

**Entwicklung der Rahmenbedingungen für das  
Bauen mit Holz in Deutschland:  
Eine Innovationssystemanalyse im Kontext der  
Evaluation der Charta für Holz 2.0**

Alexandra Purkus, Jan Lüdtkke, Dominik Jochem, Sebastian Rüter,  
Holger Weimar

Thünen Report 78

**Bibliografische Information:**  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

*Bibliographic information:*  
*The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de)*

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

*Volumes already published in this series are available on the Internet at [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)*

**Zitationsvorschlag – Suggested source citation:**

**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. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 102 p, Thünen Rep 78, DOI:10.3220/REP1591254742000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

*The respective authors are responsible for the content of their publications.*



## Thünen Report 78

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuenen-report@thuenen.de](mailto:thuenen-report@thuenen.de)  
[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

ISSN 2196-2324  
ISBN 978-3-86576-213-9  
DOI:10.3220/REP1591254742000  
urn:nbn:de:gbv:253-202006-dn062357-9

# **Entwicklung der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Deutschland: Eine Innovationssystemanalyse im Kontext der Evaluation der Charta für Holz 2.0**

**Alexandra Purkus, Jan Lüdtke, Dominik Jochem, Sebastian Rüter,  
Holger Weimar**

**Thünen Report 78**

Dr. Alexandra Purkus, Dr. Jan Lüdtkke, Dr. Sebastian Rüter  
Thünen-Institut für Holzforschung  
Leuschnerstraße 91c  
21031 Hamburg

Dr. Dominik Jochem, Dr. Holger Weimar  
Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie  
Leuschnerstraße 91  
21031 Hamburg

Kontakt: Dr. Jan Lüdtkke  
Telefon: +49 40 73962-602  
Fax: +49 40 73962-699  
Email: [jan.luedtke@thuenen.de](mailto:jan.luedtke@thuenen.de)

**Thünen Report 78**

Braunschweig/Germany, Juni 2020

## Zusammenfassung

Die Charta für Holz 2.0 verfolgt das Ziel, Beiträge der Holznutzung aus nachhaltiger Forstwirtschaft zum Klimaschutz sowie zur Wertschöpfung und Ressourceneffizienz zu stärken. Die Verwendung von Holz in der Konstruktion von Gebäuden kann hierzu einen wichtigen Beitrag leisten. Neben der Kohlenstoffspeicherung langlebiger Holzprodukte lassen sich Treibhausgasemissionen reduzieren, wenn Materialien, die in der Herstellung energieintensiver sind, substituiert werden. Die Schonung nicht erneuerbarer Rohstoffe trägt zur gesamtwirtschaftlichen Ressourceneffizienz bei. Gleichzeitig stärkt Bauen mit Holz die Wertschöpfung im Cluster Forst & Holz und bietet Beschäftigungsperspektiven auch in ländlichen Räumen. Allerdings treten verschiedene Herausforderungen auf, welche die Marktausweitung insbesondere im Bereich innovativer, mehrgeschossiger Holzbauweisen behindern. Hierzu zählen z. B. Pfadabhängigkeiten bei der Gestaltung des Bauordnungsrechts oder bei Ausbildungsstrukturen, Informationsdefizite bei potenziellen Auftraggebern sowie die Vernachlässigung von Umweltwirkungen, die mit der Herstellung und Entsorgung von Gebäuden einhergehen. In den letzten Jahren haben sich jedoch dynamische Entwicklungen in den Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz ergeben. In den Arbeitsgruppen, welche die Umsetzung der Charta für Holz 2.0 begleiten, werden weitere Maßnahmen entwickelt, um Hemmnisse zu adressieren.

Ziel der vorliegenden Studie ist daher zu analysieren, inwiefern Änderungen in marktlichen, rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen in den letzten fünf Jahren zur Adressierung von Herausforderungen beigetragen haben. Neben einer Literatur- und Dokumentenanalyse wurden zur Bewertung von Entwicklungen Interviews mit Experten aus Verbänden, Wissenschaft, Verwaltung und Holzbau-Praxis durchgeführt. Um ein systemisches Verständnis davon zu erhalten, wie Veränderungen zusammenwirken, wird der Innovationssystemansatz als theoretischer Analyserahmen verwendet. So sind aus der innovationswissenschaftlichen Literatur spezifische Systemfunktionen bekannt, welche die Entstehung, Verbreitung und Nutzung von Innovationen unterstützen. Durch eine Analyse, die zeigt, inwiefern Entwicklungen in Rahmenbedingungen zur Stärkung entsprechender Funktionen beigetragen haben, wird eine theoriegestützte Grundlage für die Ableitung weiteren Handlungsbedarfs gelegt. Die im Rahmen der lernorientierten Evaluation der Charta für Holz 2.0 erstellte Studie unterstützt so laufende Arbeiten im Charta-Dialogprozess.

**Schlüsselwörter:** Holzbau, nachhaltiges Bauen, Klimaschutz, Bioökonomie, Holznutzung, Innovationssystemanalyse

## Summary

The Charter for Wood 2.0 aims to increase the contribution of sustainable forestry and wood use to climate change mitigation, value creation and resource efficiency. Using wood in the construction of buildings can be an effective option to support these objectives. Apart from carbon storage in long-lived harvested wood products, wood use can contribute to a reduction in greenhouse gas emissions if it substitutes materials that would have been more energy-intensive in their production. Conserving non-renewable raw materials contributes to the resource efficiency of the economy. Additionally, the use of wood in construction strengthens value creation in the forestry and wood cluster and offers employment perspectives for rural areas. However, there are several known challenges that inhibit market growth, particularly when it comes to innovative, multi-storey wood construction. Examples are path dependencies, which affect the design of building regulations or education structures; a lack of information on the part of potential customers; as well as a tendency to neglect environmental impacts of construction and end of life phases of buildings. In recent years, however, the framework conditions for wood construction have developed dynamically. The Charter for Wood 2.0 working groups, which support the Charter's implementation as part of a dialogue process, develop further measures to address challenges.

This study therefore focuses on the question of whether recent changes in market, legal or political framework conditions have contributed to solving known challenges for wood construction. The assessment of developments is based on literature and document analyses as well as on interviews with experts from associations, science, administration and the wood construction industry. In order to gain a systemic understanding of the way in which changes interact, we use the innovation system approach as a theoretical framework for our analysis. Innovation research points to distinct system functions that support the development, diffusion and use of innovations. By analysing whether developments in framework conditions have strengthened these functions, the study provides a theory-based foundation for identifying further needs for action. In this way, it supports ongoing efforts in the Charter for Wood 2.0 dialogue process. The study was conducted as part of the learning-oriented evaluation of the Charter for Wood 2.0.

**Keywords:** Wood construction, sustainable construction, climate change mitigation, bioeconomy, wood use, innovation system analysis

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>i</b>
<b>Summary</b>	<b>ii</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2 Stand der Marktentwicklung in Deutschland</b>	<b>9</b>
2.1    Holzbauquoten in verschiedenen Marktsegmenten	9
2.2    Entwicklung von Umsatz, Wertschöpfung, Beschäftigten- und Unternehmenszahlen	13
<b>3 Methodik und theoretischer Rahmen</b>	<b>15</b>
3.1    Innovationssystemansatz als Analyserahmen	15
3.2    Gestaltung und Auswertung der Expertenbefragung	18
<b>4 Veränderungen der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz</b>	<b>19</b>
4.1    Unternehmerische Aktivitäten	19
4.1.1    Veränderungen in der Branchenkapazität	20
4.1.2    Strategien für einen optimierten Kapazitätseinsatz	22
4.2    Wissensentstehung	24
4.2.1    Herausforderungen bei der Koordination von Forschung und Entwicklung	24
4.2.2    Aktuelle Entwicklungen und Handlungsperspektiven	25
4.3    Wissensverbreitung	26
4.3.1    Entwicklungen beim Transfer von F&E-Wissen	27
4.3.2    Entwicklungen bei der Verfügbarkeit und Qualität von Informations- und Beratungsangeboten	28
4.4    Suchrichtung	31
4.4.1    Entwicklungen im Bauordnungsrecht	32
4.4.2    Rolle des nachhaltigen Bauens in Strategieprozessen	36
4.4.3    Nachfrage Trends	37
4.4.4    Instrumentenmix für klimaverträgliches und ressourceneffizientes Bauen	39
4.5    Marktentstehung	50
4.5.1    Umsetzung integraler Planungsprozesse	51
4.5.2    Entwicklungen bei der Standardisierung des Holzbaus	53
4.5.3    Entwicklungen in der Normung	54
4.5.4    Qualitätssicherung bei der Marktausdehnung	55

4.6	Ressourcenmobilisierung	56
4.6.1	Verfügbarkeit von Fachkräften	56
4.6.2	Rohstoffverfügbarkeit	60
4.7	Legitimität	63
4.7.1	Rolle des Holzbaus in Akteurskoalitionen für nachhaltiges Bauen	64
4.7.2	Kommunikationsstrategien der Holzbaubranche	65
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Einordnung von Aktivitäten im Rahmen der Charta für Holz 2.0</b>	<b>66</b>
5.1	Unternehmerische Aktivitäten	66
5.2	Wissensentstehung	67
5.3	Wissensverbreitung	68
5.4	Suchrichtung	69
5.5	Marktentstehung	71
5.6	Ressourcenmobilisierung	73
5.7	Legitimität	75
	<b>Anhang 1 Hemmnisse für das Bauen mit Holz</b>	<b>77</b>
	<b>Anhang 2 Interviewleitfaden</b>	<b>78</b>
	<b>Anhang 3 Übersicht der durchgeführten Experteninterviews</b>	<b>80</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Funktionen von technologischen Innovationssystemen	17
Tabelle 2:	Übersicht durchgeführter Interviews, nach Akteursgruppen	18
Tabelle 3:	Instrumentenoptionen für klimaverträgliches und ressourceneffizientes Bauen	40
Tabelle 4:	Aufkommen und Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016	47
Tabelle A1:	Hemmnisse für das Bauen mit Holz: Ergebnisübersicht aus dem Projekt „THG-Holzbau“	77
Tabelle A2:	Übersicht der Interviewpartner	80

