann et al. 2017c, S.26). Ein Vergleich von Holzgebäuden mit verschiedenen Konstruktionsarten zeigt, dass Holzhybridbauten das geringste und Massivholzbauten das größte CO₂-Einsparpotenzial haben (Hafner et al. 2016).

Dies legt nahe, Holz in möglichst großen Mengen im Bau einzusetzen. Bei der Ökobilanzierung dürfen aber nicht allein die Einsparungen von THG-Emissionen beachtet werden, vielmehr muss auch der nachhaltige Einsatz von Holzressourcen ins Kalkül gezogen werden. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist, dass Holz aus einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung verwendet wird. In Deutschland verlangen Zertifizierungssysteme für Gebäude, dass ausschließlich Holz mit einem Zertifikat des FSC oder des PEFC benutzt wird (Kap. 3.4.1). Damit Gebäude nicht allein nur THG-Emissionen einsparen, sondern auch nach ressourceneffizienten Gesichtspunkten gebaut werden, können Anforderungen an die im Gebäude zu verbauenden Mengen an nachwachsenden Rohstoffen gestellt werden. Hieraus ergibt sich zumeist Potenzial für den modernen Holzbau, weil dieser in der Regel beide Prämissen der Klimaverträglichkeit und Ressourceneffizienz gleichermaßen erfüllt (Hafner et al. 2016, S.18).



Potenziale zur Einsparung von Treibhausgasen

Für eine Einschätzung, wie hoch das Potenzial von Holzbauten für die Einsparung von THG ist, wird in der Regel ein Vergleich mit Gebäuden in konventioneller (mineralischer) Bauweise herangezogen. Es gibt eine Vielzahl an Studien, in denen Ökobilanzen beider Bauweisen gegenübergestellt werden. Die Ergebnisse lassen sich jedoch nur bedingt miteinander vergleichen, denn Ökobilanzberechnungen sind sehr komplex und die Ergebnisse abhängig von den gewählten Parametern und Datengrundlagen. Die Vergleichbarkeit wird außerdem dadurch erschwert, dass in der Regel spezifische Fragestellungen im Mittelpunkt der einzelnen Untersuchungen stehen (Wolf et al. 2020, S.143). Ferner sind die Studien mitunter interessengeleitet und es kommt daher zu unterschiedlichen Ergebnissen. Exemplarisch sind nachfolgend einige Studienergebnisse aufgeführt:

Ergebnisse von Ökobilanzberechnungen zu CO₂-Einsparpotenzialen von Massiv- vs. Holzbauten hängen stark von den gewählten Parametern ab.

- In einer Studie des Umweltbundesamts (Wolf et al. 2020, S.142 ff.) wurden in einem Literaturreview 24 Studien ausgewertet, die den Vergleich von Ökobilanzen der Holz- gegenüber der Massivbauweise von Gebäuden beinhalteten. Die Ergebnisse zeigen, dass in allen Studien für den Indikator Treibhausgaspotenzial (mit Ausnahme einer Studienreihe von Graubner/Knauff (2008) sowie Graubner/Pohl (2013) und Pohl (2017), nach Wolf et al. (2020)) die Holzbauweise geringere Umweltwirkungen hat unabhängig von den gewählten Baustoffen für die Massivbauweise und der Konstruktionsart der Holzbauweise. Dies gilt sowohl bei Betrachtung der Systemgrenze⁷⁶ „Herstellung“ als auch bei der Systemgrenze „Herstellung bis Entsorgung“.
- Graubner et al. (2008 u. 2013) kommen zu dem Schluss, dass Massivhäuser bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 80 Jahren mindestens gleich umweltschonend und bei einzelnen Kriterien sogar deutlich besser in ihren Umweltwirkungen seien. Da hier eine Nutzungsdauer von 80 statt wie sonst üblich von 50 Jahren gewählt wurde, sind die Ergebnisse aber nur schwer zu vergleichen. Im Herstellungsjahr fällt das Treibhausgaspotenzial zwar günstiger für die Holzbauweise aus, auf die Gesamtdauer von 80 Jahren berechnet kommen die Autor/innen jedoch wegen einer günstigeren CO₂-Bilanz beim Heiz- und Warmwasserverbrauch zu einer insgesamt besseren THG-Bilanz bei Massivbauten (Massiv Mein Haus e.V. 2011). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen (Arge 2015), beauftragt durch die Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V. sowie König (2017), beauftragt durch das Bayerische Landesamt für Umwelt. König (2017) bestätigt den Massivbauten gegenüber Leichtbauten zusätzlich einen besseren Überhitzungsschutz im Sommer. Bei der Betrachtung des THG-Potenzials und anderer Umweltindikatoren würde die Holzbauweise insgesamt jedoch besser abschneiden. Zudem könne eine Hyb-

⁷⁶ In der Ökobilanz werden verschiedene Lebenszyklusphasen als Systemgrenze definiert: Herstellung und Errichtung (Modul A), Nutzungsphase (Modul B), Entsorgungsphase (Modul C) und Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze (Module D)



ridbauweise die jeweiligen Nachteile der Massiv- bzw. Holzbauweise weitgehend ausgleichen (König 2017, S.22 f.).

Die Studienergebnisse deuten auf eine gegenüber dem Massivbau vorteilhaftere Ökobilanz des Holzbaus.

Zusätzlich zur Frage, welche Bauweise die bessere Ökobilanz aufweist, wird in einigen Studien untersucht, wie sich die Steigerung der Holzbauquote auf THG-Einsparungspotenziale auswirken wird. Bezogen auf ein einzelnes Gebäude können beim Bau eines Holzgebäudes anstelle eines mit mineralischen Baustoffen gebauten Hauses zwischen 9 und 56 % weniger THG-Emissionen entstehen (Hafner et al. 2017, S.60). In der Studie von Hafner et al. (2017, S.65 ff.) wird ferner berechnet, dass bei einer Steigerung der Holzbauquote in Deutschland auf 55 % bei Ein- und Zweifamilienhäusern und auf 15 % bei Mehrfamilienhäusern im Szenarienzeitraum 2016 bis 2030 (Szenario 55/15 „Steigerung der Holzbauquote ab sofort“) im Durchschnitt der ersten 5 Jahre des Projektionszeitraums eine jahresdurchschnittliche Einsparung von über -1,8 Mt CO₂-Äq. erzielt werden könnte. Dies entspräche im Gesamtprojektionszeitraum von 15 Jahren -23,9 Mio. CO₂-Äq. Damit könnten 15,1 % der für diesen Zeitraum prognostizierte THG-Emissionen eingespart werden, die bei der Errichtung von Wohngebäude anfallen würden (Hafner et al. 2017, S.73 f.).

Churkina et al. (2020), eine Forschungsgruppe am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, nehmen an, dass die Holzbauquoten bei Neubauten weltweit um 10 bis 90 % gesteigert werden könnten. Damit könnten Einsparungen von 10 bis 700 Mio. t Kohlenstoff⁷⁷ erreicht werden. Im Vergleich zu den derzeitigen Mengen von etwa 11.000 Mio. t globaler Kohlenstoffemissionen weltweit pro Jahr könnte ein Einsparpotenzial von 0,09 bis 6,4 % erreicht werden. Allerdings scheint eine globale Holzbauquote von 90 % eher unwahrscheinlich, sodass das Einsparungspotenzial deutlich kleiner als 6,4 % ausfallen dürfte.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass ähnlich wie bei den Berechnungen zur Holzverfügbarkeit die Ergebnisse der Einsparungspotenziale von Treibhausgasen stark von den gewählten Annahmen in den Szenarien abhängen. Die Studienergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass der Holzbau gegenüber dem Massivbau eine vorteilhafte Ökobilanz aufweist und zur Einsparung von THG-Emissionen und damit in Deutschland zum Erreichen der Klimastabilisierungsziele des Pariser Abkommens beitragen kann.

Orientiert an den Berechnungen des PIK wird der globale Beitrag zur CO₂-Einsparung durch den Holzbau wahrscheinlich eher gering ausfallen, realistisch dürften wohl eher ca. 1 % Beitrag sein. Es ist daher zwingend erforderlich, über den Holzbau hinaus auch die herkömmliche Bauweise umwelt- und klimafreundlicher zu gestalten. Ansatzpunkte wären klimafreundlichere mineralische Baustoffe und ein verbessertes Recycling.

⁷⁷ In dieser Studie wurden Einsparungen in Masse Kohlenstoff statt CO₂ angegeben.



Herausforderungen bei der Zurechnung von CO₂-Emissionen in der Klimabilanzierung

Im Gebäudeenergiegesetz (GEG)⁷⁸ wird der Anteil der grauen Energie (Primärenergieaufwand) und die grauen (THG-)Emissionen, also Umwelt- und Klimawirkungen, die durch die Herstellung und Entsorgung der Baumaterialien verursacht werden, (noch) nicht berücksichtigt (Wischnath 2019). Dem Gebäude werden lediglich jene THG-Emissionen zugerechnet, die bei der Nutzung des Gebäudes (also für Wärme und Kühlung oder Warmwasserbereitung) entstehen. Emissionen, die bei der Produktion von Bauteilen und Baustoffen entstehen, werden hingegen dem industriellen Sektor zugerechnet (Purkus et al. 2020, S.36 und 44). Damit wird bislang nur ein Teil der Emissionen in der Klimabilanz von Gebäuden berücksichtigt. Bezogen auf einen Neubau (mit Anforderung KfW 55) werden somit Kritikern zufolge (s. Stellungnahme des Bündnis Bauwende e.V.) ca. 50 % der anfallenden Emissionen außer Acht gelassen (Wischnath 2019).

Im 2020 neu eingeführten GEG erfolgt noch keine ökobilanzielle Bewertung von Gebäuden.

Das GEG ist seit dem 1. November 2020 in Kraft und ersetzt das bisherige Energieeinsparungsgesetz (EnEG)⁷⁹, die Energieeinsparverordnung (EnEV)⁸⁰ und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)⁸¹. Wie das bisherige Energieeinsparrecht für Gebäude enthält auch das neue GEG Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden, die Erstellung und die Verwendung von Energieausweisen sowie Anforderungen an den Einsatz erneuerbarer Energien in Gebäuden (BMI 2020). Das GEG stellt somit ein wichtiges Instrument zur Erreichung der Klimaschutzziele im Gebäudebereich dar.

Prinzipiell wäre eine Berücksichtigung der Umweltwirkungen der Herstellung und Entsorgung von Gebäuden im GEG mithilfe des etablierten Verfahrens der Ökobilanzierung basierend auf Daten der öffentlichen Datenbank ÖKOBAUDAT und der kostenlosen Software eLCA möglich (Wischnath 2019). Im § 7 Abs. 5 GEG wird angekündigt, dass das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) bis zum 31. Dezember 2022 einen Bericht mit Ergebnissen von Forschungsprojekten vorlegen, auf dessen Grundlage eine ökobilanzielle Bewertung von Gebäuden erfolgen kann. Damit deutet sich an, dass zukünftig die graue Energie und damit verbundene THG-Emissionen erfasst werden könnten.

78 Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)

79 Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz – EnEG)

80 Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)

81 Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG)



Rückbau und Entsorgung von Gebäuden in Holzbauweise

Zum Lebenszyklus zählt auch der Rückbau und die Entsorgung von Gebäuden. Eine wichtige Voraussetzung für einen nachhaltigen Einsatz von Holz im Bau ist dessen Wiederverwertung. Dies wird umso voraussetzungsvoller, je mehr Holz im Verbund, z.B. bei Holzhybridbauweise, verbaut wird.

Im Bausektor entstehen große Mengen an Abfall. Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Straßenaufbruch) machten 2019 mit rund 230,9 Mio. t den Großteil (55,4 %) des Bruttoabfallaufkommens in Deutschland aus. Diese teilen sich auf 85 % Bodenaushub und 25 % mineralische Bauabfälle, welche beide weitgehend wiederverwertet werden (UBA 2021).

Von den 2016 statistisch erfassten mineralischen Abfällen⁸² (214,6 Mio. t) entfallen etwa ein Drittel (34,3 %) auf Bauabfälle (Bauschutt, 27,3 %, Baustellenabfälle 6,7 %, Bauabfälle auf Gipsbasis 0,3 %). Die Baustellenabfälle setzen sich zusammen aus 50 % Eisen und Stahl, 20 % Altholz und 5 % Glas, Kunststoff und Dämmmaterial sowie 25 % mineralische Bestandteile (bbs 2018, 2020).

Gemäß einer Untersuchung des Umweltbundesamt (2015) fielen in Deutschland 2015 ca. 11,174 Mio. t Altholz an (UBA 2019).

Der größte Teil von Altholz entsteht im Zusammenhang mit Bau- und Abbruchabfällen. Davon werden weniger als 10 % wiederverwertet.

Der Großteil des Altholzes entsteht im Zusammenhang mit Bau- und Abbruchabfällen (4,5 Mio. t), der kleinere Teil bei der Holzverarbeitenden Industrie (2,8 Mio. t). Vom gesamten Altholz wurden lediglich 1,1 Mio. t (9,2 %) stofflich – hauptsächlich zu Spanplatten – und der Rest thermisch verwertet. Hier besteht noch Potenzial, die Recyclingquote zu erhöhen. Das Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI) geht davon aus, dass bis zu 90 % des Altholzaufkommens stofflich nutzbar wären.⁸³

Die Entsorgung von Altholz wird in der Altholzverordnung⁸⁴ (AltholzV) geregelt, das Altholz in vier Kategorien gemäß ihrem Schadstoffgehalt einordnet. Völlig unbehandeltes Holz (etwa Balken, Latten, Verpackungsholz, Massivholz oder Bauholz) zählt zu Kategorie A I und darf im Bau wiederverwendet werden. Für die Herstellung neuer Holzwerkstoffe wie Span- oder Faserplatten sind nur die Kategorien A I und A II zugelassen. Holz, das als Sonderabfall eingestuft wird, ist der Kategorie IV zuzuordnen. Dazu zählt mit Holzschutzmitteln behandeltes Holz (z.B. imprägnierte Bauhölzer aus

82 Die Daten stammen aus dem 11. Monitoringbericht der Bauwirtschaft (bbs 2018).

83 www.wki.fraunhofer.de/de/fachbereiche/hnt/profil/forschungsprojekte/altholz-recycling.html (6.1.2022)

84 Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung – AltholzV); eine Novellierung ist geplant.



dem Außenbereich, lackierte Fenster oder Türen aus dem Außenbereich und Holzfachwerk).

Zur Verbesserung der Ökobilanz wäre eine Kaskadennutzung (Mehrfachnutzung eines Rohstoffs) des verbauten Holzes anzustreben, also eine Rückgewinnung des Baumaterials Holz aus Gebäudeabbrüchen. Eine Herausforderung der Kaskadennutzung besteht darin, dass bisher bei der Sammlung von Altholz im Bau- und Abbruchbereich unterschiedliche Güteklassen von Holz zusammen entsorgt werden, sodass naturbelassenes Holz mit verunreinigtem und schadstoffbelastetem Holz vermischt wird (Wolf et al. 2020, S.124).

Eine wichtige Voraussetzung für die Kaskadennutzung ist auch die Vermeidung von Schadstoffen bei der Behandlung des zu verbauenden Holzes und die Entwicklung von Konzepten zum Rückbau. Ein Recycling werde beim Holzbau noch nicht ausreichend mitbedacht (Interview Ohnesorge). Aufgrund der Konstruktionsweise in Schichten müssten bereits bei der Planung Rückbau und Verwertungsszenarien berücksichtigt werden, damit Bauteile und Komponenten gut voneinander abgrenzbar sind und Verbindungen wieder gelöst werden können (z.B. Schrauben statt Kleben). Insgesamt besteht hier noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf (Kaufmann et al. 2017c, S.27). Dies umfasst auch technologische Ansätze zum Upcycling von Altholz etwa zur Erkennung von Verunreinigungen und der Säuberung (InFuURWood 2019).