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Hemmnisse für das Bauen mit Holz im Überblick	8
Abbildung 2:	Entwicklung des Holzbau-Marktanteils beim Neubau von Wohngebäuden	10
Abbildung 3:	Entwicklung des Holzbau-Marktanteils beim Neubau von Nichtwohngebäuden	12
Abbildung 4:	Umsatz, Wertschöpfung, Beschäftigung und Unternehmen im konstruktiven Holzbau	13
Abbildung 5:	Umsatzanteile verschiedener Leistungsbereiche im Zimmerer- und Ingenieurholzbaugewerbe	14
Abbildung 6:	Innovationssystemansatz im Überblick	16
Abbildung 7:	Zimmerei- und Ingenieurholzbaubetriebe und Fertigteilbaubetriebe nach Beschäftigtengrößenklassen	20
Abbildung 8:	Durchschnittliche abgeschlossene Vakanzzeit von Fachkräftestellen in der Branchengruppe „Holz im Baugewerbe“	58

## 1 Einleitung

Die Charta für Holz 2.0 verfolgt das Ziel, Maßnahmen zu entwickeln, um den Klimaschutzbeitrag der Holznutzung aus nachhaltiger Forstwirtschaft zu stärken (BMEL, 2018a). Weitere Kernziele sind der Erhalt und die Stärkung der Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit des Clusters Forst & Holz, sowie die Schonung endlicher Ressourcen durch eine nachhaltige und effiziente Nutzung von Wäldern und Holz. Die von der Agrarministerkonferenz beschlossene und 2017 veröffentlichte Charta unterstützt die langfristigen Ziele des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung (BMUB, 2016a) und ist als dauerhafter Dialogprozess angelegt, der sich an Akteure<sup>1</sup> aus Politik und Verwaltung in Bund, Ländern und Kommunen, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft richtet. Der Dialogprozess trägt zudem zur Umsetzung der Nationalen Bioökonomiestrategie bei, indem Optionen zur Markteinführung und Etablierung biobasierter Produkte, Verfahren und Dienstleistungen entwickelt werden (BMBF und BMEL, 2020).

Das Bauen mit Holz in Stadt und Land stellt eines von sechs prioritären Handlungsfeldern der Charta für Holz 2.0 dar, in denen die größten Beiträge zu den Zielen Klimaschutz, Wertschöpfung und Ressourceneffizienz erwartet werden (BMEL, 2018a). Zur Klimaschutzleistung des Forst- und Holzsektors tragen zum einen der Erhalt und der Ausbau der Kohlenstoffspeicherung in produktiven Wäldern bei, zum anderen die effiziente Holzverwendung in Holzprodukten (WBAE und WBW, 2016; WBW, 2018). Gebäude erweisen sich aufgrund ihrer Langlebigkeit als besonders geeignet, die Kohlenstoffbindung zu verlängern. Unter Berücksichtigung von Einbindungen und Emissionen von Treibhausgasen belief sich die Speicherwirkung des Waldes im Jahr 2018 auf 67 Mio. Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalente (Umweltbundesamt, 2020). Die Speicherwirkung der stofflich genutzten Holzprodukte, die in Deutschland mit Holz aus heimischem Einschlag produziert werden, beträgt ca. 3 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr (Umweltbundesamt, 2020). Darüber hinaus können Treibhausgasemissionen vermieden werden, wenn Holz als Energieträger fossile Ressourcen (energetische Substitution) oder als Rohstoff alternative Rohstoffe und Materialien in funktionsgleichen Produktsystemen ersetzt, die mit einem in der Regel höheren Energieaufwand hergestellt werden (stoffliche Substitution). Für den konstruktiven Bereich des Wohnungsneubaus liegen Schätzungen des Substitutionspotenzials der stofflichen Holzverwendung auf Basis von normkonformen Ökobilanzdatensätzen vor (Hafner et al., 2017). Pro m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche ermittelten Hafner et al. (2017) ein Einsparpotential von 77 – 207 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für Ein- und Zweifamilienhäuser, sowie ein Einsparpotential von 18 – 178 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für Mehrfamilienhäuser. Bei einer kontinuierlichen Steigerung der Holzbauquote auf 55 % bei Ein- und Zweifamilienhäusern (nach schwedischem Vorbild) und 15 % bei Mehrfamilienhäusern wird geschätzt, dass sich im Szenarienzeitraum 2016 bis 2030 Treibhausgasemissionen in Höhe von fast 12 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äq. einsparen ließen.

Im Umgang mit zunehmenden Wohnungsengpässen in dynamisch wachsenden Städten (BBSR, 2017; Held und Waltersbacher, 2015) kann Bauen mit Holz somit eine klimaverträgliche Option für die Stadtentwicklung darstellen. Die Verwendung von Holz in der Gebäudekonstruktion trägt zudem zur Schonung nicht erneuerbarer mineralischer und metallischer Rohstoffe und damit zur gesamtwirtschaftlichen Ressourceneffizienz bei (BMEL, 2018a; BMUB, 2016b). Der Bausektor ist ausgesprochen ressourcenintensiv: Jährlich werden rund 90 % aller in Deutschland verwendeten mineralischen Rohstoffe zur Herstellung von Baustoffen und Bauprodukten eingesetzt (BMUB, 2016b). Bau- und Abbruchabfälle machten 2017 über 53 % des Abfallaufkommens aus (Umweltbundesamt, 2019a). Eine Kaskadennutzung von Holz erweitert dabei Möglich-

---

<sup>1</sup> Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Bericht jeweils nur die männliche Form ausgeschrieben. Selbstverständlich sind alle Geschlechter gemeint.

keiten für ein hochwertiges Recycling von Baustoffen. Zudem weisen Holzkonstruktionen eine hohe Energieeffizienz auf und können so zur Reduktion des Primärenergiebedarfs im Gebäudesektor beitragen (FNR, 2018a; für Gebäudebeispiele siehe z. B. Kaufmann und Nerdinger, 2016; triplewood.eu, 2020).

Bauen mit Holz trägt zu Wertschöpfung und Beschäftigung im Cluster Forst & Holz bei. Im Jahr 2017 erwirtschafteten in der Branchengruppe „Holz im Baugewerbe“ ca. 238.000 Beschäftigte einen Umsatz von 21,79 Mrd. € und eine Bruttowertschöpfung von 8,13 Mrd. € (Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, 2019a). Bauen mit Holz hatte damit einen Anteil von 14 % an der Gesamtwertschöpfung im Cluster Forst & Holz, sowie einen Anteil von 22 % an der Gesamtbeschäftigung (siehe Purkus et al., 2019a). Von einer Nachfragesteigerung gehen zudem positive Effekte für vorgelagerte Stufen der Wertschöpfungskette aus, etwa in der Forstwirtschaft, der Säge- und der Holzwerkstoffindustrie. Damit kann Bauen mit Holz insbesondere auch zur Sicherung von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum beitragen (BMEL, 2018a).

Im Jahr 2018 lag der Anteil der Neubauten, die überwiegend Holz als Baustoff nutzen, im Wohngebäudebereich bei 17,6 % und im Nichtwohngebäudebereich bei 20,8 % (Statistisches Bundesamt, 2019a). Im mehrgeschossigen Bereich ist der Anteil jedoch noch gering – bei Mehrfamilienhäusern liegt die Holzbauquote bei weniger als 3 %. Auch im europäischen Vergleich verfügt der mehrgeschossige Holzbau noch über einen Nischenstatus, auch wenn sich beispielsweise in skandinavischen Ländern eine deutliche Entwicklungsdynamik abzeichnet (Hurmekoski et al., 2015; Lazarevic et al., 2020). Aus der Forschung sind verschiedene Faktoren bekannt, die sich hemmend auf eine Ausweitung des Markts für Holzbauweisen ausüben können (z. B. Hafner et al., 2017; Filippi, 2013a; b; Dederich, 2013; Meo Carbon Solutions, 2014; Kristof et al., 2007; Ludwig et al., 2017). Neben Externalitäten und Informationsproblemen können insbesondere im innovativen, mehrgeschossigen Bereich Pfadabhängigkeiten Allokationsentscheidungen zwischen Holzbauweisen und etablierten Wettbewerbern verzerren (siehe Abb. 1). Pfadabhängigkeiten treten dadurch auf, dass sich Institutionen wie das Bauordnungsrecht, die Normung oder die Vertragsgestaltung bei Planungsprozessen parallel zu traditionell in diesem Bereich verwendeten Bauweisen entwickelt haben (Ludwig et al., 2017). Dies gilt auch für Ausbildungsstrukturen und im Bausektor vorhandene Kompetenzen. Auf der anderen Seite ist auch die durch klein- und mittelständische Unternehmen geprägte Struktur der Holzbaubranche an bislang dominierende Bauaufgaben angepasst. Um Pfadabhängigkeiten zu überwinden, sind gegenseitige Anpassungsprozesse von institutionellem Rahmen und innovativen Bauoptionen notwendig, die Zeit in Anspruch nehmen. Auf Seiten von Auftraggebern schlägt sich ein Mangel an Erfahrungen mit Holzbauoptionen zunächst in zusätzlichem Aufwand für die Informationsbeschaffung nieder, z. B. hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten von Holz sowie Nutzungsqualitäts- und Nachhaltigkeitsaspekten. Informationsprobleme können Pfadabhängigkeiten daher verstärken.