Für eine bessere Kaskadennutzung von Holz müsste der Rückbau schon bei der Planung von Gebäuden mitbedacht werden.

3.4.3 Natürliche Emissionen von Holzprodukten

Typisch für Holz sind seine naturgegebenen Emissionen. Es enthält flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds – VOC). Dabei handelt es sich vor allem um Terpene, Aldehyde und Carbonsäuren, die auch verantwortlich für den charakteristischen, zumeist als angenehm empfundenen Geruch des Holzes sind.⁸⁵ Besonders die harzhaltigen Hölzer wie Kiefer und Fichte strömen Terpene aus.

Generell sind in der Innenraumluft von Gebäuden VOC nachweisbar. Diese sind entweder natürlichen (z.B. durch Holz) oder künstlichen Ursprungs (z.B. durch Raumbedufter, Klebstoffe oder Leime in Baustoffen, Möbeln oder Auslegware). Die Anreicherung der Raumluft mit VOC hat in den vergangenen Jahren stetig zugenommen. Wesentliche Ursache dafür sind Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Diese haben zu „dichterem“ Häusern geführt, wodurch durchschnittliche Luftwechselraten gesunken sind und sich VOC in Innenräumen leichter ansammeln können. VOC sind nicht per se giftig. Die Stoffe können entweder harmlos, aufgrund des Geruchs lediglich störend oder aber auch gesundheitsschädlich sein (Kaufmann et al. 2017c, S.31). Die Toxizität der VOC variiert abhängig vom Stoff.

Holz verursacht naturgegeben Emissionen, die auch den typischen Holzgeruch ausmachen.

85 www.kiwuh.de/holz/holz-gesundheit/faq-zum-thema-voc (6.1.2022)



Neben den VOC ist in Holz auch in geringen Mengen Formaldehyd vorhanden, das laut EU-Klassifizierung als „wahrscheinlich krebserregend“ gilt. Es zählt zu der Gruppe der sehr flüchtigen Verbindungen (very volatile organic compounds – VVOC). Häufig wird Formaldehyd auch bei der Herstellung von Holzwerkstoffen als Komponente für Leimprodukte verwendet. Seit den 1980er Jahren sind Formaldehydemissionen aus Bauprodukten per Grenzwert geregelt. Die World Health Organization (WHO) empfiehlt einen Richtwert von 0,08 ppm in Innenräumen. Diese Vorgabe wurde in Deutschland vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) 2016 übernommen. In den üblicherweise im Bau verwendeten Laub- und Nadelholzarten liegen die Formaldehydkonzentrationen unter diesem Grenzwert und der Einsatz dieser Hölzer ist daher unbedenklich (Kaufmann et al. 2017c, S.32).

Bis heute haben sich weder im Baubereich noch im Holzhandwerk Hinweise auf eine Gefährdung der geruchserzeugenden VOC ergeben (Spitzendorfer 2021, S.6). Bei erhöhten Konzentrationen werden manche dieser Terpene aber als u.a. „allergen-sensitiv“ eingestuft (Spitzendorfer 2021). Bei den holzartspezifischen Carbonsäuren (Essig- und Ameisensäure) kann sich für allergensensitive Menschen eine gesundheitliche Beeinträchtigung ergeben (Spitzendorfer 2021). Das Auftreten von überhöhten Emissionen ist stark von der Holzart und der Art des Verbauens, den verwendeten Leimsystemen und der Luftwechselrate abhängig. Bei Vermeidung bestimmter Holzarten und ausreichender Lüftung ist ein gesundheitliches Risiko bei Einbau von Holz und Holzprodukten laut Salthammer und Marutzki (2013) nicht zu erwarten.

Die Empfehlungen des Umweltbundesamtes zur Innenraumlufthygiene geben Grenzwerte für Emissionen vor (UBA 2007, S.992), die zunehmend auch als Orientierung für Gebäudezertifizierungen verwendet werden. Die Grenzwerte unterscheiden sich je nach Zertifikat. In der Regel sollen dabei Werte von 1.000 µg/m³ TVOC⁸⁶ nicht überschritten werden (Spitzendorfer 2021, S.30). Beim Einsatz von Holz kann es durch die holzeigenen Emissionen an flüchtigen Verbindungen (VOC und Formaldehyd) zu einer Überschreitung der zuvor beschriebenen Richtwerte führen. Der TVOC-Wert erfasst aber lediglich die Menge gemessener Stoffe in der Luft. Es wird nicht zwischen gesundheitlich unbedenklichen und gesundheitsgefährdenden, allergenen oder geruchsbelästigenden Stoffen differenziert.

Bislang fehlt es bei der Messung von Raumluftemissionen an einer Differenzierung zwischen natürlichen und synthetischen Emissionen in Holzprodukten.

Diese fehlende Differenzierung kann den Einsatz von Holz erschweren, z.B. dann, wenn bestimmte VOC-Grenzwerte in Innenräumen einzuhalten sind, diese aber aufgrund der natürlichen Emissionen überschritten werden (Interview Ohnesorge). Mit-

86 Der Wert der gesamten flüchtigen organischen Verbindungen (total volatile organic compounds – TVOC) wird nach einer Richtlinie des UBA (2007, S.992) in fünf Stufen eingeteilt sowie mit einer Bewertung und Handlungsempfehlungen versehen (z.B. Stufe 5: hygienisch inakzeptabel, Raumnutzung vermeiden, toxikologische Einzelbewertung empfohlen) VOC-Belastungen über 3.000 µg/m³ werden als bedenklich, über 10.000 µg/m³ als unakzeptabel definiert. Auch VOC-Werte über 1.000 µg/m³ gelten als auffällig – ohne Berücksichtigung der Frage, um welche VOCs es sich handelt



unter werden die Empfehlungen des Umweltbundesamts als Grundlage für die Bewertung von „Mängeln“ vor Gericht herangezogen. Die festgelegten Grenzwerte für VOC stellen daher für den Holzbau eine Hürde da. Für Bauprojekte der öffentlichen Hand kann dies zur Folge haben, dass zur Vermeidung von (vermeintlichen) Restrisiken auf das Bauen mit Holz verzichtet wird.

Es fehlt laut Hafner et al. (2017, S.104f.) bei der Bewertung der Raumluftqualität an einer Differenzierung zwischen natürlichen und synthetischen Emissionen in Holzprodukten. Nur durch eine wissenschaftlich begründete Neubewertung der natürlichen Emissionen von Holz könnte die tatsächliche Belastung durch Innenraumemissionen wissenschaftlich abgesichert werden (Interview Djahanschah) (Bodemer et al. 2017; Hafner et al. 2017, S.105; Kaufmann et al. 2017c, S.35; Spitzendorfer 2021, S.30).

Grundsätzlich zeigen die vorliegenden Studienergebnisse zur Gefährlichkeit der Emissionen von VOC durch Holz bei typischen Raumluftkonzentrationen eine gesundheitliche Unbedenklichkeit (siehe auch Studien vom BMEL geförderte Forschungsprojekte zu Emissionen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen und deren Toxikologie⁸⁷). Vom ehrenamtlich betriebenen Verbraucherinformationsportal „Europäische Gesellschaft für Gesundes Bauen und Innenraumhygiene“ wird allerdings darauf verwiesen, dass die Exposition mit VOC in höheren Konzentrationen über eine längere Zeit für besonders sensitive Menschen und vulnerable Gruppen möglicherweise zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen kann (Spitzendorfer 2021, S.8).

3.5 Gesellschaft

Auf gesellschaftlicher Ebene beeinflussen vor allem Faktoren wie Urbanisierung (Kap. 3.5.1) und demografische Veränderungen (Kap. 3.5.2) die Anforderungen an Wohnraum in Städten. Die sich abzeichnenden Wohnungsengpässe erfordern neue Stadtentwicklungs- und Wohnkonzepte, bei denen Bauen mit Holz eine Option sein kann; z.B. eignen sich Holzbaukonstruktionen wegen des geringen Gewichts besonders für die Aufstockung existierender Gebäude. Inwieweit der Holzbau verstärkt umgesetzt werden kann, hängt auch davon ab, ob das serielle Bauen mit Holzmodulen und die sich durch eine Holzoptik verändernden Stadtbilder akzeptiert werden.

3.5.1 Urbanisierung

Die Urbanisierung bzw. das Stadtwachstum, hervorgerufen durch eine Ausbreitung städtischer Lebensformen, wird in Deutschland weiter zunehmen (Adam 2017; Statista 2020c). Schon zuletzt lebten die meisten Deutschen (77%) in der Stadt (Statista

Bis 2030 könnten 80 %, bis 2050 sogar 84 % der deutschen Bevölkerung in Städten wohnen.

⁸⁷ Eine Auswahl findet sich unter <https://www.kiwuh.de/holz/holz-gesundheit/projekte-zu-holz-und-gesundheit> (6.1.2022).



2020c). Im Vergleich zu 2000 ist dies ein Anstieg von ca. 3,5 % mit weiterem Trend nach oben. Bis 2030 soll der Anteil auf 80 %, bis 2050 sogar auf 84 % steigen (Statista 2018). Das Wachstum bezieht sich zwar nicht auf alle, aber auf die Mehrzahl (drei Viertel) der deutschen Städte und Kreise (Freitag et al. 2019, S.6). Das Resultat dieser Entwicklung ist eine seit Jahren steigende Nachfrage nach städtischem Wohnraum, welche das Angebot bei weitem übersteigt. Ein Indikator für den Status der Wohnraumversorgung ist die Wohnungsbaulücke, also der mangelnde Wohnraum, der durch eine Erweiterung des Wohnraumangebots durch Neu- oder Umbau hätte geschaffen werden können. Diese Lücke hat sich zwischen 2011 und 2017 auf 720.000 fehlende Wohnungen vergrößert (Freitag et al. 2019, S.29). Laut Bundesregierung (2020b) sollen zwar ausgehend von 2018 bis 2021 1,5 Mio. neue Wohnungen entstehen und verschiedene Maßnahmen befinden sich in der Umsetzung, allerdings ist bislang noch nicht absehbar, ob diese dazu beitragen, das gesteckte Ziel zu erreichen.

Die wachsende Nachfrage nach Wohnraum führt seit Jahren zu steigenden Mieten und Kaufpreisen.

Die wachsende Nachfrage nach städtischem Wohnraum hat zu steigenden Preisen sowohl bei Mieten als auch bei Käufen geführt (Sagner et al. 2020). Im Durchschnitt sind die Mietpreise für Wohnungen zwischen 2015 und 2021 um 8,4 % gestiegen (Statista 2021n). Die Kaufpreise sind ausgehend von 2010 bis 2020 um 165 % gestiegen (Statista 2021m). In Großstädten war die Entwicklung der Mieten noch höher. In Berlin haben sich die Mietpreise beispielsweise ausgehend von 5,60 Euro pro m² (2009) auf 11,40 Euro pro m² innerhalb von 10 Jahren mehr als verdoppelt. In Frankfurt am Main stiegen die Preise um 44 %, in Köln um 34 %, in München um 61 % und in Stuttgart um 49 % (Statista 2020b). Zwar ist der durchschnittliche Anteil der Wohnkosten am verfügbaren Haushaltseinkommen zwischen 2015 und 2019 leicht gesunken – von 27,3 % auf 25,9 % (Statista 2021a) –, dennoch bleibt die Schaffung bezahlbaren Wohnraums eine zentrale Herausforderung für die Politik.

Bauland in Städten ist allerdings nur begrenzt verfügbar. So sind Grundstückspreise und damit verbunden die Baukosten (um ca. 10 % seit 2015) in den letzten Jahren stark angestiegen (Statista 2021f u. 2021i). Neben der Ausweisung von Bauland im Umland von Städten kann vor allem die Nachverdichtung (Erhöhung der Bebauungsdichte) zur Schaffung neuen Wohnraums beitragen. Dabei werden Baulücken geschlossen (z.B. durch Blockrandbebauung), existierende Gebäude mit zusätzlichen Geschossen aufgestockt, Gebäude abgerissen und durch Neubauten ersetzt oder das Hinterland (z.B. große Gartenflächen oder Hinterhöfe) bebaut (siehe auch Kap. 3.1.1).

Der Holzbau eignet sich für die Nachverdichtung von Städten – insbesondere für Aufstockungen existierender Gebäude.

Für alle genannten Varianten der Nachverdichtung kann der Holzbau genutzt werden. Durch das geringe Gewicht der Holzbaukonstruktion eignet sich dieser insbesondere für die Aufstockung existierender Gebäude (Dederich 2013b). Häufig kann dabei auf eine Verstärkung der Tragwerke verzichtet werden. Gerade im Umfeld einer hochverdichteten Stadt kann der Holzbau Stärken ausspielen. Baustellen und die damit verbundenen Verkehrsproblematiken, Staub- und Lärmemissionen stellen eine Herausforderung sowohl für die Anwohner/innen als auch für die Bauunternehmen



dar (Kap. 3.1.3). Durch den hohen Vorfertigungsgrad beim Holzbau (Kap. 2.1) kann die Baugeschwindigkeit erhöht und das Baugeschehen witterungsunabhängiger umgesetzt werden (Lennartz 2015, S.8 f.). Die Modulbauweise mit Raumzellen eignet sich zudem dafür, schnell und flexibel Wohnraum zu schaffen, etwa für die Erstellung von Wohnungen für Student/innen, Hotels, Sozialbauten, Doppel- und Reihenhäuser sowie Wohnanlagen.⁸⁸ Gerade bei Neubauten mit vielen identischen Nutzungseinheiten bietet sich der Einsatz von Modulen bzw. das serielle Bauen an (Darstein-Ebner 2017, S.24). In einigen Bundesländern wurden beispielsweise auf diese Weise im Zuge der Flüchtlingsbewegung um 2015 kurzfristig Gebäude für Schutzsuchende geschaffen⁸⁹ (Wald und Holz NRW 2018, S.13).

Für Bauten mit vielen identischen Nutzungseinheiten bietet sich der Einsatz seriell vorgefertigter Wohnmodule an.

Auch ganze Stadtquartiere wie in Stuttgart Bad Cannstatt werden bereits auf diese Weise umgesetzt (Werner Sobek AG 2020). Von der seriellen und modularen Bauweise verspricht man sich, ungenutzte Effizienzpotenziale bei Planung und Bau zu heben und damit Kosten- und Zeitersparnisse zu realisieren (Gedaschko 2019, S.7). Allerdings wird das serielle Bauen mit Holzmodulen von Architekt/innen zum Teil auch kritisch gesehen, weil diese Art der Bauweise Assoziationen mit der Eintönigkeit von Plattenbauten und/oder Trabantenstädten der 1970er Jahre wecken könnte (Interview Schild), die überwiegend als gescheiterte Städtebaumaßnahmen angesehen werden. Wichtig sei daher eine differenzierte Einzelgestaltung von Gebäuden, um lebendige und lebenswerte Quartiere zu ermöglichen (Gedaschko 2019, S.7).

3.5.2 Gesellschaftlicher Wandel

Eng verbunden mit dem Urbanisierungstrend ist ein gesellschaftlicher struktureller Wandel, der veränderte Ansprüche und Bedarfe an das Wohnen (Winter et al. 2018, S.19) und neue Anforderungen an die Stadtentwicklung mit sich bringt.

Zu den gesellschaftlichen Entwicklungstrends gehören der demografische Wandel, der zunehmende Bedarf an kleineren Wohnungen bzw. Wohnungen mit flexiblen Grundrissen, die Fragmentierung von Erwerbsbiografien und damit verbundene Umzüge sowie Migration.

Diese gesellschaftlichen Trends beeinflussen in einem hohen Maße die Anforderungen an eine Stadtentwicklung. Wohnungen müssen je nach Lebensphase und individuellem Bedarf immer wieder neue Anforderungen (z.B. klein vs. groß, Familienfreundlichkeit, Barrierefreiheit, Beitrag zur Integration, sozialer Wohnungsbau) erfüllen. Die Stadt muss der Vielfalt des sozialen Lebens gerecht werden und diese in einer Vielfalt unterschiedlicher Haus- und Wohnungstypen mit anpassbaren Grund-

Wohnungen müssen je nach Lebensphase und individuellem Bedarf immer wieder neue Anforderungen erfüllen.

⁸⁸ www.konstruktiver-holzbau.de (6.1.2022)

⁸⁹ www.schneller-wohnraum.de (6.1.2022)



rissen spiegeln. Diese typologische Vielfalt kann durch einen kleinteiligen, funktional und sozial gemischten Städtebau gelingen (Harlander o.J.).

Der Holzbau kann zur Flexibilisierung der Stadtentwicklung beitragen.

Der Holzbau kann für die Flexibilisierung der Stadtentwicklung, z.B. durch schnelle umzusetzende und flexible Bauten, einen relevanten und ökologisch nachhaltigen Beitrag leisten. Bauteile oder ganze Gebäude können nach Bedarf demontiert oder vollständig zurückgebaut werden.

Eine Nachverdichtung in Holzbauweise könnte gegenüber anderen Bauweisen auf größere Akzeptanz stoßen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Stadtentwicklung ist ferner die Ästhetik des menschlichen Wohnumfelds und die Gestaltung von Stadtbildern. Die Stadtbilder in Deutschland sind sehr vielfältig und haben sich seit dem Zweiten Weltkrieg sehr unterschiedlich entwickelt (Becker et al. 2019, S.7 ff.; Rüthers 2018). Der Einsatz von Materialien wie Stahl, Glas und Beton haben die Wahrnehmung von Stadtbildern über Jahrzehnte geprägt (Kaufmann et al. 2017c, S.12). Lediglich in Süddeutschland ist der Holzbau verbreitet. Der städtebauliche Denkmalschutz und Bewahrung identifikationsstiftender Werte spielt in Deutschland eine wichtige Rolle bei der Weiterentwicklung historischer Stadtkerne. Gerade die Umgestaltung von traditionellen Stadtbildern erzeugt häufig Kontroversen wie beispielsweise die Debatte um die Neugestaltung des Humboldthains in Berlin zeigt. Damit sich der Holzbau in den Innenstädten verbreiten kann, müsste auch ein Wandel des Erscheinungsbildes von Städten akzeptiert werden (Interview Schild). Dies gilt aber nur dann, wenn Holz nicht „unsichtbar“, sondern auch „von der Straße aus sichtbar“, z.B. bei Fassaden oder Dachkonstruktionen, verbaut wird. Grundsätzlich wird Holz als Bau- und Werkstoff positiv wahrgenommen und gegenüber anderen Materialien sogar vorgezogen (BM online 2000; Filippi 2013, S.276). Dies könnte sich auch vorteilhaft auf die Akzeptanz einer Nachverdichtung in Wohnquartieren auswirken, wenn diese in Holzbauweise durchgeführt wird.



4 Synopse

Abschließend erfolgt eine Würdigung der Trends, Treiber und Barrieren im Themenfeld urbaner Holzbau. Zunächst wird der Schwerpunkt auf Trends, Stärken und Chancen gelegt. Danach werden Hindernisse beschrieben und mögliche Handlungsfelder skizziert.

4.1 Trends, Stärken und Chancen

Der moderne Holzbau in Deutschland zeichnet sich durch zahlreiche Stärken und Chancen aus. Er knüpft an eine in Deutschland lange und gut verankerte Handwerkstradition an und ist insbesondere im süddeutschen Raum fest verankert. Der moderne Holzbau stützt sich auf diese Handwerkstradition und hat sich inzwischen in Richtung Vorfertigung, Modul- und Serienbau fortentwickelt. Leuchtturmprojekte zeigen zudem, dass sich der Holzbau längst aus dem ländlichen Raum gelöst hat und auch für den urbanen Raum große Potenziale bietet. Technische und konstruktive Innovationen sowie rechtliche Anpassungen nach der Jahrtausendwende haben die Grundlagen für den mehrgeschossigen Bau im urbanen Raum geschaffen. Seit einigen Jahren ist daher zunehmend die Realisierung von mehrgeschossigen Holz(hoch)häusern bis hin zu größeren Stadtentwicklungsprojekten in verschiedenen deutschen Städten sowie international zu beobachten.

Vor allem vor dem Hintergrund einer stetig steigenden Nachfrage nach städtischem Wohnraum bietet der urbane Holzbau eine wichtige Option. Die wachsende Nachfrage hat zu steigenden Preisen sowohl bei Mieten als auch bei Kaufpreisen geführt. Bauland ist in Städten nur begrenzt verfügbar und die Grundstückspreise bzw. die damit verbundenen Baukosten sind in den letzten Jahren stark angestiegen. Die Schaffung bezahlbaren Wohnraums ist daher schon seit Jahren eine zentrale Herausforderung für die Politik und wird perspektivisch noch an Bedeutung gewinnen.

Mit Blick auf die Schaffung von Wohnraum liegen die größten Potenziale für künftige Holzbautätigkeiten im Bereich Aufstockungen sowie – wenngleich mit etwas weniger Potenzial – auch beim Neubau. Darüber hinaus bestehen Potenziale für den Holzbau in den Bereichen energetische Fassadensanierung und öffentliche Zweckbauten. Mit einem Anteil genehmigter Gebäude in Holzbauweise von 20,4 % (2020) an allen genehmigten Gebäuden in Deutschland wurde zuletzt ein vorläufiger Höchststand erreicht. Noch werden die insgesamt steigenden Holzbauquoten aber weniger im urbanen Raum, sondern primär im Bereich Ein- bis Zweifamilienhäuser erzielt. Auch die Holzhochbauten sind noch eine Nischenanwendung. Dennoch zeigen größere Stadtentwicklungsvorhaben (z.B. Schumacher-Quartier in Berlin oder Prinz-Eugen-Park in München) die Anwendbarkeit der Holzbauweise auch im größeren bis sogar sehr großem Maßstab.



Diese Entwicklungen spiegeln sich auch im Umsatz der Holzbaubranche wider, die sich in den vergangenen Jahren (bis 2020) positiv entwickelte und auch gegenüber dem Bauhauptgewerbe überdurchschnittlich gestiegen ist. Weitergehende Aussagen zu Umsatzzuwächsen spezifisch für den Bereich des urbanen Holzbaus können aufgrund fehlender Statistiken nicht gemacht werden.

Nicht nur die Holzbaubranche kann von der zu erwartenden größeren Nachfrage nach Holzbauten profitieren. Der für den mehrgeschossigen Holzbau im urbanen Raum überwiegend eingesetzte Holzhybridbau und die Verarbeitung von seriell vorgefertigten Leichtbauelementen verspricht auch generell für die Massivbauindustrie Zuwachs. Die im Vergleich zur Holzbauindustrie größeren Unternehmen der Massivbauindustrie verfügen eher über die personellen und infrastrukturellen Kapazitäten, wenngleich nicht unbedingt über die erforderlichen spezifischen Kompetenzen, um einen potenziell größer werdenden Markt im Bereich Holzbau zu bedienen. Die Massivbauindustrie kann hier über Kooperationen oder auch Akquisitionen von Holzbaunternehmen Marktsegmente erschließen.

Dass sich die Holzbauweise immer stärker auch für den mehrgeschossigen Bau eignet, ist zahlreichen technischen Neuerungen zu verdanken. Maßgeblich hierfür war und ist ein vielfältiges Förderangebot. Zwar existiert auf Bundesebene kein ausgewiesenes Förderprogramm für die Forschung im Bereich urbaner Holzbau, doch wird der Holzbau innerhalb verschiedener Förderprogramme des BMEL, BMU und BMBF adressiert. Darüber hinaus fördert die Bundesstiftung Umwelt Forschung zum Holzbau. Zusätzlich finden sich auf Bundeslandebene einzelne Förderprogramme und diverse Landeswettbewerbe. Schließlich sind auf EU-Ebene verschiedene größere transnationale Vorhaben mit dem (urbanen) Holzbau befasst. Wichtig für die Förderung des urbanen Holzbaus sind darüber hinaus drei auf Bundesebene stattfindende Wettbewerbe, die Preise für nachhaltige und innovative Holzbauten vergeben.

Nicht zuletzt daraus folgt, dass Deutschland in der Forschung rund um das Thema Bauen mit Holz eine wichtige Rolle spielt. Deutschland zählt zu den publikationsstärksten Ländern im Bereich Bauholz („timber“). Von insgesamt 18.256 wissenschaftlichen Publikationen der letzten 5 Jahre steht Deutschland mit 1.250 Publikationen hinter den USA (2.892 Veröffentlichungen) und China (1.936) an dritter Stelle. Deutschland kann hier seine Stärken in verschiedenen Fachgebieten ausspielen. Die meisten Publikationen zu Bauholz veröffentlichen deutsche Wissenschaftseinrichtungen in den Agrar- und Biowissenschaften (697), den Umweltwissenschaften (408) sowie in den für den Holzbau besonders relevanten Ingenieur- (382) sowie Materialwissenschaften (155). Die wissenschaftlichen Akteure aus Deutschland gelten sowohl national als auch international als gut vernetzt, etwa durch regionale Netzwerke und Cluster sowie Kooperationen in überregionalen und europäischen Forschungsvorhaben.



Eine wichtige Frage im Zusammenhang mit einer erhöhten Holzbauquote ist die nach ausreichenden Holzressourcen. Tatsächlich verfügt Deutschland im europäischen Vergleich über große eigene Holzreserven und kann zudem auch zukünftig auf Waldressourcen der Anrainerstaaten zurückgreifen. Bei einer Fortschreibung der Waldholznutzung auf dem Niveau von 2016 steht auch in den nächsten 30 Jahren genügend Nadel- und Laubholz zur Verfügung. Polen, Tschechien und Frankreich werden auch weiterhin eine maßgebliche Rolle als Importländer von Nadelholz spielen. Wie sich die Situation langfristig bei einer stark steigenden Holzbauquote bzw. einem generellen Mehrbedarf an Holz sowie klimawandelbedingten Waldschäden entwickelt, kann allerdings noch nicht abschließend beantwortet werden (siehe auch Wissensstand). Waldschäden können regional sehr unterschiedlich ausgeprägt sein und sich nicht nur innerhalb von Deutschland, sondern auch auf die Anrainerstaaten und deren Importpotenziale auswirken. Allerdings kann sich auch Kalamitätsholz für konstruktive Bauzwecke sehr gut eignen, sofern es die DIN-Norm für tragende Teile erfüllt. Kalamitätsholz wird für Bauvorhaben bislang nicht favorisiert. Seine Verwendung könnte aber erprobt und über Ausschreibungsvorgaben der öffentlichen Hand befördert werden.

4.2 Barrieren und Handlungsfelder

Trotz der ausgewiesenen Stärken des urbanen Holzbaus stehen der Ausschöpfung der Potenziale auch einige hemmende Faktoren entgegen. Hindernisse und Handlungserfordernisse finden sich insbesondere in den Bereichen Markt, Wissensstand, Forschung und Entwicklung sowie Politik und Regulierung. Abschließend wird grundsätzlich auf ein nachhaltiges Bauen (mit Holz) eingegangen.

4.2.1 Kompetenzaufbau und Standardisierung

In der Holzbaubranche sind insbesondere Kleinbetriebe mit weniger als 9 Beschäftigten sowie KMU vorzufinden. Gemäß Holzbau Deutschland hatten 2020 nur ca. 30 Betriebe mehr als 50 Beschäftigte. Aufgrund der mittelständigen Prägung des Holzbausektors bestehen Engpässe bei fachlichen, finanziellen und personellen Kapazitäten besonders bei der Realisierung von größeren bzw. mehrgeschossigen Bauvorhaben. Bei perspektivisch höherer Nachfrage mehrgeschossiger Holzbauten bzw. Stadtentwicklungsprojekten in Holzbauweise dürfte die Realisierung deutschen KMU schwerfallen. Nur wenige Unternehmen sind in Deutschland in der Lage, großvolumige Projekte zu stemmen. Die Unternehmenslandschaft in diesem Segment wird daher in den nächsten Jahren voraussichtlich auch weiterhin von wenigen deutschen Spezialisten und größeren Unternehmen aus dem Ausland dominiert. Neben dem Wettbewerb besonders aus Österreich und der Schweiz, werden voraussichtlich auch Massivbauunternehmen ihr Angebotsspektrum um Hybridbauweisen und vorgefertigte Leichtbauelemente erweitern und vermehrt in den Markt eintreten. Ein Ansatz könnte hier sein, dass sich Holzbauunternehmen in Verbänden (wie die Ber-



liner HolzUnion Timber Construction bestehend aus fünf mittelständischen Holzbauunternehmen) zusammenschließen, um finanzielle Risiken in der Gemeinschaft zu tragen.

Mit Blick auf Kompetenzen im Bereich Holzbau bestehen insbesondere in der akademischen Ausbildung Defizite. Der mehrgeschossige Holzbau, insbesondere Bauten mit deutlich mehr als drei Geschossen, stellt hohe technische und planerische Anforderungen an die Umsetzung. Die Kompetenzentwicklung im Holzbausektor wird dadurch erschwert, dass der Holzbau in den Ausbildungsgängen Architektur und Bauingenieurwesen eine weitgehend untergeordnete Rolle spielt. Überdies gibt es in Deutschland nur eine kleine Anzahl Lehrstühle an Universitäten und Hochschulen mit einem Schwerpunkt im Bereich Holzbau. Daneben zeigt sich, dass es auch Arbeitskräften in Behörden mitunter an relevanten Kompetenzen mangelt, Ausschreibungen bedarfsgerecht formulieren und begleiten zu können. Eine Fortbildung scheint aber nur begrenzt möglich, da das Informations- und Weiterbildungsangebot für nicht fachspezifische Entscheidungsträger/innen gering ist. Als Handlungsfeld ergibt sich hieraus, ein breiteres Angebot an Lehrstühlen und fachlichen Schwerpunkten zu schaffen. Bei der akademischen Ausbildung sind insbesondere im Bauingenieurwesen sowie im Fach Architektur Anpassungen relevant. Es könnten gezielt Ausbildungscurriculae entwickelt werden, die Lücken bei den Anforderungsprofilen schließen (z.B. mit Blick auf Fähigkeiten und Kenntnissen bei Werk- und Montageplanung, Brandschutz und Bauphysik, Serienfertigung in der Entwurfsplanung, Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft, Anwendung von BIM oder Nachhaltigkeitsaspekten bei der Planung). Außerdem könnten aus der Industrie heraus Strategien entwickelt werden, wie es gelingen könnte, über Stiftungsprofessuren den Holzbau stärker an Hochschulen zu verankern. Die Finanzierung könnte über eine zu gründende Stiftung oder einen Verband gelingen.

Ein weiteres Hemmnis für die schnelle Entwicklung des Holzbausektors ist der geringe Standardisierungsgrad im Holzbau, der Schwierigkeiten sowohl bei Planer/innen als auch bei den Genehmigungsbehörden erzeugt. Für Unternehmen erhöht sich wegen der Vielfalt zur Verfügung stehenden Bauteiloptionen der Aufwand bei der Planung von Anschlüssen, Verbindungen und Konstruktionsdetails. Oftmals sind bei den individuellen Lösungen auch Verwendbarkeitsnachweise erforderlich. Behörden wiederum können verschiedene zur Wahl stehende Bauoptionen aufgrund ihrer Unterschiedlichkeit kaum vergleichend bewerten. Vor diesem Hintergrund zeigt sich als relevantes Handlungsfeld, die Standardisierung weiter voranzutreiben. Treiber der Standardisierung dürften eher größere Holzbauunternehmen, insbesondere solche mit Fertigungsstraßen sein, die dadurch Kostenvorteile ausnutzen, während der Mittelstand bei den Standardisierungsbemühungen demgegenüber einen eher geringeren Einfluss ausüben dürfte. Perspektivisch wird der verstärkte Einsatz von BIM die Standardisierung weiter befördern, weil dadurch austauschbare Datensätze leichter erzeugt werden können. Ferner stellen Bauteilkataloge wie dataholz.eu und



dataholz.de ein wichtiges Vehikel für die Standardisierung dar. Es zeichnet sich ab, dass die in den Datenbanken aufgeführten Produkte verstärkt genutzt werden, wodurch eine Standardisierung befördert wird. Es bietet sich daher an, die Nutzung von Bauteilkatalogen zu propagieren und zu stärken, weil so Planungsverfahren deutlich effizienter gestaltet werden können. Darüber hinaus könnten „Systembaukästen“ mit standardisierten, miteinander kombinierbaren modularen Komponenten die Realisierung von Holzbauprojekten vereinfachen. Dies sollte idealerweise auch Standards für die Integration technischer Gebäudeausrüstung (Heizung, Wärme, Raumluft, Sanitär, Elektro, Mess-/Steuer-/Regelungstechnik) einbeziehen.