Gleichzeitig ist zu beachten, dass Entwicklung, Produktion und Einsatz innovativer Baustoffe und Bauverfahren Investitionen in Wissenserzeugung und Lernen erfordern. Der Nutzen, der mit dem Aufbau von Erfahrungen und Wissen verbunden ist, kommt in Form von Spillovereffekten auch Dritten zu Gute – hierdurch kann sich eine Tendenz ergeben, weniger in Innovationen zu investieren, als gesellschaftlich optimal wäre. Insbesondere bei innovativen Technologien, die zu umweltpolitischen Zielen beitragen sollen, erweisen sich Wechselwirkungen mit Umweltexternalitäten als relevant (Jaffe et al., 2005). Marktpreise spiegeln Umweltkosten der Gewinnung, Herstellung und Entsorgung von Baustoffen nur in begrenztem Umfang wider. Beispielsweise unterliegt die Produktion von Grundstoffen wie Zement oder Stahl zwar dem EU-Emissionshandel – da entsprechende Industrien im internationalen Wettbewerb stehen, erfolgt die Zuteilung von Zertifikaten jedoch kostenlos, um Carbon Leakage zu vermeiden (Agora Energiewende und Wuppertal

Institut, 2019; Neuhoff und Chiappinelli, 2018). Dies schränkt die Möglichkeiten für Holzbauweisen ein, Treibhausgaseinsparpotenziale als Wettbewerbsvorteil nutzen.

**Abbildung 1:** Hemmnisse für das Bauen mit Holz im Überblick

<p><b>Pfadabhängigkeiten (insbesondere im Mehrgeschossbau)</b></p>	<p><b>Externer Nutzen von Wissenserzeugung und Lernen</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baustoffspezifische Kompetenzen</li> <li>• Ausbildungsstrukturen</li> <li>• Bauordnungsrecht</li> <li>• Branchenstruktur</li> <li>• Planungsprozesse</li> <li>• Normung</li> </ul>	<p>Ggf. Unterinvestition in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschung &amp; Entwicklung</li> <li>• Learning by Doing</li> <li>• Verbreitung von Erkenntnissen (z. B. durch Standardisierung, Fachinformation)</li> </ul>
<p><b>Umweltkosten</b></p>	<p><b>Informationsprobleme</b></p>
<p>Begrenzte Berücksichtigung der externen Kosten entlang des Lebenszyklus von Gebäuden, insbesondere bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung und Errichtung</li> <li>• Entsorgung (End of Life-Phase) von Gebäuden</li> </ul>	<p>Auftraggeber haben ggf. unvollständige Informationen zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzmöglichkeiten von Holz</li> <li>• Qualitätsaspekten</li> <li>• Nachhaltigkeit verschiedener Bauoptionen</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Hafner et al. (2017); Ludwig et al. (2017)

In den letzten Jahren lässt sich bei den Rahmenbedingungen für Holz jedoch eine dynamische Entwicklung beobachten – Beispiele sind Anpassungen im Bauordnungsrecht, politische Initiativen für klimaverträgliches Bauen aber auch Nachfrageentwicklungen, die sich in steigenden Holzbauquoten ausdrücken. Die Entwicklung von Maßnahmen zur Adressierung von Hemmnissen wird auch im Dialogprozess der Charta für Holz 2.0 vorangetrieben. Um laufende Arbeiten in den Charta-Arbeitsgruppen zu unterstützen, untersucht die vorliegende Studie, inwiefern Änderungen in marktlichen, rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen in den letzten fünf Jahren bereits zur Adressierung von Herausforderungen beigetragen haben. Neben einer Literatur- und Dokumentenanalyse wurden zur Bewertung von Entwicklungen 21 Interviews mit Experten aus Verbänden, Wissenschaft, Verwaltung und Holzbau-Praxis durchgeführt. Um ein systemisches Verständnis davon zu erhalten, wie Veränderungen zusammenwirken, wird der Innovationssystemansatz als theoretischer Analyserahmen verwendet. Aus der innovationswissenschaftlichen Literatur sind spezifische Systemfunktionen bekannt, welche die Entstehung, Verbreitung und Nutzung von Innovationen unterstützen. Durch eine Analyse, inwiefern Entwicklungen in Rahmenbedingungen zur Stärkung dieser Funktionen beigetragen haben, wird eine theoriegestützte Grundlage für die Ableitung weiteren Handlungsbedarfs gelegt. Als Teil der lernorientierten Evaluation der Charta für Holz 2.0 (siehe Purkus et al., 2019b) unterstützt die Analyse so die Erkennung und Ableitung von Handlungsbedarfen im Charta-Prozess.

Kapitel 2 geht näher auf die Entwicklung des Markts für Holzbauweisen in Deutschland ein. Kapitel 3 stellt den Innovationssystemansatz sowie das methodische Vorgehen der Studie vor. In Kapitel 4 wird untersucht, welche Veränderungen sich in den letzten fünf Jahren in den Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz vollzogen haben. Auf der Basis der Ergebnisse aus Literatur- und Dokumentenanalysen sowie Experteninterviews wird diskutiert, wie sich Veränderungen auf die Funktionen des Innovationssystems „Bauen mit Holz“ auswirken. Zudem werden Handlungsoptionen zur weiteren Stärkung der Funktionen vorgestellt. Kapitel 5 schließt mit einer Zusammenfassung der Handlungsbedarfe, die sich aus der Analyse ableiten lassen, und ordnet Aktivitäten ein, die im Rahmen der Charta für Holz 2.0 initiiert wurden.

## 2 Stand der Marktentwicklung in Deutschland

Der moderne Holzbau wird durch eine Vielfalt an Konstruktionsweisen und Bauteilaufbauten gekennzeichnet (für einen Überblick siehe Cheret und Schwaner, 2013; Klattenhoff, 2019). Ausschlaggebend für die Einstufung als Holzbau ist, ob Holz in der tragenden Konstruktion des Gebäudes eingesetzt wird. Neben dem Gebäudetragwerk findet Holz beispielsweise in nichttragenden Fassaden, Fenstern, Türen oder Fußböden Verwendung, sowie bei der energetischen Altbausanierung (z. B. als vorgesetzte Holzkonstruktion zur Außen­dämmung von Gebäudewänden und beim Dachausbau) oder als Dämmstoff (siehe Mantau et al., 2013; FNR, 2019a).

An Holzbauweisen lassen sich insbesondere der Holzrahmenbau, Holzskelettbau, Holzmassivbau und verschiedene Hybridbauweisen unterscheiden (nach Cheret und Schwaner, 2013; Klattenhoff, 2019). Leichte Rahmenbausysteme, bei denen stabförmige Elemente zu großflächigen Bauteilen gefügt werden, wurden bereits in den 70er Jahren eingeführt und sind bei Wohnungs- und Gewerbebauten weit verbreitet. Wenn Elemente vorgefertigt werden, ist auch die Bezeichnung als Holztafelbau gebräuchlich, wenngleich in der Praxis die Grenze fließend verläuft. Der Skelettbau ist ein am Fachwerkbau anknüpfendes, stabförmiges System, das ein Tragskelett aus senkrechten Stützen und waagrechten Trägern mit einem Aussteifungssystem kombiniert. Wie im Rahmenbau finden sich hier Weiterentwicklungen, die auch im mehrgeschossigen Bereich eingesetzt werden. In diesem Bereich dominiert aktuell allerdings der Holzmassivbau, der meist hohlkammerfreie Bauteile verwendet, für die Brettsperrholz, Brettstapelholz oder Brettschichtholz zum Einsatz kommen können. Brettsperrholz-Systeme bestehen beispielsweise aus großformatigen, mehrschichtigen Holzplatten, die dank großer Tragfähigkeit als Wand, Decke oder Dach eingesetzt werden können.

Beim Hybridbau werden in der tragenden Konstruktion verschiedene Materialien kombiniert; beim mehrgeschossigen Bauen kann dies etwa eine wirtschaftlichere Erfüllung schallschutztechnischer oder brandschutztechnischer Anforderungen ermöglichen. Auf Gebäudeebene lassen sich z. B. aussteifende Treppenhaukerne mit Holzwänden und -decken kombinieren, während auf Bauteilebene der Einsatz von Holz-Beton-Verbunddecken gebräuchlich ist (Kaufmann et al., 2017a).

Durch Vorfertigung können bei Holz- und Hybridbausystemen Fertigungsschritte von Baustellen, die Wettereinflüssen ausgesetzt sind, in Werkhallen verlagert werden, was die Montagezeit vor Ort im Vergleich zu mineralischen Bauweisen verkürzt. Eine qualitätskontrollierte und güteüberwachte Vorfertigung komplexer Bauteile ermöglicht zudem eine hohe Präzision und Ausführungsqualität (Cheret und Schwaner, 2013). CNC-gesteuerte Abbundanlagen erlauben zudem eine direkte Übertragung von Planungsdaten in die maschinelle Fertigung. Dafür ergibt sich die Anforderung, spezifische Holzbau-Belange, welche die Konstruktion und Vorfertigung von Bauteilen betreffen, bereits zu einem früheren Zeitpunkt in den Planungsprozess einzubeziehen, als es bei konventionellen Bauweisen der Fall wäre (Kaufmann et al., 2017b).

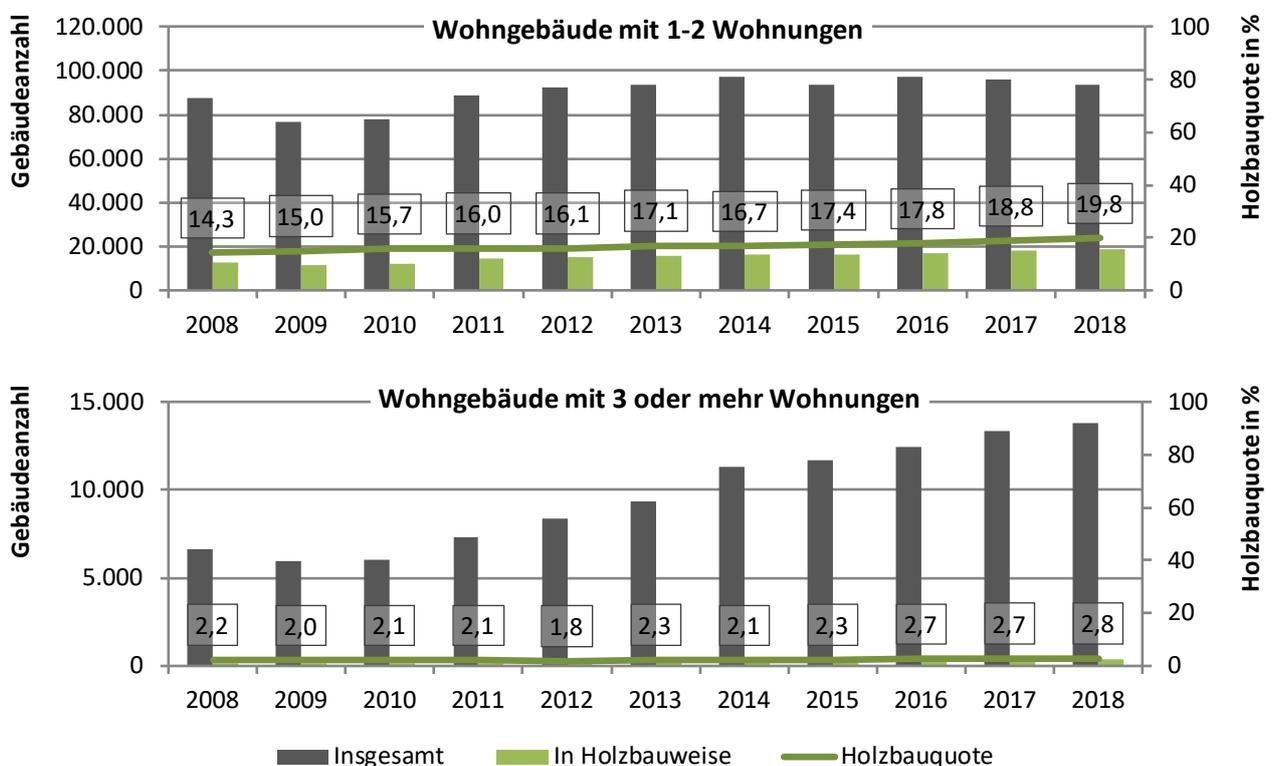
### 2.1 Holzbauquoten in verschiedenen Marktsegmenten

Die Holzbauquote stellt den Anteil der Neubauten dar, der bei der Erstellung der tragenden Gebäudekonstruktion überwiegend Holz als Baustoff nutzt (vgl. Statistisches Bundesamt, 2018). Bei fertiggestellten Wohngebäuden lag die Holzbauquote 2018 insgesamt bei 17,6 %, bei Nichtwohngebäuden insgesamt bei 20,8 % (Statistisches Bundesamt, 2019a). Dabei zeigen sich deutliche regionale Schwerpunkte, die u. a. durch vorhandene Holzbautraditionen beeinflusst werden (Holzbau Deutschland, 2019a). Dies gilt auch für

die Verbreitung des Holzbaus innerhalb von Bundesländern (z. B. Knauf et al., 2016) – traditionell ist der ländliche Raum stärker durch Holzbau geprägt als der städtische, wenngleich Entwicklungen beim mehrgeschossigen Holzbau hier neue Möglichkeiten eröffnen.

Im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser wurden 2018 19,8 % von 93.433 fertiggestellten Gebäuden in Holzbauweise errichtet (siehe Abb. 2). Die Zahl der insgesamt neu errichteten Gebäude in diesem Marktsegment blieb in den letzten zehn Jahren vergleichsweise stabil, nach einer leichten Erholung im Anschluss an die Wirtschaftskrise 2008/2009. Insbesondere in städtischen Räumen erweist sich dabei die zunehmende Knappheit an Baugrundstücken als relevant – bei hohen Grundstückspreisen ermöglichen mehrgeschossige Bauten eine effizientere Flächennutzung. In besonders hochpreisigen Städten ist die Bedeutung des Einfamilienhausbaus bereits gering (BBSR, 2017). Für die Entwicklung des Holzbaus im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser ist perspektivisch daher vor allem der Wettbewerb mit anderen Bauweisen um Marktanteile relevant.

**Abbildung 2:** Entwicklung des Holzbau-Marktanteils beim Neubau von Wohngebäuden



Anm.: Baufertigstellungen nach überwiegend verwendetem Baustoff. „Sonstige Wohngebäude“ werden aufgrund der geringen quantitativen Bedeutung (334 Wohnheime in 2019) nicht separat ausgewiesen.

Quelle: Statistisches Bundesamt (2019a)

Bei Mehrfamilienhäusern bewegt sich die Holzbauquote noch auf niedrigem Niveau, wenngleich sich ein steigender Trend abzeichnet (siehe Abb. 2). 2018 betrug der Anteil der Holzbauweise hier 2,8 %, was 393 fertiggestellten Gebäuden entspricht (Statistisches Bundesamt, 2019a). In den Jahren 2016-2018 wurden jeweils mehr als 500 neue Gebäude genehmigt, so dass in den nächsten Jahren auch bei den Fertigstellungen steigende Fallzahlen zu erwarten sind (Statistisches Bundesamt, 2019b). Abb. 2 illustriert zudem die steigende Bedeutung des Mehrfamilienhausmarkts insgesamt. In dynamisch wachsenden Städten werden

Wohnungseingänge zunehmend durch Innenentwicklung adressiert, für die der Geschosswohnungsbau eine wichtige Rolle spielt (BBSR, 2017). Trotz der gegenwärtig noch geringen Marktanteile der Holzbauweise wird deshalb eine steigende Relevanz des Marktsegments in der Zukunft erwartet (Cheret et al., 2013).

Im Nichtwohnbereich weist insbesondere der landwirtschaftliche Gebäudebereich traditionell hohe Holzbauquoten auf (siehe Abb. 3) – 2018 lag der Anteil bei 31,4 % (von 4.697 Gebäuden). 2017 und 2018 stieg der Anteil der Holzbauweise bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden leicht an, nach einem rückläufigen Trend in den Vorjahren. Das landwirtschaftliche Bauen zeichnet sich durch intensiven Kostenwettbewerb aus, mit Stahl als wichtigem Wettbewerber (Conrads, 2018). Zudem geht bereits seit 2011 die Gesamtzahl neugebauter Betriebsgebäude in diesem Bereich zurück (Statistisches Bundesamt, 2019a).