Ein weiterer hemmender Faktor betrifft weniger die Holzbau-, sondern die Baustoffindustrie. Es ist davon auszugehen, dass die Holzbauquote in den nächsten Jahren weiter steigt. Je mehr sich Holzbauweisen durchsetzen, desto stärker werden energieintensive Baustoffe wie Zement, Stein oder Stahl substituiert. Dies könnte langfristig zu Transformationen innerhalb der Baustoffindustrie führen. Eine Verringerung von Marktanteilen der Mauerwerks-, Zement-, Beton- und Kiesindustrie könnten mit entsprechenden Auswirkungen auf Arbeitsplätze verbunden sein. Die Nachfrage nach Arbeitskräften in der Baustoffindustrie für energieintensive Baustoffe dürfte zugunsten des Holzbausektors sinken. Über das Ausmaß lässt sich ohne Berechnungsgrundlage nur spekulieren. Ein einfacher Transfer von Arbeitskräften zwischen den Sektoren Holzbau und Baustoffe dürfte aufgrund der spezifischen Kompetenzbedarfe nur in Teilen möglich sein. Die potenzielle Transformation der Baustoffindustrie sollte deshalb rechtzeitig mit Umschulungsmaßnahmen begleitet werden.

4.2.2 Aktueller Wissensstand

Die Kurzstudie zeigt auf, dass der Wissensbedarf zur Einschätzung der Wirtschaftlichkeit, Holzverfügbarkeit und Nachhaltigkeit im Kontext urbaner Holzbau sehr groß ist und es neben neuen Erkenntnissen auch eines laufend aktualisierten Wissens bedarf, um valide Aussagen treffen zu können.

In Bezug auf Kostenvergleiche zwischen Holzbau und Massivbau könnte sich beispielsweise eine erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zugunsten des Holzbaus auswirken. Grundsätzlich sind Kostenvergleiche zwischen Holz- und Massivbau aufgrund der Individualität von Bauvorhaben nur schwer durchzuführen. Studien zeigen, dass die Erstellungskosten für Mehrfamilienhäuser in Holzbauweise ungefähr 2 bis 6 % höher ausfallen, je nachdem, ob diese mit Bauten aus Beton oder Mauerwerk verglichen werden (der Kostenunterschied zu Betonbauten fällt größer aus). Die anfallenden Kosten könnten sich allerdings relativieren, wenn in einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bauphysikalische, baubetriebliche und ökologische Faktoren einbezogen werden. Hieraus ergeben sich vielfache Einsparungspotenziale, die ein Bauen in Holzbauweise attraktiver machen können (z.B. verbesserte Flächennutzung, günstigere Tragkonstruktionen bei Aufstockungen, flexiblere Nutzungskon-

zepte, verkürzte Bauzeiten, schnellere Mieteinnahmen, effizientere Planung durch den in der Vorfertigung besonders geeigneten Einsatz von BIM, bessere Ökobilanz). Hier besteht demnach noch Bedarf für weiterführende Studien mit verbesserten Methodiken für eine erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Dies schließt auch die nachvollziehbare Aufführung einzelner Kosten-(und Nachhaltigkeits-)faktoren von Gebäuden mit ein, damit bei Vergaben die Wahl des wirtschaftlichsten (und nachhaltigsten) Angebots erleichtert wird.

Aussagen zur Holzverfügbarkeit bzw. den zukünftigen Entwicklungen lassen sich nur auf Basis von Szenarien treffen. Die Holzvorräte in deutschen Wäldern sind in den vergangenen Jahren zwar stetig gestiegen und prinzipiell auch ausreichend (Kap. 4.1), aber noch ist ungewiss, aus welchen Holzarten sich die zukünftigen Wälder zusammensetzen werden. Da bislang die in Gebäuden verwendeten, konstruktiven Holzprodukte aufgrund der Holzeigenschaften überwiegend aus Nadelholz gefertigt werden, geht mit dem Waldumbau eine Veränderung der Rohstoffbasis einher. Die Gesamtholznachfrage wird ferner auch maßgeblich durch Nachfrageentwicklungen im Verpackungs-, Papier-, Möbel- und Energiesektor beeinflusst. Mittels Studien wird versucht, anhand von Szenarien die Holzverfügbarkeiten zu prognostizieren. Je nachdem, welche Annahmen in den Berechnungen gewählt werden (z.B. in Bezug auf Verschiebung des Nadelholzanteils zugunsten des Laubholzanteils beim Waldumbau, Höhe der Holzbauquote, Entwicklung der Holzbedarfe in anderen Branchen), ergeben sich unterschiedliche Ergebnisse zum Bedarf von Nadelholzimporten. Ein Handlungsfeld bleibt es daher, die zukünftigen Holzvorräte und -bedarfe laufend mithilfe von Szenarien abzuschätzen, um darauf basierend politische Entscheidungen zu treffen.

Schließlich gibt es noch Forschungsbedarf, wie sich Einspareffekte von Treibhausgasemissionen verschiedener Bauweisen einerseits sowie beim Unterhalt von Gebäuden (auch unter Berücksichtigung eines zunehmenden Kühlungsbedarfs durch insgesamt steigende Temperaturen) andererseits entwickeln. In zahlreichen Studien werden die Ökobilanzen von Gebäuden in Holzbauweise denen in konventioneller (mineralischer) Bauweise gegenübergestellt. In einer Studie des Umweltbundesamtes (2020) wurden die Ergebnisse von 24 Studien verglichen. Der Literaturreview aller Studien ergab bis auf wenige Ausnahmen, dass die Holzbauweise geringere Umweltwirkungen als die Massivbauweise hat. Letztlich lassen sich Studien zu ökologischen Effekten von Massiv- und Holzhäusern nur schwer untereinander vergleichen, da die Berechnungen der Ökobilanzen komplex und die Ergebnisse von den gewählten Parametern und Datengrundlagen abhängen. Abhilfe könnten Metaanalysen durchgeführter Studien bieten, vergleichbar mit der vom UBA in Auftrag gegebenen Studie mit einem Literaturreview zum Ökobilanzvergleich verschiedener Bauweisen. Ferner wird zu berücksichtigen sein, dass sowohl bei Massiv- als auch bei Holzbauweisen neue Konzepte (z.B. hinsichtlich des Designs, der Begrünung, des Recyclings) entwickelt werden, die sich auf die Ökobilanz auswirken und eine stets aktuelle Neuberechnung zur Einsparung von Treibhausgasen erfordern.



4.2.3 Technologieentwicklung und -implementierung

Weitere Handlungsfelder ergeben sich im Bereich Forschung und Entwicklung und hier in Bezug auf eine stärkere Nutzung von Laubholz im Bau, den Einsatz von BIM und vor allem eine Kaskadennutzung des verbauten Holzes. Auch zeigt sich, dass es zwar ein vielfältiges Forschungsförderangebot gibt, es hier aber auch einer besseren Koordination und Abstimmung bedarf.

Eine perspektivisch angepasste Waldbewirtschaftung in Richtung Laubholz erfordert neue Technologien zur Holzverarbeitung und die Entwicklung neuer Laubholzwerkstoffe. Zurzeit finden zwar immer mehr Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dazu statt, wie Laubholz und insbesondere Buche für den Bau eingesetzt werden kann. Gegenwärtig besetzen die neuen Produkte jedoch nur Nischen und sind noch nicht wirtschaftlich. Daher sollten die Anstrengungen, neue Laubholzprodukte zu wettbewerbsfähigen Preisen zu entwickeln, verstärkt werden. Da noch ausreichend Nadelholz verfügbar ist, haben Unternehmen noch keinen Handlungsdruck. Demzufolge sind Unternehmen noch nicht ausreichend auf die besonderen Anforderungen zur Verarbeitung von Laubholz vorbereitet. (Werkzeuge müssten ergänzt oder gewechselt werden.) Hier bedarf es noch Innovationen auch in Bezug auf Prozessabläufe innerhalb der Betriebe.

Aufgrund der hohen Planungsanforderungen an den Holzbau und der Möglichkeit zur Serienfertigung können mithilfe des Einsatzes von BIM oder Robotik Effizienzvorteile gewonnen werden. Planungszeiten können verkürzt und Bauteile schneller und effektiver produziert werden. Für die Umsetzung und Nutzung von BIM wurden in den vergangenen Jahren bereits zahlreiche Aktivitäten unternommen. Beispielsweise wurden im vom BMVI beauftragten Projekte „BIM4INFRA2020“ Leitfäden, Muster und Handreichungen erstellt, die eine Einführung der digitalen Methode des BIM zur Umsetzung öffentlicher Infrastrukturprojekte unterstützen. Bund und Länder sollten auch hier weiterhin ihre Vorbildfunktion ausüben, damit immer mehr Unternehmen BIM einsetzen. Nachholbedarf gibt es generell noch bei der gezielten BIM-Unterstützung von KMU. Hier besteht immer noch Unterstützungsbedarf, bei der Implementierung der Software und beim Aufbau von Kompetenzen.

Eine wichtige Voraussetzung für den nachhaltigen Einsatz von Holz im Bau ist dessen Mehrfachnutzung. Dies wird umso voraussetzungsvoller, je mehr Holz im Verbund, z.B. bei Holzhybridbauweise, verbaut wird. Ein späteres Recycling wird bislang bei der Planung noch nicht ausreichend mitbedacht. Gegenwärtig wird auch nur ein kleiner Teil des im Zusammenhang mit Bau- und Abbruchabfällen anfallenden Altholzes stofflich verwertet, lediglich 1,1 Mio. t (9,2 %) hauptsächlich als Spanplatten. Eine grundlegende Herausforderung besteht darin, dass bei der Sammlung von Altholz im Bau- und Abbruchbereich unterschiedliche Güteklassen von Holz zusammen entsorgt werden, sodass naturbelassenes Holz mit verunrei-



nigtem und mit Schadstoffen belastetem Holz vermischt wird. Die mehrmalige stoffliche Nutzung von Holzbaustoffen vor einer finalen energetischen Verwertung (Kaskadennutzung) stellt ein wichtiges Handlungsfeld für nachhaltiges, ressourceneffizientes Bauen dar. Für eine größere Holzverfügbarkeit bzw. Minderung der Abhängigkeit von Importen ist es daher wichtig, die Kaskadennutzung von Holz zu verbessern. Eine wichtige Voraussetzung für die Kaskadennutzung ist die Vermeidung von Schadstoffen bei der Behandlung der zu verbauenden Holzprodukte und Konzepte zum Rückbau. Aufgrund der Konstruktionsweise in Schichten müssten bereits bei der Design- und Bauphase Rückgewinnungsmöglichkeiten des Holzes und Verwertungsszenarien berücksichtigt werden. Detaillierte Informationen und Daten der verbauten Rohstoffe könnten in einem Gebäudepass oder vergleichbaren Protokollen dokumentiert werden, um das Recycling und die Kaskadennutzung von Holz zu erleichtern. Ferner könnten regulatorische Vorgaben in Bezug auf Recyclingpflichten der verbauten Holzprodukte die effiziente und nachhaltige Nutzung von Holz entlang der gesamten Wertschöpfungskette verbessern. Da es überdies noch an Szenarien für eine weitere Verwendung von Holzprodukten zum Lebensende eines Gebäudes (End-of-Life-Szenarien) fehlt, könnte deren Ausarbeitung einen Markt für Holzrecycling befördern. Insgesamt besteht noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um z.B. Lösungen zu finden, wie Bauteile und Komponenten einfach voneinander gelöst werden können. Dies umfasst auch technologische Ansätze zum Upcycling von Altholz, z.B. zur Sortierung und Erkennung von Verunreinigungen sowie deren Säuberung. In diesem Zusammenhang könnte auch eine Verbesserung der Standardisierung von Bauteilen wertvolle Beiträge leisten, wodurch sich auch der Rückbau erleichtern könnte. Nützlich könnten auch digitale Zwillinge von Gebäuden sein, um z.B. Alterungsprozesse oder Vorgehensweisen für den Rückbau zu simulieren.

Schließlich ist als Handlungsfeld im Bereich Forschung und Entwicklung die Forschungskoordination zu nennen. Aufgrund der Vielfalt an unterschiedlichen Programmen und Fördermittelgebern ergibt sich ein Koordinierungsbedarf zur besseren Abstimmung von Forschung und Entwicklung. Verbesserungspotenziale bestehen insbesondere bei der Vermeidung von Redundanzen, bei der Definition von Forschungsprogrammen, der Einbindung von Praxispartnern sowie dem Transfer der wissenschaftlichen Ergebnisse in die jeweiligen Anwendungsbereiche. Die 2019 gegründete „Koordinierungsstelle für Forschung und Entwicklung im Holzbau“, angesiedelt beim Holzbau Deutschland-Institut, stellt eine wichtige Voraussetzung für eine verbesserte Forschungskoordination dar. Auch die Expertengespräche im Kontext „Charta für Holz 2.0“ des BMEL bieten eine wichtige Plattform für eine verbesserte Abstimmung von Forschungsfragestellungen zwischen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft sowie die Konzeption von passenden Fördermöglichkeiten. Die Verstetigung dieser Aktivitäten kann die Abstimmung von Forschungsbedarfen und themenspezifischen Förderungen verbessern. Darüber hinaus würde eine Harmonisierung der Vielzahl von umweltrelevanten Strategien der relevanten Ministerien



(BMEL, BMI, BMBF, BMU ggf. BMF/BMJV) zur Bauförderung mit einer gemeinsamen Zielrichtung auf nachhaltiges Bauen den (urbanen) Holzbau befördern.

4.2.4 Novellierung, Regulierung und politischer Diskurs

In den politischen und rechtlichen Handlungsbereich fallen Reformen der MHolzBauRL, eine Modernisierung bzw. Flexibilisierung von Vergabeprozessen, ein Diskurs zu möglichen Exportbeschränkungen und eine Neubewertung der Emissionsgrenzwerte von verbaute Holz.

Mit der Novellierung der MHolzBauRL sind Bauten auch in der Gebäudeklasse 5 mit einer Höhe von bis zu 22 m zulässig, allerdings nur unter den Voraussetzungen, dass sie in Massivholzbauweise ausgeführt sind und die im Gebäude befindlichen Nutzungseinheiten eine Größe von max. 200 m² nicht übersteigen (DIBt 2021, S.15 f.). Allerdings müssen auch nach der Novellierung häufig noch Abweichungen, also Vorhaben, die vom Baurecht nicht gedeckt sind, bei Bauämtern beantragt werden, was eine effektive und effiziente Umsetzung des Holzbaus erschwert. Trotz der Novellierung sind aus Expertensicht die Maßgaben der Gebäudeklasse GK 5 (in Teilen auch noch für die GK 4) für den Holzbau noch sehr restriktiv. Als Handlungsfeld ergibt sich, dass die Bundesländer die neuen Vorgaben zeitnah auf Länderebene aktualisieren, um eine Harmonisierung zu erreichen. Da die Entwicklungen im mehrgeschossigen Holzbau stetig voranschreiten, sollten die MBO und MHolzBauRL laufend an den Stand der Technik angepasst werden. Das betrifft insbesondere die für den mehrgeschossigen Bau relevante Gebäudeklasse GK 4 und GK 5. Den Bauprüfbehörden könnte die Beurteilung der Einhaltung von Brandschutzanforderungen mehrgeschossiger Holzbauten erleichtert werden, indem die Anforderungen an bauordnungsrechtlichen Schutzzielen orientiert würden und weniger an der Frage der Brennbarkeit einer Bauteilkonstruktion bzw. der dort eingesetzten Baustoffe. Die technische Entwicklung der Holzbaukonstruktionen und -materialien ist zwischenzeitlich weit vorangeschritten. Es stehen Eignungsnachweise zur Verfügung, die die Einhaltung der jeweiligen Schutzziele der Bauordnungen belegen. Dies gilt auch für brennbare Dämmungen. Deshalb müssen künftige Regelungen nicht mehr allein auf die Materialeigenschaft „brennbar“ bzw. „nicht brennbar“ abzielen, sondern vielmehr auf die Eignungsnachweise für die entsprechenden Schutzziele. Dazu wäre der optimale Schutz von Hausbewohner/innen, Feuerwehr und Sachgüter zu gewährleisten und zu prüfen, ob die Holzbauweise diese Ziele erfüllt.