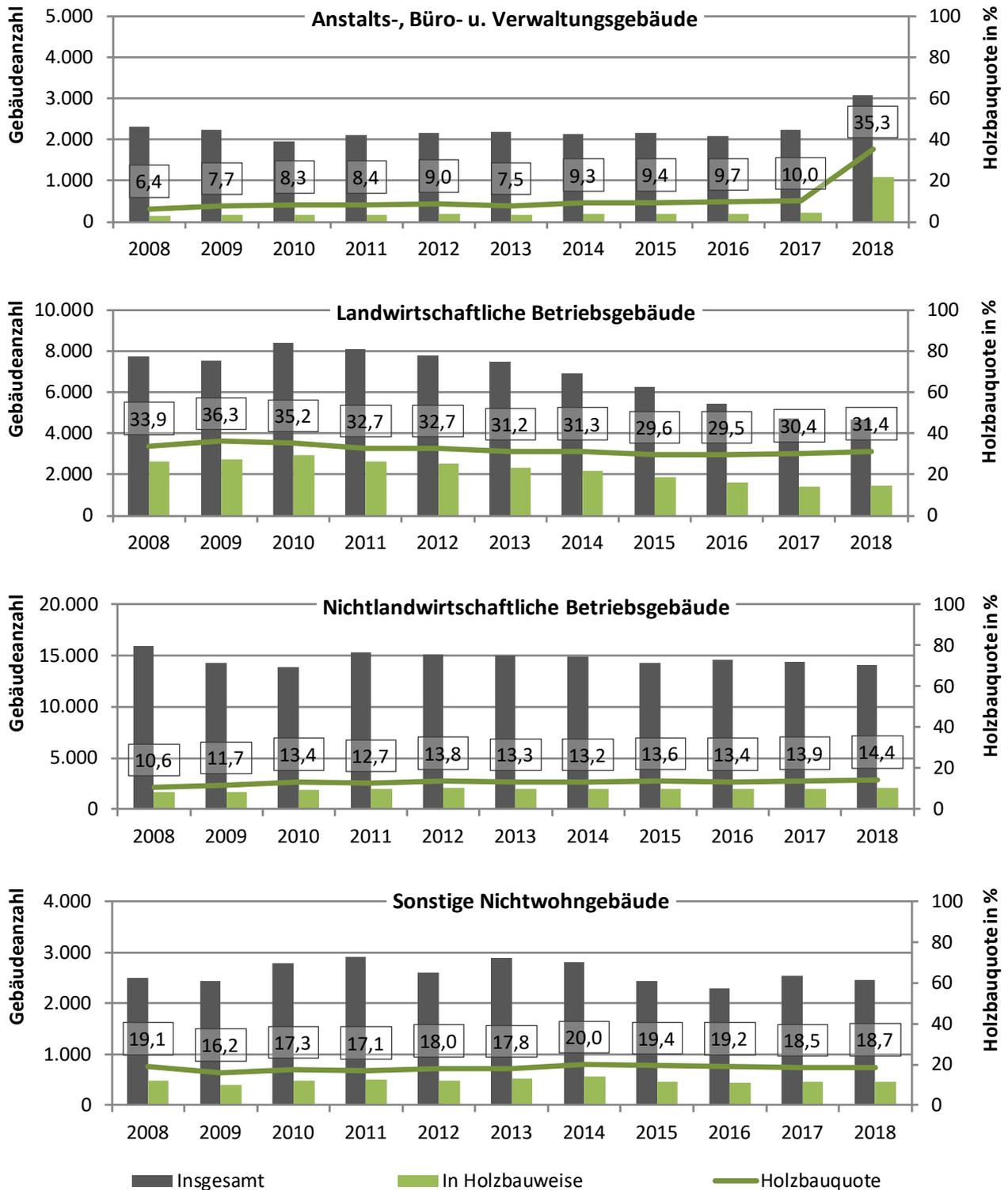
Steigende Marktanteile sind im Trend bei Anstalts-, Büro-, und Verwaltungsgebäuden sowie bei nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäuden zu verzeichnen. Der vergleichsweise hohe Holzbauanteil von 35,3 % bei Anstalts-, Büro-, und Verwaltungsgebäuden in 2018 ist auf einen sprunghaften Anstieg bei Anstaltsgebäuden in Holzbauweise zurückzuführen; insbesondere auf zwei Großprojekte (Ferienanlagen) mit insgesamt 680 Gebäuden in Holzbauweise, die 2016 genehmigt wurden (Statistisches Bundesamt, 2019b; Holzbau Deutschland, 2019a). An der Zahl fertiggestellter Anstaltsgebäude (z. B. Krankenhäuser, Pflege-, Ferien- und Erholungsheime oder Kasernen, siehe IÖR, 2020) hatte der Holzbau 2018 hierdurch einen Anteil von 68,3 % (von 1.373 Gebäuden), nach 12,5 % im Vorjahr (von 481 Gebäuden, Statistisches Bundesamt, 2019a). Bei Büro- und Verwaltungsgebäuden lag der Anteil 2018 bei 8,9 % (von 1.715 Gebäuden). Auch in diesem Segment ergeben sich für den mehrgeschossigen Holzbau Ausbauperspektiven.

Der Holzbauanteil bei nichtlandwirtschaftlichen Betriebsgebäuden lag 2018 bei 14,4 %. Der größte Marktanteil besteht im Untersegment Hotels und Gaststätten (23,9 % von 439 Gebäuden in 2018), gefolgt von Handels- und Lagergebäuden (15,3 % von 6.527 Gebäuden) und Fabrik- und Werkstattegebäuden (7,9 % von 3.125 Gebäuden, Statistisches Bundesamt, 2019a). Zur Kategorie „sonstige Nichtwohngebäude“ zählen z. B. Kindertagesstätten, Schul- und Hochschulgebäude, Laborgebäude, Museen, Kongresshallen oder Sportgebäude (IÖR, 2020). 2018 lag der Holzbauanteil hier bei 18,7 % (von 2.466 Gebäuden).

In wachsenden Regionen können Aufstockungen auf bestehenden Wohn- und Nichtwohngebäuden zudem einen signifikanten und flächeneffizienten Beitrag zur Entlastung des Wohnungsmarktes leisten (Tichelmann et al., 2019; Tichelmann et al., 2016). Hier wird ein erhebliches Potenzial für leichte Holzbauweisen wie die Rahmenbauweise gesehen (Filippi, 2013a).

Langfristig ist die Entwicklung der Holzbauquoten im Kontext der allgemeinen Entwicklung des Neubaumarkts zu beurteilen. Sowohl bei Wohngebäuden als auch bei Nichtwohngebäuden kam es im Vergleich zum Jahr 2000 zu einem deutlichen Rückgang bei der Anzahl von Neubauten, wobei die Zahl fertiggestellter Wohngebäude nach einem Tiefpunkt im Wirtschaftskrisenjahr 2009 im Trend wieder ansteigt (Statistisches Bundesamt, 2019a). In absoluten Zahlen lag auch die Anzahl neu errichteter Wohngebäude in Holzbauweise 2018 niedriger als im Jahr 2000, bei Nichtwohngebäuden lag die Zahl der Holzgebäude 2018 leicht höher. Der relative Anteil an den errichteten Gebäuden steigt in beiden Bereichen aber bei einer längerfristigen Betrachtung klar an. Zu beachten ist zudem, dass die Holzbauquote nach umbautem Raum sowohl bei Wohngebäuden als auch Nichtwohngebäuden dem Niveau nach niedriger ausfällt (siehe Statistisches Bundesamt, 2019a), was auf strukturelle Unterschiede bei der Größe der in Holzbauweise realisierten Gebäude hinweisen kann.

**Abbildung 3:** Entwicklung des Holzbau-Marktanteils beim Neubau von Nichtwohngebäuden



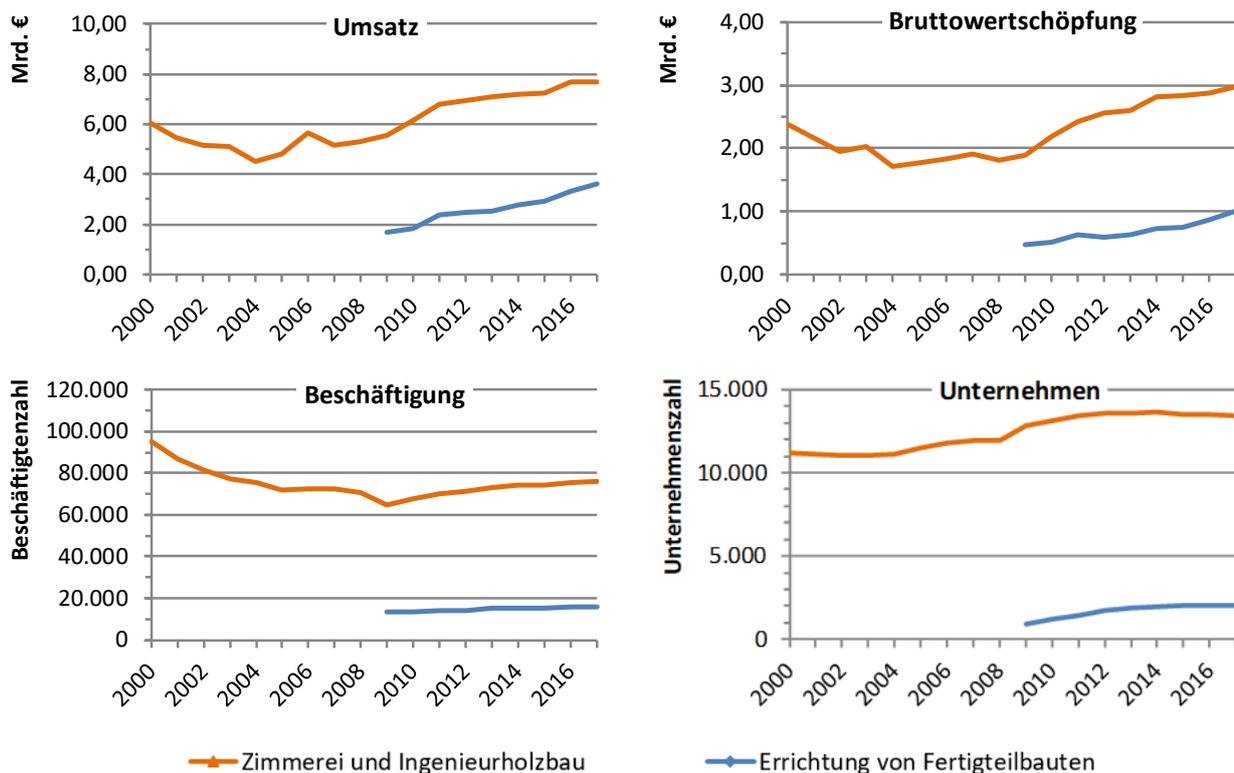
Anm.: Baufertigstellungen nach überwiegend verwendetem Baustoff.

Quelle: Statistisches Bundesamt (2019a)

## 2.2 Entwicklung von Umsatz, Wertschöpfung, Beschäftigten- und Unternehmenszahlen

Einen weiteren Eindruck von der Marktentwicklung des Bauens mit Holz vermitteln volkswirtschaftliche Branchenkennzahlen, die durch die Clusterstatistik des Thünen-Instituts bereitgestellt werden (Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, 2019a). Abb. 4 stellt die Entwicklung von Umsatz, Wertschöpfung und Beschäftigung sowie die Anzahl der Unternehmen für die Branchen „Zimmerei und Ingenieurholzbau“ und „Errichtung von Fertigteilmbauten“ (ausgewiesen ab 2009 auf Basis der Wirtschaftszweigsystematik 2008) dar, die zur Clusterstatistik-Branchengruppe „Holz im Baugewerbe“ gehören (zu Methodik und Datengrundlagen siehe Seintsch, 2013; Becher, 2016).<sup>2</sup> Für die gesamte volkswirtschaftliche Leistung, die durch das Bauen mit Holz erzeugt wird, sind auch vorgelagerte Wertschöpfungsschritte relevant, wie beispielsweise die Herstellung von Konstruktions- und Fertigteilmteilen in der Holzverarbeitenden Industrie, die Herstellung von Holzwerkstoffplatten in der holzbearbeitenden Industrie oder forstwirtschaftliche Aktivitäten. Zimmerei und Ingenieurholzbau sowie der Fertigteilmbauten sind jedoch direkt in die Errichtung von Tragkonstruktionen in Holzbauweise involviert, so dass Kennzahlen einen Eindruck von der Marktentwicklung vermitteln.

**Abbildung 4:** Umsatz, Wertschöpfung, Beschäftigung und Unternehmen im konstruktiven Holzbau



Anm.: Beschäftigtenzahlen umfassen sozialversicherungspflichtig und geringfügig Beschäftigte. Für den Fertigteilmbau sind Daten erst ab 2009 (nach WZ 2008) verfügbar.

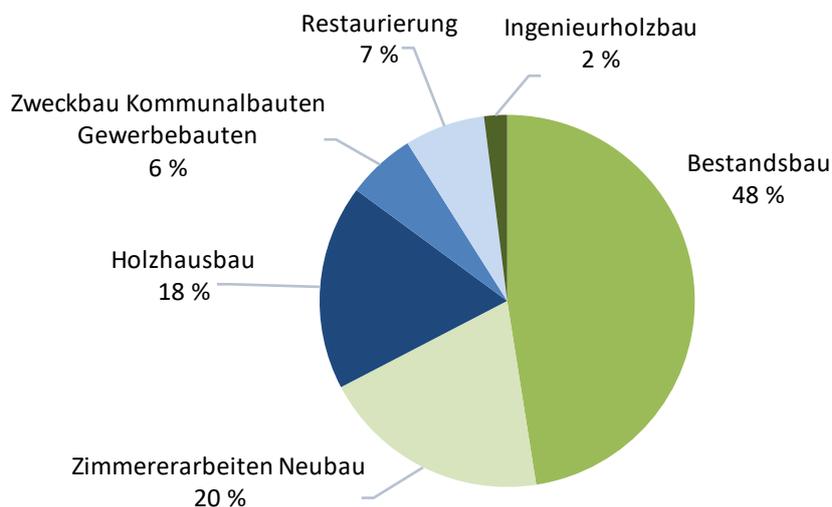
Quelle: Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie (2019a)

<sup>2</sup> Außerdem gehört die Branche „Bautischlerei und -schlosserei“ zu dieser Branchengruppe, der Fokus liegt hier allerdings auf dem Einbau von Fenstern und Türen sowie dem Innenausbau.

Wie in Abb. 4 dargestellt, haben sich Umsatz und Bruttowertschöpfung in den Branchen Zimmerei und Ingenieurholzbau und Holzfertigbau seit den Wirtschaftskrisen Jahren 2008/2009 deutlich positiv entwickelt. Auch bei der Beschäftigung hat sich seit der Wirtschaftskrise eine positive Entwicklung ergeben. Die Zahl der im Zimmerer- und Ingenieurholzbau aktiven, umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen hat sich über die letzten 5 Jahre hinweg relativ stabil entwickelt, bei einem positiven längerfristigen Trend. Die Zahl der zur Branche Holzfertigbau zugehörigen Unternehmen unterliegt einem steigenden Trend.

Bei der Konjunkturumfrage von Holzbau Deutschland zur Geschäftsentwicklung im Zimmerer- und Holzbaugewerbe wurde für 2018/2019 mit einer zunehmenden Geschäftstätigkeit gerechnet; zudem wurden weitere Umsatzsteigerungen prognostiziert (Holzbau Deutschland, 2019a). Für die zukünftige Ausrichtung der Bautätigkeit wurde der Bestandsbau aufgrund knapper werdender Bauflächen allerdings als relevanter beurteilt als der Neubau. Auch beim Fertigbau wird die wirtschaftliche Entwicklung verbandsseitig positiv beurteilt; der Marktanteil der Fertigbauweise an genehmigten Ein- und Zweifamilienhäusern hat sich nach anhaltendem Wachstum in den Vorjahren 2018 bei oberhalb von 19 % etabliert (BDF, 2019). Der Anteil der Holzfertigbauweise an neugebauten Wohngebäuden im Fertigteilbau lag 2018 bei 86,1 % (Statistisches Bundesamt, 2019a). Der Ein- und Zweifamilienhausbau stellt dabei das Kerngeschäft dar (BDF, 2019). Das Zimmerer- und Holzbaugewerbe ist vergleichsweise breit aufgestellt (siehe Abb. 5) – mit einem Umsatzanteil von 48 % stellte 2017 das Bauen im Bestand den bedeutendsten Leistungsbereich dar (Holzbau Deutschland, 2019a). Was die strategische Ausrichtung von Holzbauaktivitäten angeht, wurde in Expertengesprächen die Unterscheidung zwischen niedriggeschossig und mehrgeschossig als relevanter beurteilt als die zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Eine Ausnahme sind Industriebauten, die spezifische Ingenieurholzbauexpertise voraussetzen (z. B. Hallentragwerke).

**Abbildung 5:** Umsatzanteile verschiedener Leistungsbereiche im Zimmerer- und Ingenieurholzbau



Quelle: Holzbau Deutschland (2019a)

### 3 Methodik und theoretischer Rahmen

Eine Ausweitung des Markts für Holzbauweisen trifft auf verschiedene Herausforderungen, die aus der Forschung bekannt sind (z. B. Hafner et al., 2017; Filippi, 2013a; b; Dederich, 2013; Meo Carbon Solutions, 2014; Kristof et al., 2007; Ludwig et al., 2017). Eine strukturierte Übersicht zu Hemmnissen wurde insbesondere im Projekt THG-Holzbau von Hafner et al. (2017) erarbeitet (siehe Anhang 1). Gerade in den letzten Jahren haben sich marktliche und politische Rahmenbedingungen für den Holzbau allerdings dynamisch entwickelt. Um den Dialogprozess der Charta für Holz 2.0 zu unterstützen, legt die vorliegende Studie daher den Fokus auf die Frage, inwiefern sich in den letzten 5 Jahren Veränderungen bei relevanten Hemmnissen ergeben haben, um die Ableitung weiterer Handlungsbedarfe zu unterstützen. Ziel ist zudem ein verbessertes Verständnis davon, welche Instrumente von welchen Akteursgruppen eingesetzt wurden, um Hemmnisse zu adressieren, und welche Erfahrungen mit verschiedenen Maßnahmen gemacht wurden. Schwerpunktmäßig wurden dabei Hemmnisse für die Verwendung von Holz in der Konstruktion von Neubauten betrachtet – Rahmenbedingungen für die Holzverwendung im Sanierungsbereich oder im Dämmstoffmarkt wurden nicht analysiert (zu letzterem siehe etwa Wolf und Rüter, 2019a).

Veränderungen in Hemmnissen treten in Wechselwirkung miteinander und wirken sich so auf die weitere Marktentwicklung des Bauens mit Holz aus. Um ein systemisches Verständnis entsprechender Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu erhalten, verwenden wir den Innovationssystemansatz als Untersuchungsrahmen, der in Abschnitt 3.1 knapp vorgestellt wird. Um die Frage zu beantworten, inwiefern sich Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in den letzten fünf Jahren verändert haben, wurden eine Literatur- und Dokumentenanalyse sowie qualitative Experteninterviews durchgeführt. Abschnitt 3.2 stellt das methodische Design der Expertenbefragung vor.