Ein mögliches Potenzial für die Einsparung von Zeit und Kosten und Handlungsfeld ergibt sich in der Planungs- und Vergabephase. Die klassischen Vergabeverfahren mit einer klaren Trennung von Planung und Ausführung, die sich an traditionellen Bauweisen mit einer Vor-Ort-Produktion orientiert, stößt beim Holzbau an ihre Grenzen. Fehlt der Einbezug spezifischer Holzbaukompetenz in frühen Planungsphasen, müssen im weiteren Verlauf des Bauvorhabens zumeist Umplanungen durch das aus-

führende Holzbauunternehmen erfolgen. Dies resultiert in Zeitverlusten und höheren Kosten. Bei öffentlichen Vergaben ist der frühzeitige Rückgriff auf Fachexpertise im Bereich Holzbau jedoch eingeschränkt. So ist es aufgrund der Einhaltung eines fairen Wettbewerbs nicht möglich, beispielsweise potenziell ausführende Holzbauunternehmen mit ihrer spezifischen Holzbaupertise im Planungsprozess einzubinden. Damit Fachexpertise in frühen Phasen der Vergabe verfügbar ist, könnten unabhängige Holzbauingenieur- oder Architekturbüros mit Know-how im Holzbau eingebunden werden. Diese könnten sich mit ihrer Expertise an der Erstellung der Leistungsbeschreibung und bei der Bewertung der Teilnehmenden in den Phasen der Bieterwettbewerbe beteiligen. Eine wichtige Voraussetzung ist hierbei auch das Vorhandensein von holzbauspezifischem Fachwissen aufseiten der Behörden, das ggf. über Fortbildungen erzielt werden kann. Damit es nicht zu Verzögerungen bei der Planung und Umsetzung kommt, wäre es förderlich, einige der in der HOAI definierten Leistungen vorzuziehen bzw. nicht chronologisch nacheinander, sondern parallel zu bearbeiten. Grundsätzlich lässt die HOAI Verschiebungen von Leistungen zu. Private Auftragnehmer können eine individuelle Gestaltung und Zuordnung von Leistungen im Planungsablauf werkvertraglich festlegen. Solche alternativen Planungs- und Vergabeverfahren sind für öffentliche Auftraggeber jedoch kaum umzusetzen. Hier bedürfte es eine Anpassung der HOAI, die Rücksicht auf die Bauweise und Bauplanungsprozesse mittels BIM nimmt. (Die letzte Novellierung der HOAI ist 2021 in Kraft getreten.). Es existieren bereits verschiedene Ansätze für alternative Vergabe- und Kooperationsmodelle, die von der üblichen Vorgehensweise abweichen (z.B. funktionale Ausschreibung, Bauteammodelle, wettbewerblicher Dialog). Diese stärker integrativen Planungsansätze, die auf dem Prinzip der Einbeziehung aller erforderlichen Fach- und Ausführendisziplinen zu einem sehr frühen Planungszeitpunkt basieren, ermöglichen Zeit- und Kostenvorteile. Solche kooperativen Vergabe- bzw. Kooperationsmodelle müssen jedoch noch weiter in der Praxis erprobt und entwickelt werden, für ihren Einsatz sind mitunter auch Anpassungen im Vergaberecht erforderlich.

Als einen weiteren, hemmenden Faktor hat sich die Volatilität der Bauholzpreise erwiesen. Diese wurde durch eine verstärkte Nachfrage nach Bauholz einerseits sowie ein verknapptes Angebot durch Rückgänge in Produktionskapazitäten bei Sägewerken bewirkt. Die Nachfrage nach Holz aus dem Ausland insbesondere China und Nordamerika hat Exporte stark ansteigen lassen. Perspektivisch könnte die Nachfrage durch einen andauernden Bauboom oder Auswirkungen des Klimawandels auf den Waldzustand/Borkenkäferbefall zu einer Holzverknappung auf den heimischen Märkten führen. Dies würde die Wachstumsaussichten der Holzbaubranche trüben, insbesondere KMU könnten Preissprünge aufgrund sinkender Gewinnmargen schlecht kompensieren. Mittelfristig würden Baupreise weiter steigen. Im Verlauf 2021 wurde deshalb bereits auf Bundesebene über einen Exportstopp diskutiert, dieser jedoch vorerst abgelehnt. Hier gilt es, konjunkturelle Entwicklungen weiter im Blick zu behalten. Darüber hinaus sollten weitere Maßnahmen für die Verfügbarkeit



und Nutzbarkeit der Ressource Holz entwickelt und umgesetzt werden (z.B. durch verbesserte Altholznutzung, Nutzung von Kalamitätsholz, Rückbau und Recycling von verbautem Holz in Gebäuden). Ferner sollten für eine ausgeglichene CO₂-Bilanz darauf geachtet werden, dass exportiertes Holz aus Deutschland nicht gleichzeitig durch Holzimporte aus anderen Ländern ersetzt wird.

Ein dritter Aspekt, der unter die politische Einflussosphäre der Regulierung fällt, ist die Bewertung des vom UBA festgelegten Grenzwerts für VOC in der Innenraumluft. Aufgrund der natürlichen Emissionen von Holz wird dieser mitunter überschritten und stellt damit ein theoretisches Gesundheitsrisiko dar. Studienergebnisse zeigen allerdings, dass von Holz, außer für Menschen, die besonders sensibel auf Allergene und Chemikalien reagieren, prinzipiell keine gesundheitlichen Risiken ausgehen. Auftraggeber des öffentlichen Sektors könnten aus Gesundheitsschutzgründen jedoch den Einsatz von Holz vermeiden. Als Handlungsfeld ergibt sich daraus, die natürlichen Emissionen holzbasierter Bauprodukte auf Basis von Forschungsarbeiten toxikologisch neu zu bewerten und ggf. die VOC-Grenzwerte anzupassen. Besondere Rücksicht sollte genommen werden, wenn für sensible Personengruppen wie Kinder oder zu pflegende Menschen gebaut wird. Hier bieten sich genaue Zielwerte und Vorgaben für die Produktauswahl an.

4.2.5 Nachhaltiges Bauen (mit Holz)

Die öffentliche Hand nutzt bereits eine Vielzahl an Instrumenten, über die direkt oder indirekt klimaverträgliche und ressourceneffiziente Bauweisen befördert werden (z.B. über gezielte Forschungsprogramme, eine Stadtentwicklung nach ökobilanziellen Kriterien oder die Setzung fiskalischer Anreize). Staat und Kommunen können ihre Vorbildfunktion für nachhaltiges und ressourceneffizientes Bauen ausüben und damit Impulse für den Einsatz von Holzbauweisen auch im privaten Sektor setzen. Die Politik schafft indirekt Anreize für den Holzbau, wenn ökologische Nachhaltigkeitsziele (Energieeffizienz, CO₂-Einsparung und Müllvermeidung) in Ausschreibungen berücksichtigt werden. Dabei können Ausschreibungen grundsätzlich materialneutral, ohne Vorgaben zum Baumaterial gestaltet werden. In diesem Fall kann Holz im Wettbewerb zu anderen Baumaterialien entlang von ressourceneffizienten, klimarelevanten und wirtschaftlichen Vergabekriterien geprüft werden, sodass der wirtschaftlichsten und ökologischsten Bauweise der Vorzug gegeben wird. Auf diese Weise würde eine mögliche einseitige Bevorzugung bestimmter Materialien (Holz vs. Beton/Stein) oder Hersteller vermieden. Dabei böte es sich ferner an, auch umweltrelevante Kriterien und Schonung der eingesetzten Ressourcen für die Vergabe vorzugeben. Ein Beispiel für ein Nachhaltigkeitskriterium ist die stärkere Gewichtung von CO₂-Emissionen. Eine Orientierung bietet der Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ und das damit verbundene Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB), das für den Neubau von Büro- und Verwaltungsbauten des Bundes anzuwenden ist. Dabei wäre es vorteilhaft, die Emissionsentstehung entlang des gesamten



Lebenszyklus zu betrachten. Schwachpunkte an einer Stelle der Bilanz könnten so durch eine bessere Ökobilanz an anderer Stelle ausgeglichen werden. Darüber hinaus könnte die mögliche Steuerungsfunktion über eine Bewertung öffentlicher Gebäude nach Nachhaltigkeitszertifikaten noch konsequenter verfolgt werden. Ein relevantes Handlungsfeld in diesem Kontext ist auch, Anstrengungen in der Holzbauwirtschaft anzuregen, ressourceneffiziente Holzbaukonstruktionen zu entwickeln, die den Verbrauch von Bauholz reduzieren und ein Recycling ermöglichen.

Die Menge an zu verbauendem Holz muss unter der Prämisse einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung erfolgen. Die potenzielle Einsparung von Treibhausgasemissionen ist also gegenüber einer ressourcenschonenden Waldnutzung abzuwägen. Demzufolge könnte es bei sich verschärfenden Waldschäden durch den Klimawandel zu einem Zielkonflikt zwischen dem Holzverbrauch einerseits und dem Erhalt der Waldfunktion andererseits kommen. Durch die zum Teil massiven Schäden sind in einigen Regionen bereits wichtige Waldfunktionen wie der Erhalt der Biodiversität und der Wasser- und Bodenschutz gefährdet. Insbesondere die Klimaschutzwirkung und Kohlenstoffspeicherung des Waldes sind bedroht. Es ist noch ungewiss, wie groß die Schäden durch den Klimawandel in den nächsten Jahren tatsächlich ausfallen und sich auf die Holzverfügbarkeit auswirken werden. Bei einer Beschleunigung des Klimawandels könnte sich der geschätzte Zeitraum, in dem ausreichend nationale Nadelholzvorräte zur Verfügung stehen, verkürzen. Da auch die Nachbarländer von Waldschäden betroffen sein werden, könnte dies ein Ausweichen auf Importe erschweren. Hierdurch würde der Zielkonflikt zwischen Holzbedarf und Erhalt der Waldfunktion verschärft. Als Handlungsoptionen greifen bereits benannte Aspekte, wie den Wissensstand aktuell zu halten, sich auf verändernde Holzarten und neuartige Holzprodukte einzustellen und Vorgehensweisen für den ressourcenschonenden Einsatz von Bauholz und dessen Wiederverwertung zu implementieren.

Zusätzlich zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung ist besonders bei Importen auf Holz aus zertifizierten Quellen zu achten. Bei der Beschaffung auf der Kommunal- bis zur Bundesebene werden ausschließlich legal und nachhaltig produzierte Holzprodukte eingekauft. Mit den FSC- oder PEFC-Zertifikaten soll nachgewiesen werden, dass das eingesetzte Holz bzw. die Holzprodukte aus nachhaltigen Quellen stammen. Zwar gilt die PEFC- oder FSC-Zertifizierung auch international, doch Fälschungen können nicht unbedingt ausgeschlossen werden. Zudem kritisieren Umweltverbände, dass diese Systeme zu niedrig gesteckte Ziele verfolgen. Mittels der Zertifizierungssysteme kann in der Regel nachvollzogen werden, ob das eingekaufte Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt. Inwieweit dies bei einer erhöhten Nachfrage nach Holz auch vor dem Hintergrund der potenziellen Auswirkungen durch einen Klimawandel ebenfalls noch gelingt, bleibt offen. Als Handlungsfeld ergibt sich – insbesondere bei einer global stark wachsenden Holzbauquote – ein internationaler Überwachungs- und Regulierungsbedarf z.B. hinsichtlich Menge und



Ort des Holzeinschlags. Der Normungsausschuss Holzwirtschaft und Möbel könnte dazu mit der Vereinbarung von Standards einen Beitrag leisten.

Besonders relevant ist mit Blick auf einen nachhaltigen Bau die Frage danach, wie groß das Einsparpotenzial durch eine Holzbauweise ist. Auch hier lässt sich nur eine näherungsweise Antwort geben. In einem Wachstumsszenario mit deutlicher Steigerung der Holzbauquote in Deutschland (auf 55 % bei Ein- und Zweifamilienhäusern und auf 15 % bei Mehrfamilienhäusern im Szenarienzeitraum 2016 bis 2030) liegt das Einsparpotenzial in den ersten 5 Jahre des Projektionszeitraums bei durchschnittlich 1,8 Mt CO₂-Äq. pro Jahr. Der Anteil der zu erwartenden THG-Emissionen im Wohnungsbau würde laut Umweltbundesamt rund 15 % im Projektionszeitraum (15 Jahre) reduziert werden.

Für den Bausektor ist der Holzbau ein relevanter Baustein zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands. Flankiert werden sollte eine Förderung der Holzbauweise allerdings durch eine Vielfalt an Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit im Bau. Demzufolge sollte auch auf verschiedene umweltfreundliche Entwicklungen und Konzepte im Bau gesetzt werden (z.B. mit Blick auf Baustoffe, Kaskadennutzung, Energieeinsparung, Recyclingfähigkeit) und eine umweltfreundliche Stadtentwicklung (z.B. hinsichtlich sparsamer Flächennutzung, Frischluftkorridore und Begrünungskonzepte, flexible Wohnraumnutzung) vorangetrieben werden.

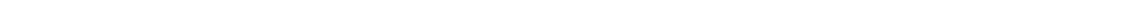




5 Interviewpartner/innen

Name	Organisation
Prof. Ludger Dederich	Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Sabine Djahanschah	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Roland Glauner	Holzbau Deutschland im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V.
René Görnhardt	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Nicolas Kerz	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR)
Mathias Oliva y Hausmann	Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI)
Dr. Denny Ohnesorge	Hauptverband der Deutschen Holzindustrie (HDH)
Dr. Dennis Röver	proHolzBW GmbH
Christoph Schild	BDB Bund Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure e.V.
Arnim Seidel	Informationsverein Holz e.V.
Ulrike Trampe	DW Wohnungswirtschaft, Haufe-Lexware GmbH & Co.KG
Dr. Jan Wenker	Brüninghoff GmbH & Co.KG

Insgesamt waren 18 Expert/innen über Interviews oder einem Workshop an der Kurzstudie beteiligt. Beteiligte Institutionen waren Verbände im Bereich Massiv- und Holzbau, Universitäten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen sowie Ministerien. Nicht alle beteiligten Personen haben ihre Zustimmung zur Nennung in der Studie erteilt. Die Tabelle zeigt daher nur den Personenkreis mit gegebener Zustimmung.





6 Literatur

- ▶ Adam, B. (2017): Wachstumsdruck in deutschen Großstädten. 10/2017. BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung), BBSR-Analysen Kompakt, Bonn
- ▶ Afcobois (2019): Enquête nationale de la construction bois. Conférence de presse. Paris
- ▶ Apt, W.; Peters, R.; Glock, G.; Goluchowicz, K.; Krabel, S.; Strach, H.; Priesack, K.; Bovenschulte, M. (2019): QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation. Branchenbericht: Baugewerbe. BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales), Forschungsbericht Nr. 522/6, Berlin
- ▶ ARCHIPENDIUM (2013): De Karel Doorman. <https://archipendium.com/architektur/de-karel-doorman/> (27.1.2021)
- ▶ Arge (Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.) (2015): Massiv- und Holzbau bei Wohngebäuden. Vergleich von massiven Bauweisen mit Holzfer-tigbauten aus kostenseitiger, bautechnischer und nachhaltiger Sicht. Kiel
- ▶ Baufeld Delta GmbH (2017): HoHo Wien. 19.4.2017, <http://www.hoho-wien.at/> (27.1.2021)
- ▶ BaustoffWissen (2017): Einheimische Holzarten (Teil 2): Laubbäume. 25.7.2017, <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/grundstoffes-des-bauens/laubbaeume-baustoffe-anwendungen-buche-eiche-einheimische-holzarten-moebelindustrie-bundeswaldinventur-hartholz/> (12.1.2021)
- ▶ Bbs (Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.) (2018): Mineralisch Bauabfälle Monitoring 2016. Berlin
- ▶ Bbs (Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.) (2020): bbs-Zahlen-spiegel 2020. Daten und Fakten zur Baustoff-, Steine-und-Erden-Industrie. Berlin
- ▶ Becker, H.; Bose, M.; van den Brink, H.; Dingeldey, I.; Franz, P.; Glock, B.; God-dar, J.; Häußermann, C.; Kaiser, A.; Kemper, J.; Kirbach, R. et al. (2019): Dossier Stadt und Gesellschaft. bpb (Bundeszentrale für politische Bildung), Bonn
- ▶ Beyond Zero Emissions Inc. (2017): Zero Carbon Industry Plan. Rethinking Ce-ment. Zero Carbon Australia, Melbourne, Fitzroy
- ▶ Blum, A.; Schiller, G. (2014): Entwicklungspotenziale in Städten und Gemeinden. BundesBauBlatt, https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb_Entwicklungspotenziale_in_Staedten_und_Gemeinden_2264969.html (30.7.2020)
- ▶ BM online (2000): Marktumfrage: Holz ist sympathisch! 1.6.2000, <https://www.bm-online.de/allgemein/holz-ist-sympathisch/> (13.10.2021)
- ▶ BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung); BMEL (Bundesminis-terium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014): Bioökonomie in Deutsch-land. Chancen für eine biobasierte nachhaltige Zukunft. Berlin
- ▶ BMEL (2018a): Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen. Charta für Holz 2.0. Bonn



- ▶ BMEL (2018b): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Berlin
- ▶ BMEL (2021): Waldbericht der Bundesregierung 2021. Bonn
- ▶ BMI (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat) (2020): Das neue Gebäudeenergiegesetz. <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/bauen-wohnen/bauen/energieeffizientes-bauen-sanieren/energieausweise/gebäudeenergiegesetz-node.html> (5.1.2021)
- ▶ BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin
- ▶ BMU (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050
- ▶ BMU (2020): Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. 14.12.2020, <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/konsum-und-produkte/umweltfreundliche-beschaffung> (1.8.2022)
- ▶ BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2014): Sanierungsbedarf im Gebäudebestand. Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie Gebäude. Berlin
- ▶ Bodemer, E.; Kleinhenz, M.; Winter, S. (2017): HOMERA Gesundheitliche Interaktion von Holz – Mensch – Raum. Abschlussbericht. München
- ▶ BPA (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung) (2019): Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975202/1673502/768b67ba939c098c994b71c0b7d6e636/2019-09-20-klimaschutzprogramm-data.pdf?download=1> (25.1.2019)
- ▶ BundesBauBlatt (2018): Urbaner Holzbau als Perspektive – Blick auf Norddeutschland. ZEBAU-Fachforum am 20. September. 11.9.2018, https://www.bundesbaublatt.de/news/urbaner-holzbau-als-perspektive-blick-auf-norddeutschland_3232570.html (13.10.2021)
- ▶ Bundesregierung (2019): Aktive Waldbewirtschaftung als Beitrag zum Klimaschutz. Antwort auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Karlheinz Busen, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP, Drucksache 19/12763, Berlin
- ▶ Bundesregierung (2020a): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Dialogfassung. Berlin
- ▶ Bundesregierung (2020b): Was die Bundesregierung für den Wohnungsmarkt tut. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/bauen-und-wohnen-1654766> (7.1.2021)
- ▶ Burkard Meyer Architekten Baden (o.J.): Suurstoffi 22 Risch Rotkreuz. <https://burkardmeyer.ch/projekte/suurstoffi-22-risch-rotkreuz/> (27.1.2021)
- ▶ Churkina, G.; Organschi, A.; Reyser, C.; Ruff, A.; Vinke, K.; Liu, Z.; Reck, B.; Graedel, T.; Schellnhuber, H. (2020): Buildings as a global carbon sink. In: Nat Sustain 3(4), S.269–276
- ▶ Darstein-Ebner, I. (2017): Modulbauweise im Wohnungsbau. Individuell geplant und seriell gefertigt. In: Die Wohnungswirtschaft (DW) 70(12), S.24–27



- ▶ David (2020): Universität Freiburg: 3D-Druck-Materialien auf Holzbasis. 3Druck.com, 31.8.2020, <https://3druck.com/3d-druckmaterialien/universitaet-freiburg-3d-druck-holzbasis-1896027/> (12.1.2021)
- ▶ DBZ (Deutsche Bau Zeitschrift) (2018): Holz in der Denkmalpflege. Die denkmal 2012 vom 22. bis 24. November 2012 in Leipzig. 22.1.2018, https://www.dbz.de/news/dbz_1535141.html (8.1.2021)
- ▶ Dederich, L. (2013a): Restriktionen beim Bauen mit Holz und Ansatzpunkte zur Überwindung. 19. Internationales Holzbau-Forum 2013, Garmisch-Partenkirchen
- ▶ Dederich, L. (2013b): Urbaner Holzbau. Holzbau im hochverdichteten Stadtraum, Hamburg
- ▶ Der Regierende Bürgermeister von Berlin (2019): Für den Klimaschutz: Berlin baut mit Holz. Senatskanzlei, Pressemitteilung vom 24.9.2019, Berlin
- ▶ Destatis (Statistisches Bundesamt) (2019): Bautätigkeit und Wohnungen. Fachserie 5, Reihe 1. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautaetigkeit/bautaetigkeit-2050100197004.pdf?__blob=publicationFile (17.11.2021)
- ▶ Destatis (2020): Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff – Lange Reihen ab 2000. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautaetigkeit/baufertigstellungen-baustoff-pdf-5311202.pdf?__blob=publicationFile (1.8.2022)
- ▶ Destatis (2021a): Starke Preisanstiege bei Baustoffen im Jahr 2021. 5.7.2021, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_N044_61.html (17.11.2021)
- ▶ Destatis (2021b): Bauen und Wohnen. Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff. Lange Reihen z.T. ab 1980, https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautaetigkeit/baugenehmigungen-baustoff-pdf-5311107.pdf?__blob=publicationFile (1.8.2022)
- ▶ Deutsche Säge- und Holzindustrie Bundesverband e.V. (2016): Die steigende Rolle des Laubholzes im konstruktiven Holzbau – Pollmeier GmbH. 17.10.2016, <https://holzbau-aktiv.de/die-steigende-rolle-des-laubholzes-im-konstruktiven-holzbau> (17.11.2021)
- ▶ DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) (2021): Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL). Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Fassung Oktober 2020. Nr. 4, https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Amtliche_Mitteilungen/2021_04_MHolzBauRL.pdf (17.11.2021)
- ▶ Döring, P.; Glasenapp, S.; Mantau, U. (2017): Regionale Derbholzverwendung und Vergleich zum WEHAM-Derbholzpotenzial. Abschlussbericht zum Teil-



vorhaben des Verbundforschungsprojekts WEHAM-Szenarien (AP 3.2). Hamburg/Eberswalde

- ▶ Dürr, A. (2019): Holz-Hochhäuser für die Messestadt. Süddeutsche Zeitung, 16.8.2019, www.sz.de/1.4564455 (17.11.2021)
- ▶ EK (Europäische Kommission) (2003): Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen. 2003/361/EG. ABl. L 124, Brüssel
- ▶ EK (2020): Agriculture, forestry and fishery statistics. 2020 edition. Luxemburg
- ▶ EK (2021): Promotion of Timber Construction in the EU. Question to the parliament. E-001778/2021. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2021-001778-ASW_EN.pdf (13.10.2021)
- ▶ EUWID (Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH) (2018): Europa: Mittlerweile über 100 Mio fm Schadholz angefallen. 12.11.2018, <https://www.euwid-holz.de/news/rundholzschnittholz/einzelansicht/Artikel/europa-mittlerweile-ueber-100-mio-fm-schadholz-angefallen.html> (13.10.2021)
- ▶ Filippi, M. (2013): Innenentwicklung von Städten als Marktperspektive für die Holzverwendung. Holzverwendung im Bauwesen – Marktstudie zur der „Charta für Holz“, Thünen-Report 9, Braunschweig, S.264–288
- ▶ Finanzen.net (2021a): Nach Rekordhoch im Mai: Wieso der Holzpreis mit dem Abflauen des Pandemie-Booms wieder fällt. 28.6.2021, <https://www.finanzen.net/nachricht/rohstoffe/bauboom-nach-rekordhoch-im-mai-wieso-der-holzpreis-mit-dem-abflauen-des-pandemie-booms-wieder-faellt-10267529> (17.11.2021)
- ▶ Finanzen.net (2021b) Teures Bauholz - Bundesregierung hält Maßnahmen für ausreichend. 26.9.21, <https://www.finanzen.net/nachricht/rohstoffe/teures-bauholz-bundesregierung-haelt-massnahmen-fuer-ausreichend-10566354> (17.11.2021)
- ▶ FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2018): Basisdaten Biobasierte Produkte 2018. Anbau – Rohstoffe – Produkte. Gülzow-Prüzen
- ▶ FNR (2020): Förderaufruf im Rahmen des „Förderprogramms Nachwachsende Rohstoffe“. Anwendungsorientierte Forschungen zum mehrgeschossigen Holzbau. https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2020/FA_Mehrgeschossiger_Holzbau/FA-FNR045-Mehrgeschossiger-Holzbau.pdf (16.2.2021)
- ▶ Fraunhofer WKI (Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut) (2015a): Holzschaum – Natürlich leicht, Braunschweig
- ▶ Fraunhofer WKI (2015b): Formaldehydfreie Aminoharze auf Basis von Glykolaldehyd für Holzwerkstoffe und Dekorpapiere. 1.9.2015, <https://www.wki.fraunhofer.de/de/fachbereiche/hnt/profil/forschungsprojekte/2015/formaldehydfreie-aminoharze-fuer-holzwerkstoffe-und-dekorpapiere.html> (12.1.2021)
- ▶ Fraunhofer WKI (2019a): Forschende am Fraunhofer WKI entwickeln nachhaltige Sandwichelemente aus Holzschaum und Textilbeton für den Einsatz im Hochbau. 10.7.2019, <https://www.wki.fraunhofer.de/de/presse-medien/2019/>



- PI_2019-09_Nachhaltige-Sandwichelemente-aus-Holzschäum-und-Textilbeton-im-Hochbau.html (1.8.2022)
- ▶ Fraunhofer WKI (2019b): Nadelholz-Not macht erfinderisch: Fraunhofer WKI testet Einsatz von geringwertigem Laubholz für Holzfaserplatten. 12.11.2019, https://www.wki.fraunhofer.de/de/presse-medien/2019/PI_2019-13_Fraunhofer-WKI-testet-Einsatz-von-geringwertigem-Laubholz-fuer-Holzfaserplatten.html (1.8.2022)
 - ▶ Fraunhofer WKI (2019c): Fraunhofer WKI ist Teil des transregionalen Sonderforschungsbereichs »3D-Druck im Bauwesen« der DFG. 18.12.2019
 - ▶ Fraunhofer WKI (2019d): SpeedTeCC – Wirtschaftliche Herstellung hochwertiger Holz-Beton-Verbundelemente unter Anwendung einer innovativen Schnellklebtechnik und Einsatz von Laubholz. 1.4.2017, https://www.wki.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/2017/SpeedTeCC_holz-beton-verbundelemente-mit-schnellklebtechnik.html (1.8.2022)
 - ▶ Freitag, K.; Koch, T.; Neumann, M. (2019): Prognos Zukunftsatlas 2019 und Immobilienatlas 2019. Das Ranking für Deutschlands Regionen. Prognos AG, Berlin
 - ▶ Garbe Immobilien Projekte (o.J.): Wildspitze. <https://www.garbe-immobilienprojekte.de/wildspitze> (27.1.2021)
 - ▶ Gebäudehülle.net (2016): Preis für Textilbeton-Holzverbund-Modul. April 2016, <https://www.gebaeudehuelle.net/die-fassade/fassade-aktuell/bundespreis-fuer-textilbeton-holzverbund-modul> (12.1.2021)
 - ▶ Gedaschko, A. (2019): Rahmenvereinbarung für serielles und modulares Bauen. In: aktuell – Das Magazin der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft in Baden-Württemberg 25(1), S. 6–7
 - ▶ Glauner, R. (2020): Zahlen und Fakten zu Baukonjunktur und den Mehrfamilienhausbau mit Ausblick auf den Holzbau. Holzbau Deutschland (Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V.)
 - ▶ Graubner, C.-A.; Knauff, A. (2008): Ökobilanzstudie – Gegenüberstellung Massivhaus/Holzelementbauweise an einem KfW Energiesparhaus 40. Darmstadt
 - ▶ Graubner, C.-A.; Pohl, S. (2013): Nachhaltigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern aus Mauerwerk. Darmstadt
 - ▶ Grimm, R. (2017): Einheimische Holzarten (Teil 1): Nadelbäume. BaustoffWissen, 20.7.2017, <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/grundstoffe-des-bauens/einheimische-nadelhoelzer-baumarten-baustoffe-moebelindustrie-bundeswaldinventur-saegewerke-fichte-tanne-kiefer-laerche-douglasie/> (17.11.2021)
 - ▶ Grimm, R. (2018): Wohngesundheit: Bindemittel in Spanholzplatten. BaustoffWissen, 29.5.2018, https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/forschung_technik_trends/spanholzplatten-wohngesundheit-binde-mittel-formaldehyd-voc-formaldehydfrei-f0-emissionsklassen-polyurethanharz-magnesit/ (12.1.2021)