#### 3.1 Innovationssystemansatz als Analyserahmen

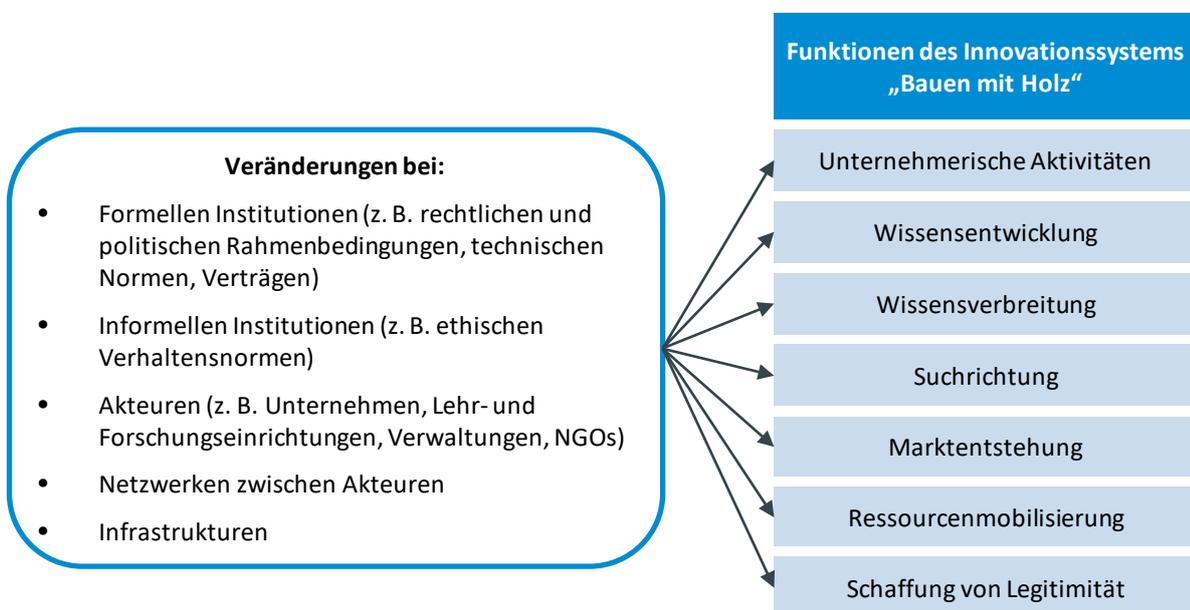
Der Innovationssystemansatz integriert Einsichten verschiedener Theorien, die auf die Erklärung von Innovationsprozessen und technologischen Wandel abzielen (Hekkert et al., 2007; Edquist, 1997). Allgemein umfasst ein Innovationssystem „alle wichtigen ökonomischen, gesellschaftlichen, politischen, organisatorischen und anderen Faktoren, welche die Entwicklung, Diffusion und Nutzung von Innovationen beeinflussen“ (Edquist, 1997, S. 14, eigene Übersetzung). Eine Analyse der Interaktionen von Systemelementen wie Akteuren, Institutionen, Netzwerken und Infrastrukturen ermöglicht es, systemische Stärken aber auch Probleme zu identifizieren, welche die Leistungsfähigkeit von Innovationssystemen beeinträchtigen (Carlsson und Stankiewicz, 1991; Edquist, 1997; Wiczorek und Hekkert, 2012; Weber und Rohrer, 2012; Lundvall, 1992). Hieraus lässt sich Handlungsbedarf ableiten, der je nach Kontext von verschiedenen staatlichen oder nichtstaatlichen Akteuren oder Zusammenschlüssen von Akteuren adressiert werden kann.

Je nach Forschungsfrage kann der Innovationssystemansatz auf verschiedenen Ebenen angewendet werden (z. B. für nationale, regionale und technologische Innovationssysteme). Für bestimmte Technologiefelder, zu denen auch das „Bauen mit Holz“ gezählt werden kann, eignet sich insbesondere die Analyse technologischer Innovationssysteme – hier können Systemelemente nationale, regionale oder sektorale Grenzen überschreiten (Hekkert et al., 2007; Carlsson und Stankiewicz, 1991). So lassen sich etwa Rahmenbedingungen in vorgelagerten Wertschöpfungsstufen, die außerhalb des Bausektors liegen, oder der internationale Austausch zu Holzbauweisen in die Analyse einbinden. Zudem können Wechselwirkungen zwischen ver-

schiedenen innovativen und etablierten technologischen Innovationssystemen untersucht werden. Anwendungsbeispiele für den Bereich der holzbasierten Bioökonomie bieten etwa Hellsmark et al. (2016), Giurca und Späth (2017) sowie Purkus et al. (2018).

Um dynamische Veränderungen in Innovationssystemen zu untersuchen und systemische Probleme, die Entwicklungen hemmen, zu identifizieren, bietet sich ein funktionaler Analyseansatz an (Hekkert und Negro, 2009; Bergek et al., 2008a; Hekkert et al., 2007). Dabei lassen sich verschiedene Funktionen unterscheiden, welche die Entstehung, Verbreitung und Nutzung von Innovationen unterstützen (siehe Abb. 6). Wenn einer oder mehrere dieser Prozesse nur schwach ausgebildet sind, kann dies die Funktionsfähigkeit des Innovationssystems als Ganzes in Frage stellen, wobei die Relevanz einzelner Funktionen vom Entwicklungsstand des Systems sowie von Wechselwirkungen zwischen den Funktionen abhängt. Systemische Probleme können durch Eigenschaften der Systemelemente oder durch externe Faktoren (z. B. Entwicklungen bei konkurrierenden Technologien) hervorgerufen werden (Bergek et al., 2008a; Jacobsson und Bergek, 2011).

**Abbildung 6:** Innovationssystemansatz im Überblick



Quelle: basierend auf Wieczorek und Hekkert (2012); Hekkert et al. (2007); Bergek et al. (2008a)

Tabelle 1 stellt die einzelnen Funktionen genauer vor. In Kapitel 4 wird auf dieser Basis analysiert, inwiefern sich bekannte Hemmnisse und Veränderungen in Rahmenbedingungen auf die Funktionen des Innovationssystems „Bauen mit Holz“ auswirken. Zudem werden mögliche Ansätze zur Stärkung der Funktionen diskutiert.

**Tabelle 1:** Funktionen von technologischen Innovationssystemen

<b>Funktion</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>Unternehmerische Aktivitäten</b>	Unternehmer spielen eine zentrale Rolle dabei, mit neuen Kombinationen von technologischem Wissen, Anwendungen und Märkten zu experimentieren. Durch die Erschließung neuer Geschäftsmöglichkeiten und die Umsetzung konkreter Projekte werden Lernprozesse zu neuen Technologien und ihrem Anwendungskontext ausgelöst und Unsicherheiten reduziert. Diese Funktion kann von neu in den Markt eintretenden oder bestehenden Unternehmen, die ihr Geschäftsfeld diversifizieren, ausgefüllt werden.
<b>Wissensentstehung</b>	Forschung, Entwicklung und Lernen bilden die Basis für Innovationsprozesse. Die Funktion bildet verschiedene Formen der Wissensentstehung ab, wie Grundlagen- und Anwendungsforschung und Learning by Doing. Relevant ist dabei nicht nur Wissen zu technologischen Grundlagen und Leistungsmerkmalen, sondern z. B. auch zum Zusammenspiel von neuen Technologien und Geschäftsabläufen, regulatorischen Rahmenbedingungen oder dem Nutzerverhalten.
<b>Wissensverbreitung</b>	Für die Verbreitung von Wissen im Innovationssystem spielen Netzwerke eine wichtige Rolle. Dazu zählen nicht nur F&E-Netzwerke, sondern auch der Austausch zwischen Forschenden, Marktakteuren, Verwaltung, Politik und Zivilgesellschaft, durch den Wissen kombiniert und angepasst wird (als Learning by Interacting oder, beim Austausch zwischen Produzenten und Anwendern, Learning by Using).
<b>Suchrichtung</b>	Die Funktion bildet die gesellschaftliche Selektionsumgebung für Technologien ab, die Such- und Lernprozessen eine Richtung gibt und Schwerpunkte für den Einsatz knapper Ressourcen setzt. Eine Suchrichtung kann sich aus der Kombination unterschiedlicher Einflüsse ergeben, z. B. aus politischen Rahmensetzungen (Zielen, Strategien und Instrumentenmixen), der artikulierten Nachfrage von Konsumenten, Preisentwicklungen oder Industriestrategien. Die Suchrichtung beeinflusst Erwartungen hinsichtlich der Technologie- und Marktentwicklung und kann so starke Auswirkungen auf weitere Funktionen des Innovationssystems haben.
<b>Marktentstehung</b>	Die Marktentstehung für innovative Technologien verläuft i. d. R. in drei Phasen. Nischenmärkte ermöglichen Lerneffekte und eine Reduzierung von Unsicherheiten z. B. bezüglich von Preis- und Leistungsmerkmalen oder nachfrageseitigen Anforderungen. Die Nischenbildung kann von der öffentlichen Hand oder privaten Akteuren unterstützt werden. Nischen ermöglichen Experimente, wohingegen in Brückenmärkten die Diffusion von Innovationen im Fokus steht: Das umgesetzte Volumen und die Zahl aktiver Akteure erhöht sich. Institutionelle Rahmenbedingungen (z. B. Standards, rechtlicher Rahmen, Anreizinstrumente, soziale Normen) können diese Entwicklung befördern oder behindern. Massenmärkte für erfolgreiche Innovationen entstehen z. T. Jahrzehnte später.
<b>Ressourcenmobilisierung</b>	Aktivitäten im Innovationssystem erfordern Ressourcen wie Finanzkapital, qualifizierte Arbeitskräfte oder Rohstoffe. Die Funktion bildet ab, wie gut das System entsprechende Ressourcen mobilisieren kann. Dies schließt die Bereitstellung geeigneter Kompetenzen durch Aus- und Weiterbildung ebenso ein wie die Entwicklung komplementärer Dienstleistungen, Produkte oder Infrastrukturen, die innovative Technologien unterstützen.
<b>Legitimität</b>	Legitimität bezieht sich auf die gesellschaftliche Akzeptanz von Innovationen, aber auch auf ihre Kompatibilität mit maßgeblichen institutionellen Rahmenbedingungen. Neue Technologien treffen oftmals auf Widerstand von Seiten etablierter Wettbewerber und Interessensgruppen. Koalitionen verschiedener Befürworter spielen eine wichtige Rolle dabei, Widerstände zu überwinden und auf eine gegenseitige Anpassung von institutionellen Rahmenbedingungen und Innovationssystem hinzuwirken. Voraussetzung ist, dass relevante Akteursgruppen eine Technologie als angemessen und wünschenswert einstufen, so dass positive Erwartungen hinsichtlich ihrer weiteren Entwicklungen entstehen.