- ▶ Gruber, B. (2019): Holzbau gewinnt weiter Marktanteile. Signifikantes Wachstum von 1998 bis 2018. holzbau austria, 16.7.2019, <https://www.holzbauaustria.at/news/2019/07/holzbauanteil-wachstum-proholz-boku.html#> (7.10.2020)
- ▶ Hafner, A.; Rüter, S.; Ebert, S.; Schäfer, S.; König, H.; de Cristofaro, L.; Diederichs, S.; Kleinhenz, M.; Krechel, M. (2017): Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau). Forschungsprojekt: 28W-B-3-054-01, Waldklimafonds, BMEL/BMUB, Bochum
- ▶ Hafner, A.; Schäfer, S.; Krause, K.; Rauch, M.; Merk, M.; Werther, N.; Opitsch, W. (2016): Methodenentwicklung zur Beschreibung von Zielwerten zum Primärenergieaufwand und CO₂-Äquivalent von Baukonstruktionen zur Verknüpfung mit Grundstücksvergaben und Qualitätssicherung bis zur Entwurfsplanung. Abschlussbericht. Bochum
- ▶ Hamm, O. (2015): Puukuokka Housing Block. In: Bauwelt (28-29), S.20–25
- ▶ Harlander, T. (o.J.): Soziale Stadtentwicklung. Informationsdienst Holz, <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/kapitel-2-die-urbane-gesellschaft/soziale-stadtentwicklung> (1.8.2022)
- ▶ Hartwig, J. (2011): Ökobilanzierung von Gebäuden. Baulinks.de, <https://www.baulinks.de/architektur/oekobilanz-oekobilanzierung.php> (2.12.2020)
- ▶ HK-Architekten (Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH) (2019): Brock Commons Tallwood House, Vancouver. <https://www.hkarchitekten.at/de/projekt/student-residence-at-brock-commons/> (27.1.2021)
- ▶ Holzbau Deutschland (2020): Lagebericht 2020. Zimmerer/Holzbau. https://www.holzbau-deutschland.de/fileadmin/user_upload/Pressebereich/2020_04_27_Lagebericht_2020/Holzbau_Deutschland_Lagebericht_2020_web_01.pdf (14.10.2021)
- ▶ Holzbau Deutschland (2021a): Lagebericht 2021. Zimmerer/Holzbau. https://www.holzbau-deutschland.de/fileadmin/user_upload/eingebundene_Downloads/Lagebericht_2021_mit_Statistiken.pdf (14.10.2021)
- ▶ Holzbau Deutschland (2021b): Mehr Häuser in Holzbauweise im Jahr 2020. https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/mehr_haeuser_in_holzbauweise_im_jahr_2020/ (14.10.2021)
- ▶ Holzbau Schweiz (o.J.): Marktanteile: Holzbau Schweiz. Baustoff mit Zukunft. <https://www.holzbau-schweiz.ch/de/holzbau-schweiz/unser-markt-kennzahlen/marktanteile/> (17.11.2021)
- ▶ Holzkurier (2021): Ausmaß des Schadholzanfalls in Europas Wäldern. 1.4.2021, <https://www.holzkurier.com/blog/klimawandel-schadholzanfall-in-europa.html> (17.11.2021)
- ▶ Hühn, S. (2019): Plyscraper W350: Das höchste geplante Holzhochhaus der Welt. Ingenieur.de, 19.3.2019, <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/architektur/plyscraper-w350-das-hoechste-geplante-holzhochhaus-der-welt/> (17.11.2021)



- ▶ Huß, W.; Geier, S.; Lattke, F.; Stieglmeier, M. (2017): Planung. In: Kaufmann, H. et al. 2017, S. 130–137
- ▶ IBA Hamburg GmbH (o.J.): WOODCUBE. 30.8.2019, <https://www.internationale-bauausstellung-hamburg.de/projekte/bauausstellung-in-der-bauausstellung/smart-material-houses/woodcube/projekt/woodcube.html> (27.1.2021)
- ▶ Informationsverein Holz e.V. (2015): Holzbau für kommunale Aufgaben. spezial Nr. Oktober, Berlin
- ▶ InFutUReWood (2019): Results from the CaReWood project. 18.12.2019, <https://www.infuturewood.info/results-from-the-carewood-project/> (6.1.2021)
- ▶ IÖR-Bauwerksdatenbank (o.J.): Bauwerksdaten: Nichtwohngebäude. <http://ioer-bdat.de/bauwerksdaten/nichtwohngebäude/> (17.11.2021)
- ▶ Jack, S. (2017): Robotergestützte Automation in der Element-Produktion. 23. Internationales Holzbau-Forum 2017, Garmisch-Partenkirchen
- ▶ Jacob-Freitag, S. (2016): Die Verwendung von Laubhölzern für tragende Holzkonstruktionen. db deutsche bauzeitung, S. 72–77
- ▶ Jang, B. (2021): Lumber prices crash 70 per cent from record highs as party ends for producers. The Globe and Mail, 16.7.2021, <https://www.theglobeandmail.com/business/article-lumber-prices-crash-70-per-cent-from-record-highs-as-party-ends-for/> (17.11.2021)
- ▶ Johann Heinrich von Thünen-Institut (2019): Wald in Deutschland – Wald in Zahlen. Ergebnisse der Kohlenstoffinventur 2017. Braunschweig
- ▶ Johann Heinrich von Thünen-Institut (2020): Clusterstatistik Forst & Holz. Thünen Working Paper 67, Hamburg
- ▶ Kaden+Lager (2015): e3. <http://www.kadenundlager.de/projects/e3/> (26.1.2021)
- ▶ Kaden+Lager (2019): SKAIO – das höchste Haus Deutschlands in Holzbauweise. <http://www.kadenundlager.de/projects/skaio/> (23.9.2019)
- ▶ Kampmeier, B. (2012): Aktuelle Lösungen für den Brandschutz im mehrgeschossigen Holzbau. 5. Europäischer Kongress für effizientes Bauen mit Holz 2012, Köln
- ▶ Kaufmann, H.; Huß, W.; Krötsch, S.; Winter, S. (2017a): Struktur und Tragwerk. In: Kaufmann, H. et al. 2017, S. 38–49
- ▶ Kaufmann, H.; Huß, W.; Schuster, S.; Stieglmeier, M.; Geier, S.; Lattke, F. (2017b): leanWOOD. Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise, München
- ▶ Kaufmann, H.; Krötsch, S.; Winter, S. (Hg.) (2017c): Atlas. Mehrgeschossiger Holzbau. Detail Business Information GmbH, München
- ▶ Kaufmann, H.; Schuster, S.; Stieglmeier, M.; Ammer, C.; Lattke, F.; Aicher, A.; Prause, G. (2019): Schlussbericht zum Vorhaben Holz&BIM – Building Information Modelling (BIM) als Planungsmethode im modernen Holzbau – eine Standortbestimmung zur Identifizierung von Anforderungen und Hemmnissen. München



- ▶ KIWUH (Kompetenz- und Informationszentrum Wald und Holz) (2019): Holz und Beton: Immer eine gute Verbindung? <https://www.kiwuh.de/projektfoerderung/ausgewaehlte-projekte/projekte/holz-und-beton-immer-eine-gute-verbindung> (12.1.2021)
- ▶ KIWUH (Kompetenz- und Informationszentrum Wald und Holz) (2020): Förderung des Holzbaus. Eine Übersicht der Holzbauwettbewerbe in Deutschland. 24.2.2020, <https://www.kiwuh.de/presse/pressemitteilungen/archiv/archivnachricht/foerderung-des-holzbaus-holzbauwettbewerbe> (28.1.2021)
- ▶ Knaus, U. (2019): Holzbauanteil steigt in Österreich kontinuierlich. Holzkurier, 18.7.2019, <https://www.holzkurier.com/holzbau/2019/07/holzbauanteil-steigt-in-oesterreich-kontinuierlich.html> (27.1.2021)
- ▶ Koalitionsausschuss (2020): Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken. Eckpunkte des Konjunkturpakets, Bundesministerium für Finanzen, https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Corona/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile&v=14 (1.8.2022)
- ▶ Kocijan, M. (2018): Digitalisierung im Bausektor. In: ifo Schnelldienst 71(1), S.42–45
- ▶ Kohl, J.; Kaufhold, J.; Burkhardt, H. (2018): Additive Fertigung mit holzbasierten Materialien. Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH, Dresden
- ▶ König, H. (2017): Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten. Ascona GbR, Gröbenzell
- ▶ Krötsch, S. (2020): Geschichte des Holzbaus. Bauweisen von den Anfängen bis heute. Baunetz Wissen, <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/einfuehrung/geschichte-des-holzbaus-6640622> (13.10.2021)
- ▶ Krötsch, S.; Müller, L. (2017): Entwicklung des mehrgeschossigen Holzbaus. In: Kaufmann, H. et al. 2017, S.10–13
- ▶ Kubatta-Große, M. (2021a): Holzmangel auf dem Bau entspannt sich. Forst Praxis, 5.10.2021, <https://www.forstpraxis.de/holzmangel-auf-dem-bau-entspannt-sich/> (17.11.2021)
- ▶ Kubatta-Große, M. (2021b): Holzmarkt zwischen Extremen. Forst Praxis, 13.10.2021, <https://www.forstpraxis.de/holzmarkt-zwischen-extremen> (17.11.2021)
- ▶ Lange, K. (2021): Holzpreise in Deutschland: „Der deutsche Wald wird leergekauft“. manager magazin, 4.8.2021, <https://www.manager-magazin.de/unternehmen/der-deutsche-wald-wird-leergekauft-a-23a14456-a21e-4e76-b05c-a6b1ced237f7> (17.11.2021)
- ▶ Lennartz, M. (2015): Neue Wiener Holzbau G'schichten. Gründerzeitbauten aufstocken – schnell und sicher. In: Die Wohnungswirtschaft (DW), Sonderheft Nachverdichtung, S.8–11



- ▶ Lipsky, F.; Gaujard, O. (2013): Résidence pour Etudiants, R+7 en bois Maison de l'Inde à la Cité Universitaire Internationale de Paris. 3ème Forum International Bois Construction 2013, Paris
- ▶ LSI Architects (2018): UEA Blackdale Student Residences. 12.10.2018, <https://www.lsiarchitects.co.uk/case-studies/uea-blackdale-student-residences/> (27.1.2021)
- ▶ Lucon, O.; Ürges-Vorsatz, D.; Zain Ahmed, A.; Akbari, H.; Bertoldi, P.; Cabeza, L.; Eyre, N.; Gadgil, A.; Harvey, L.; Jiang, Y.; Liphoto, E. et al. (2014): Buildings. In: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate change 2014. Mitigation of Climate Change. Cambridge/New York, S. 671–738
- ▶ Mahler, B.; Idler, S.; Nusser, T.; Gantner, J. (2019): Energieaufwand für Gebäudedekonzepte im gesamten Lebenszyklus. Abschlussbericht. Umweltbundesamt, Texte Nr. 132/2019, Dessau-Roßlau, Stuttgart
- ▶ Manager magazin (2021): Preistrutsch in USA: Warum der Holzpreis wieder krachend einbricht. 22.7.2021, <https://www.manager-magazin.de/unternehmen/holzpreis-preis-bricht-ein-sturz-nach-rekordrally-von-bauholz-a-98cbdbeb-0947-4b59-814a-24b7f7a5af13> (17.11.2021)
- ▶ Manninen, H. (2014): Long-term outlook for engineered wood products in Europe. European Forest Institute, Technical Report Nr. 91, Joensuu
- ▶ Mantau, U.; Döring, P.; Weimar, H.; Glasenapp, S.; Jochem, D.; Zimmermann, K. (2018): Rohstoffmonitoring Holz: Erwartungen und Möglichkeiten. FNR, Gülzow-Prüzen
- ▶ Massiv Mein Haus e.V. (2011): Massivhaus oder Holzhaus. Welche Bauweise ist ökologischer? Kurzfassung der Forschungsberichte Z04-8-2008 und F01-10-2010, Institut für Massivbau der TU Darmstadt, Massivhaus innovativ Ausgabe April, Schwerin
- ▶ Mdr.de (2019): Tschechien: Fichtenwälder ahoj! 8.8.2019, <https://www.mdr.de/nachrichten/osteuropa/politik/borkenkaefer-tschechien-fichtensterben-100.html> (12.1.2021)
- ▶ Merz, K.; Niemann, A.; Torno, S. (2020): Bauen mit Laubholz. Detail Business Information GmbH, München
- ▶ Michelsen, C. (2021): Rohstoffmangel: Kaum Holz für die Hütten. Kommentar. In: DIW Wochenbericht (27), S. 488
- ▶ Ministerium für Inneres, ländliche Räume und Integration (2018): Information für die Medien. Bauministerkonferenz 25./26. Oktober 2018 in Kiel, 26./27. September 2019 in Norderstedt. Kiel, <https://is-argebau.de/Dokumente/42322068.pdf> (22.10.2020)
- ▶ Moelven (o.J.): Mjøstårnet. <https://www.moelven.com/mjostarnet/> (27.1.2021)
- ▶ Müller, D.; Eichenberger, M.; Stenz, M. (2015): Holzbau vs. Massivbau – ein umfassender Vergleich zweier Bauweisen im Zusammenhang mit dem SNBS Standard. PIRMIN JUNG Ingenieure AG, Rain
- ▶ Östman, B.; Brandon, D.; Frantzich, H. (2017): Fire safety engineering in timber buildings. In: Fire Safety Journal 91, S. 11–20



- ▶ O’Sullivan, M. (2020): Sydney to become home to world’s tallest ‚hybrid timber‘ tower. The Sydney Morning Herald, 25.6.2020, <https://www.smh.com.au/national/nsw/sydney-to-become-home-to-world-s-tallest-hybrid-timber-tower-20200624-p555ln.html> (13.10.2021)
- ▶ PEFC Deutschland e.V. (2018): Holz & Papier grün einkaufen. So einfach geht die Beschaffung von nachhaltigen Holz- und Papierprodukten: Ein Leitfaden für den Einkauf. White Paper „Zertifizierte Holzprodukte“, Stuttgart, Genf
- ▶ Perkins&Will (o.J.): River Beech Tower. <https://perkinswill.com/project/river-beech-tower/> (27.1.2021)
- ▶ BDL – Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V. (2019): Klimaschutzreport 2019. Berlin
- ▶ PLP Architecture (o.J.): Oakwood Timber Tower. 14.1.2021, <http://www.plparchitecture.com/oakwood-timber-tower.html> (27.1.2021)
- ▶ Pohl, S. (2017): Betrachtungen zur Nachhaltigkeitsqualität der Holzbauweise im Wohnungsbau. Studie. Darmstadt
- ▶ ProHolz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft (2022a): Wie viel wird in Österreich mit Holz gebaut? <https://www.proholz.at/wald-holz-klima/wie-viel-wird-in-oesterreich-mit-holz-gebaut> (1.8.2022)
- ▶ ProHolz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft (2022b): Alle 40 Sekunden wächst ein Holzhaus nach. <https://www.proholz.at/wald-holz-klima/alle-40-sekunden-waechst-1-haus-nach> (1.8.2022)
- ▶ Proplanta (2021): Situation am Holzmarkt entspannt sich. 8.9.2021, https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/wald-forst/situation-am-holzmarkt-entspannt-sich_article1631063715.html (17.11.2021)
- ▶ Purkus, A.; Lüdtke, J.; Jochem, D.; Rüter, S.; Weimar, H. (2020): Entwicklung der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Deutschland: Eine Innovationssystemanalyse im Kontext der Evaluation der Charta für Holz 2.0. Thünen-Report Nr. 78, Braunschweig
- ▶ PwC (PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft) (2018): Baubranche aktuell. Wachstum 2020 – Digitalisierung und BIM. PwC Kurzstudie, München
- ▶ Rüthers, M. (2018): Städte im Wandel. Städte als Gesellschaftsentwurf und Geschichtsspeicher. bpb, 9.7.2018, <https://www.bpb.de/themen/stadt-land/stadt-und-gesellschaft/216894/staedte-im-wandel/> (1.8.2022)
- ▶ Sagner, P.; Stockhausen, M.; Voigtländer, M. (2020): Wohnen – die neue soziale Frage? Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft. Institut der deutschen Wirtschaft, IW-Analysen Nr. 136, Köln
- ▶ Salthammer, T.; Marutzky, R. (2013): Bauen und Leben mit Holz. Informationsverein Holz e.V., Berlin
- ▶ Schier, F.; Weimar, H. (2018): Holzmarktmodellierung. Szenarienbasierte Folgeabschätzung verschiedener Rohholzangebotssituationen für den Sektor Forst und Holz. Thünen Working Paper Nr. 91, Hamburg



- ▶ Schiller, G.; Oertel, H.; Blum, A. (2013): Innenentwicklungspotenziale in Deutschland. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hg.): Flächennutzungsmonitoring V., IÖR Schriften Band 61, Berlin, S.51–59
- ▶ Schmitz, F. (2019): Herausragendes aus der Kohlenstoffinventur 2017. In: AFZ-DerWald (14), S.34–36
- ▶ Schneider, K. (2020): Roots statt Wildspitze: Baustart für Deutschlands höchstes Holzhochhaus. Wohnglück.de, 17.12.2020, <https://wohnglueck.de/artikel/wildspitze-deutschlands-hoechstes-holzhochhaus-45667> (12.2.2021)
- ▶ Schoof, J. (2018): Der Holzbau kehrt in die Stadt zurück. In: DETAIL – Zeitschrift für Architektur + Baudetail (1/2), S.24–33
- ▶ Schütze, G.; Günther, J.; Fee, E.; Klatt, A.; Döring, U.; Heidler, D.; Behnke, A.; Reichart, A.; Nowack, A.; Brozowski, F.; Fischer, J.; Güth, M. (2016): Umweltschutz, Wald und nachhaltige Holznutzung in Deutschland. Hintergrund, Schütze et al., Dessau-Roßlau
- ▶ Sdg21.eu (2016): Holz-Achtgeschosser “H8” in Bad Aibling. 15.8.2016, <https://sdg21.eu/db/holz-achtgeschosser-h8-in-bad-aibling> (27.1.2021)
- ▶ Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (2021): Mad arkitekter gewinnt den Realisierungswettbewerb für das Wohnhochhaus WoHo in Berlin-Kreuzberg. 29.1.2021, https://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/archiv_volltext.shtml?arch_2101/nachricht7029.html (1.8.2022)
- ▶ Senf, C. (2018): Gibt es ein neues Baumsterben in Mitteleuropa? Humboldt-Universität zu Berlin, 19.3.2019, https://www.hu-berlin.de/de/pr/nachrichten/november/nr_181126_00 (27.1.2021)
- ▶ Senf, C.; Pflugmacher, D.; Zhiqiang, Y.; Sebald, J.; Knorn, J.; Neumann, M.; Hostert, P.; Seidl, R. (2018): Canopy mortality has doubled in Europe’s temperate forests over the last three decades. In: Nature communications 9(1), S.4978
- ▶ Skogsstyrelsen Swedish Forest Agency (2019): Market Statement 2019 – Sweden. UNECE Timber Committee Market Discussion 4.–8. November 2019. Genf
- ▶ Spear, M.; Hill, C.; Norton, A.; Price, C. (2019): Wood in Construction in the UK: An Analysis of Carbon Abatement Potential. Report Nr. BC-1383-2018-ES, Bangor
- ▶ Spitzendorfer, J. (2021): Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen. Aus der Perspektive einer besonders strengen „wohngesundheitlichen Bewertung“ von Produkten und Gebäuden bei der Beratung von Allergikern, Umwelterkrankten und Risikogruppen im Hinblick auf Sensitivitäten gegenüber Emissionen – auch natürlichen Ursprungs (unter anderem auch Kleinkinder, Schwangere). Abensberg
- ▶ Statista GmbH (2018): Anteil von Stadt- und Landbewohnern in Deutschland von 1990 bis 2015 und Prognose bis 2050. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167166/umfrage/prognose-des-bewohneranteils-nach-wohnstandort-seit-1990/> (27.1.2021)



- ▶ Statista GmbH (2019a): Import von Nadelrohholz nach Deutschland aus Ländern der EU 2018. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/162647/umfrage/holzwirtschaft-einfuhr-von-nadelrohholz-nach-deutschland/> (27.1.2021)
- ▶ Statista GmbH (2019b): Anzahl der Forstbetriebe in Deutschland nach Bundesländern im Jahr 2016. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151921/umfrage/anzahl-der-forstbetriebe-und-landwirtschaftlichen-betriebe-nach-bundeslaendern/> (27.1.2021)
- ▶ Statista GmbH (2020a): Anteil der genehmigten Wohngebäude in Holzbauweise an allen genehmigten Wohngebäuden in Deutschland in den Jahren 2003 bis 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/456639/umfrage/quote-der-genehmigten-wohngebaeude-in-holzbauweise-in-deutschland/> (27.1.2021)
- ▶ Statista GmbH (2020b): Entwicklung der Mietpreise für Wohnungen in den größten Städten in Deutschland von 2009 bis 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167163/umfrage/mietentwicklung-in-den-deutschen-grossstaedten/> (13.1.2021)
- ▶ Statista GmbH (2020c): Urbanisierungsgrad: Anteil der Stadtbewohner an der Gesamtbevölkerung in Deutschland in den Jahren von 2000 bis 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/662560/umfrage/urbanisierung-in-deutschland/#:~:text=Im%20Jahr%202017%20lebten%20rund,der%20Gesamtbev%C3%B6lkerung%20Deutschlands%20in%20St%C3%A4dten> (23.10.2020)
- ▶ Statista GmbH (2021a): Anteil der Wohnkosten am verfügbaren Haushaltseinkommen privater Haushalte in Deutschland von 2008 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/806247/umfrage/anteil-der-wohnkosten-am-einkommen-privater-haushalte-in-deutschland/> (14.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021b): Anzahl der Betriebe in der Branche Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel) in Deutschland nach Bundesländern in den Jahren 2019 und 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/270366/umfrage/betriebe-in-der-holzverarbeitenden-industrie-in-deutschland-nach-bundeslaendern/> (13.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021c): Anzahl der genehmigten Nichtwohngebäude in Holzbauweise in Deutschland bis 2020. 10.8.2021, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/456650/umfrage/anzahl-der-genehmigten-nichtwohngebaeude-in-holzbauweise-in-deutschland/> (14.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021d): Anzahl der genehmigten Wohngebäude in Holzbauweise in Deutschland bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/456626/umfrage/anzahl-der-genehmigten-wohngebaeude-in-holzbauweise-in-deutschland/> (14.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021e): Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/70370/umfrage/>



baufertigstellungen---wohngebaeude-und-nichtwohngebaeude-seit-1998/ (14.10.2021)

- ▶ Statista GmbH (2021f): Baukostenindex für Wohngebäude in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/70266/umfrage/entwicklung-des-preisindex-fuer-baukosten-seit-2002/> (14.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021g): Einfuhrmenge der größten Importländer für Industrierundholz weltweit im Jahr 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/272089/umfrage/wichtigste-importlaender-fuer-rundholz-weltweit/> (26.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021h): Import von industriellem Rundholz nach Deutschland nach Holzart in den Jahren 2010 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/158610/umfrage/import-von-industriellem-rundholz-nach-deutschland-seit-2005/> (1.8.2022)
- ▶ Statista GmbH (2021i): Kaufwert für Bauland in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/199842/umfrage/preisentwicklung-fuer-bauland-nach-bundeslaendern/> (14.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021j): Anteil der genehmigten Nichtwohngebäude in Holzbauweise an allen genehmigten Wohngebäuden in Deutschland in den Jahren 2003 bis 2021. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/456657/umfrage/quote-der-genehmigten-nichtwohngebaeude-in-holzbauweise/> (14.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021k): Quote der genehmigten Wohngebäude in Holzbauweise in Deutschland bis 2020. 10.8.2021, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/456639/umfrage/quote-der-genehmigten-wohngebaeude-in-holzbauweise-in-deutschland/> (14.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021l): Veränderung der Preise für Rohholz aus Deutschland in den Jahren 2000 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/255382/umfrage/preisentwicklung-fuer-rohholz-aus-deutschland/> (26.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021m): Preisentwicklung von Eigentumswohnungen in Deutschland von 2003 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156215/umfrage/immobilienpreisindex-fuer-eigentumswohnungen/> (14.10.2021)
- ▶ Statista GmbH (2021n): Entwicklung des Mietpreisindex für Deutschland in den Jahren von 1995 bis 2021. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/609521/umfrage/monatlicher-mietindex-fuer-deutschland/> (13.10.2021)
- ▶ Statista (2021o): Import von industriellem Rundholz nach Deutschland nach Holzart in den Jahren 2010 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/158610/umfrage/import-von-industriellem-rundholz-nach-deutschland-seit-2005/> (26.10.2021)
- ▶ Stolte, C.; Marcinek, H.; Discher, H.; Hinz, E.; Enseling, A. (2012): dena-Sanierungsstudie. Teil 2: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung in selbstgenutzten Wohngebäuden. Begleitforschung zum dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“. Berlin



- ▶ TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2019): Urbaner Holzbau. (Richter, S.) Themenkurzprofil Nr. 32, Berlin
- ▶ TAB (2022): Innovative Technologien, Prozesse und Produkte in der Bauwirtschaft. (Kehl, C.; Achternbosch, M.; Revermann, C.) TAB-Arbeitsbericht Nr. 199, Berlin
- ▶ Tichelmann, U.; Blome, D.; Ringwald, T.; Günther, M.; Groß, K. (2019): Wohnraumpotenziale in urbanen Lagen. Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden. Deutschlandstudie 2019, Darmstadt, Hannover
- ▶ UBA (Umweltbundesamt) (2007): Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. In: Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 50(7), S.990–1005
- ▶ UBA (2019): Altholz. 10.4.2019, <https://www.umweltbundesamt.de/altholz#hinweise-zum-recycling> (25.1.2021)
- ▶ UBA (2021): Abfallaufkommen. 21.10.2021, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#bau-abbruch-gewerbe-und-bergbauabfalle> (27.1.2021)
- ▶ UBA (2022): Nachhaltige Waldwirtschaft. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/nachhaltige-waldwirtschaft#zertifizierung-einer-nachhaltigen-waldbewirtschaftung> (27.1.2021)
- ▶ Ville de Paris (2019): Réinventer Paris. 15.4.2021, <https://www.paris.fr/pages/reinventer-paris-4632> (27.1.2021)
- ▶ Wald und Holz NRW (2018): Bauen mit Holz in NRW. Neubau, Nachverdichtung und Sanierung. Münster
- ▶ Wegener, G. (2017): Ressource Holz. In: Kaufmann, H. et al. 2017, S.14–17
- ▶ Weimar, H.; Jochem, D. (Hg.) (2013): Holzverwendung im Bauwesen. Eine Marktstudie im Rahmen der „Charta für Holz“. Thünen-Report 9, Braunschweig
- ▶ WEINMANN Holzbausystemtechnik GmbH (2018): Roboter im Holzbau. <https://www.homag.com/news-events/news/artikel/roboter-im-holzbau> (9.2.2018) <https://www.homag.com/fileadmin/magazines/performance/customer-magazine-performance-2018.pdf> ??
- ▶ Werner Sobek AG (2020): Vom Modul zum Plus Energie Quartier – Nachhaltig Bauen im größeren Maßstab. 10.7.2020, https://pressrelease.bering-kopal.de/de/pressrelease/werner-sobek-ag_vom-modul-zum-plus-energie-quartier-nachhaltig-bauen-im-groesseren-massstab (1.8.2022)
- ▶ Winter, S. (o.J.): Brandschutz im Holzbau. Informationsdienst Holz, <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/kapitel-4-der-zeitgenoessische-holzbau/brandschutz-im-holzbau> (27.1.2021)
- ▶ Winter, S.; Lechner, M.; Köhler, C. (2018): Bauen mit WEITBLICK – Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau. Abschlussbericht Forschungsvorhaben. Förderkennzeichen SWD-10.08.18.7-15.55, München



- ▶ Wischnath, U. (2019): Bauwende-Bündnis: Die Graue Energie in das GEG mit einbeziehen! baubiologie magazin, 21.3.2019, <https://baubiologie-magazin.de/bauwende-buendnis-graue-energie-geg-einbeziehen/> (5.1.2021)
- ▶ WD (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestags) (2021): Nationaler und internationaler Handel mit Bauholz aus Deutschland. Dokumentation Nr. WD 5 - 3000 - 066/21, Berlin, <https://www.bundestag.de/resource/blob/863768/4492a0f067208310778fe58aa0339e80/WD-5-066-21-pdf-data.pdf> (17.11.2021)
- ▶ Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (2018): Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in Gebäuden im Einklang mit der Rohstoffverfügbarkeit. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates Waldpolitik, Bonn
- ▶ Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (2020): Eckpunkte der Waldstrategie 2050. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates Waldpolitik, Bonn
- ▶ Wolf, T.; Untergutsch, A.; Wensing, C.; Mittelbach, H.; Lu-Pagenkopf, F.; Kellenberger, D.; Kubowitz, P.). (2020): Potenziale von Bauen mit Holz. UBA (Hg.), Texte 192, Dessau-Roßlau
- ▶ Wood Design & Building (2020): Lighthouse Joensuu, 6.5.2020, <http://www.wooddesignandbuilding.com/lighthouse-joensuu/> (1.8.2022)
- ▶ WoodSolutions (o.J.): Forte Living. <https://www.woodsolutions.com.au/inspiration-case-study/forte-living> (27.1.2021)
- ▶ Wörrle, J. (2021): „Bauholz wieder gut verfügbar“: Was macht der Holzpreis? DHZ (Deutsche Handwerks Zeitung), 13.10.2021, <https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/bauholz-wieder-besser-verfuegbar-203340/> (17.11.2021)





7 Anhang

7.1 Abbildungen

Abb. 1	Kernfragen zur TAB-Kurzstudie	15
Abb. 2	Im urbanen Holzbau genutzte Holzbauweisen	19
Abb. 3	Geislingen an der Steige – Kornschreiberhaus 1397 links, alter Bau 1425	21
Abb. 4	Weltkarte mit Standorten von Gebäuden in Holzbauweise sowie ausgewählten fertiggestellten und geplanten Leuchtturmpro- jekten im Holzbau	22
Abb. 5	Konzeptvorschlag Wohnhochhaus „WoHo“ in Berlin-Kreuzberg	23
Abb. 6	Holzhochhaus Mjøstårnet in Brumunddal	24
Abb. 7	De Karel Doorman – Aufbau auf einem Einkaufszentrum	25
Abb. 8	Innovationssystem urbaner Holzbau	26
Abb. 9	Cluster „Forst und Holz“ – Wertschöpfungskette	27
Abb. 10	Anzahl Betriebe und tätiger Personen im Bereich Holzbau	29
Abb. 11	Baugewerbliche Umsatzentwicklung in den Wirtschaftszweigen Zimmerei und Ingenieurholzbau	30
Abb. 12	Top 10 der Staaten mit Publikationen im Bereich Bauholz („timber“)	39
Abb. 13	Top 10 der Themenfelder mit Publikationen im Bereich Bauholz („timber“) –international	40
Abb. 14	Top 10 der Themenfelder mit Publikationen im Bereich Bauholz („timber“) – Deutschland	40
Abb. 15	Publikationsstärkste Institutionen im Bereich Holzbau („timber“) in Deutschland	42
Abb. 16	Genehmigte Wohngebäude in Holzbauweise	46
Abb. 17	Genehmigte Nichtwohngebäude in Holzbauweise	46
Abb. 18	Wohnbau (Neubau) und Nichtwohnbau 2020 – Anteil Genehmigungen mit überwiegend verwendetem Baustoff Holz an allen genehmigten Bauten	48
Abb. 19	Holzbauquoten von mehrgeschossigen Bauten in Europa	49
Abb. 20	Baufertigstellung nach überwiegend verwendetem Baustoff, Wohngebäude mit drei oder mehr Wohnungen	52
Abb. 21	Baufertigstellung nach überwiegend verwendetem Baustoff, Anstalts-, Büro- und Verwaltungsgebäude	53
Abb. 22	Baufertigstellung nach überwiegend verwendetem Baustoff, sonstige Nichtwohngebäude	53
Abb. 23	Umsatzverteilung im Holzbau 2019	54
Abb. 24	Mögliche Zeitersparnis bei frühzeitiger Einbindung von Holzbaukompetenz im Planungsprozess	77



Abb. 25	Holzvorräte EU-27 – Wald und bewaldete Flächen	81
Abb. 26	Holzrohstoffbilanz 2015	90

7.2 Tabellen

Tab. 1	Betriebsgrößen der Unternehmen im Holzbausektor 2019	29
Tab. 2	Holzbauquoten im internationalen Vergleich	49
Tab. 3	Direkte und indirekte Maßnahmen zur Förderung des Holzbaus	72
Tab. 4	Verfügbare Holzreserven bei drei Szenarien basierend auf der Holzverwendung von 2016 im Vergleich zu mittleren Derbholzpotezialen in drei Szenarien bis 2052	83
Tab. 5	Theoretisches Steigerungspotenzial der Holzbauquote für die Periode 2013 bis 2052 (ohne Berücksichtigung von Steigerungen in anderen Wirtschaftsbereichen)	85