Quelle: basierend auf Hekkert et al. (2007); Bergek et al. (2008a); Hekkert und Negro (2009)

### 3.2 Gestaltung und Auswertung der Expertenbefragung

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurden eine Literatur- und Dokumentenanalyse sowie Interviews mit 21 Expertinnen und Experten aus Verbänden, Holzbau-Praxis, Wissenschaft und Verwaltung durchgeführt (siehe Tab. 2). Der Einbezug von Expertenwissen spielt eine wichtige Rolle dabei, Erkenntnisse zu aktuellen Veränderungsprozessen zu generieren. Zudem ermöglichen Expertengespräche, bei der Erklärung und Bewertung von Entwicklungen die Perspektiven unterschiedlicher Akteursgruppen miteinzubeziehen. Bei Interviewanfragen wurden sowohl Experten berücksichtigt, die in der Arbeitsgruppe „Bauen mit Holz in Stadt und Land“ der Charta für Holz 2.0 oder der Charta-Steuerungsgruppe aktiv sind, als auch Gesprächspartner mit externem Blick auf den Charta-Prozess. Die Identifizierung möglicher externer Gesprächspartner erfolgte auf Basis von Veröffentlichungen, Tagungsbeiträgen oder dem Bezug zu relevanten regionalen Initiativen.

Gespräche wurden als halbstrukturierte, qualitative Leitfadeninterviews gestaltet, die persönlich geführt wurden – die Länge variierte im Ergebnis zwischen ca. 50 Minuten und zwei Stunden. Fragekategorien wurden auf Basis der Ergebnisse der Literaturanalyse erarbeitet, wobei insbesondere die Hemmnisanalyse von Hafner et al. (2017) einen wichtigen Orientierungspunkt bildete. Anhang 2 enthält den generischen Leitfaden, der je nach inhaltlichem Schwerpunkt der Gesprächspartner angepasst wurde. Neben den Veränderungen in Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz waren auch Einschätzungen zu Handlungsoptionen Gegenstand der Interviews. Zudem wurde nach relevanten Entwicklungen in Rahmenbedingungen gefragt, die noch nicht durch Fragekategorien abgedeckt wurden.

Anhang 3 bietet eine Übersicht der interviewten Expertinnen und Experten. Zur Transkription von Gesprächen wurde unterstützend die Analysesoftware f4x eingesetzt (dr. dresing & pehl GmbH, 2020). Die Auswertung der Interviews erfolgte per qualitativer Inhaltsanalyse (Kaiser, 2014; Gläser und Laudel, 2010). Dabei dienten die Innovationssystemfunktionen, die durch Veränderungen in Rahmenbedingungen beeinflusst werden, als übergeordnete Analysedimensionen. Die Kodierung des Textmaterials wurde anhand der aus der Literatur bekannten Hemmnisse vorgenommen – auf Basis der Interviewaussagen wurden dabei Hypothesen zur kausalen Zuordnung von Hemmnissen zu Innovationssystemfunktionen überprüft, und wo nötig neue Kategorien gebildet. Die Zusammenführung von Interviewaussagen und die darauf basierende Auswertung erfolgte in anonymisierter Form. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse von Literaturanalyse und Interviews zusammengefasst und interpretiert.

**Tabelle 2:** Übersicht durchgeführter Interviews, nach Akteursgruppen

Akteursgruppen	Anzahl durchgeführter Interviews
Wissenschaft	6
Verwaltung	4
Holzbaupraxis	3
Regionale Cluster- u. Beratungsinitiativen	4
Holzbau-Verbände	3
Umweltverbände	1

## 4 Veränderungen der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Literatur- und Dokumentenanalyse und der Experteninterviews wird im Folgenden diskutiert, wie sich Veränderungen, die sich in den letzten fünf Jahren in den Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz vollzogen haben, auf die Funktionen des Innovationssystems „Bauen mit Holz“ auswirken (siehe Tab. 1 in Kap. 3.1). Dabei wird untersucht, inwiefern aus der Literatur bekannte Hemmnisse adressiert werden konnten, und welche Handlungsoptionen zur weiteren Stärkung der Innovationssystemfunktionen bestehen.

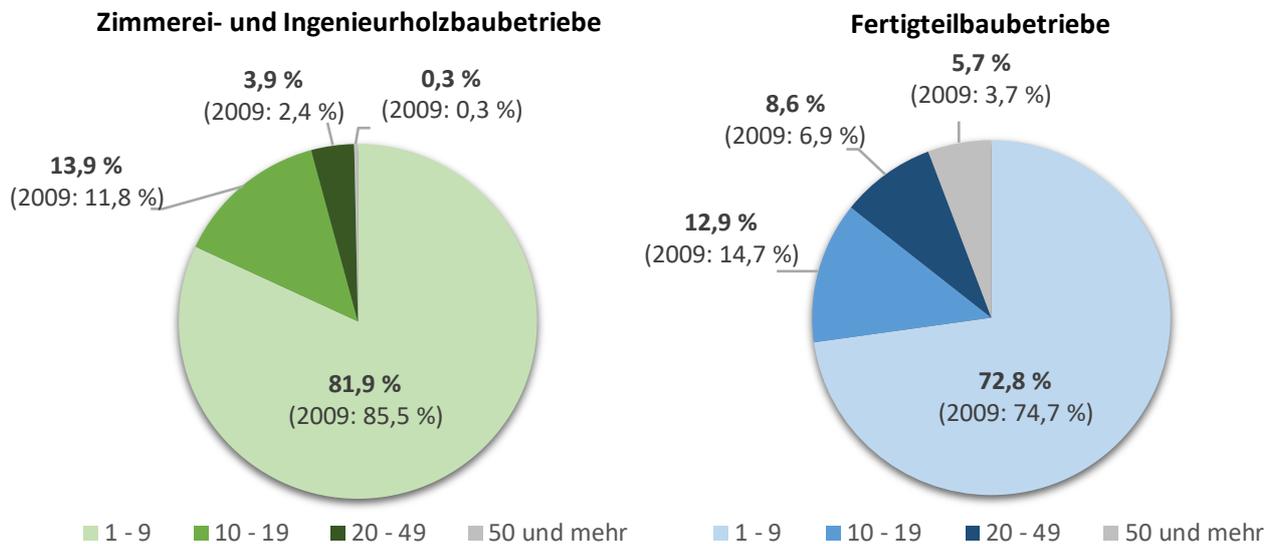
### 4.1 Unternehmerische Aktivitäten

Im Holzbau ist eine Vielzahl von Unternehmen aktiv, die Lösungen im Bereich verschiedener Holz- und Hybridbauweisen sowie vielfältige Bauprodukte anbieten und Lerneffekte generieren (siehe Kap. 2.2). Neben etablierten Anwendungen wie im Ein- und Zweifamilienhausbau, im landwirtschaftlichen Bauen oder anderen niedriggeschossigen Nichtwohngebäuden existieren inzwischen auch im Bereich des mehrgeschossigen Bauens zahlreiche Projektbeispiele und Umsetzungsoptionen (Kaufmann et al., 2017a; FNR, 2018a; Cheret et al., 2013). Die Innovationssystem-Funktion, durch unternehmerische Experimente Vielfalt zu schaffen, wird durch Interaktionen zwischen Unternehmen in Ausführung und Fertigung, Forschungseinrichtungen, Fachplanern, Auftraggebern und Gebäudenutzern ausgefüllt.

Bei der weiteren Ausweitung des Bauens mit Holz wird allerdings ein Hemmnis darin gesehen, dass die klein- und mittelständische Unternehmensstruktur der Holzbaubranche die Kapazität zur Realisierung mehrgeschossiger Holzbauten beschränkt (Hafner et al., 2017, S. 89). Diese Struktur ist traditionell gewachsen und geht oftmals mit einer betrieblichen Ausrichtung auf regionale oder örtliche Märkte einher (Filippi, 2013a). 2019 waren in 82 % der Zimmerei- und Ingenieurholzbaubetriebe weniger als 10 Personen beschäftigt, im Fertigteilbau waren es ca. 73 % (siehe Abb. 7). Die Branchenstruktur erweist sich im Zehnjahresvergleich als relativ stabil, auch wenn der Anteil der Kleinstbetriebe mit weniger als 10 Beschäftigten im Zeitverlauf leicht zurückgeht (Statistisches Bundesamt, 2020). Der mehrgeschossige Holzbau ist jedoch nicht nur mit höheren technischen und planerischen Anforderungen verbunden als etablierte Geschäftsbereiche, sondern bringt auch deutlich höhere Finanzvolumina und Bauteilstückzahlen mit sich (Hafner et al., 2017, S. 89). Auch in den Experteninterviews wurden hohe Vorfinanzierungserfordernisse als Hemmnis für kleine Unternehmen genannt, wenn es um die Umsetzung größerer Projekte im urbanen Bereich geht – dies gilt nicht nur für mehrgeschossige Wohnhäuser (die zudem teils nicht einzeln, sondern als Siedlung in Auftrag gegeben werden), sondern z. B. auch für größere Kita- und Schulbauprojekte der öffentlichen Hand (Ohnesorge et al., 2019). Auch der Umgang mit finanziellen Risiken ist bei großvolumigen Projekten für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) eine Herausforderung. Insbesondere im mehrgeschossigen Bereich erhöhen sich zudem Abstimmungserfordernisse, da an der Planung und Ausführung von Projekten eine deutlich höhere Zahl von Akteuren beteiligt ist als beim Ein- und Zweifamilienhausbau oder bei niedriggeschossigen Nichtwohnhäusern (Filippi, 2013a; Kaufmann et al., 2017b).

Im Folgenden wird daher diskutiert, inwiefern sich Veränderungen in der Kapazität der Holzbaubranche zur Realisierung mehrgeschossiger Projekte abzeichnen, und welche Entwicklungen zu einer verstärkten Erschließung dieses neuen Geschäftsfelds beitragen könnten.

**Abbildung 7:** Zimmerei- und Ingenieurholzbaubetriebe und Fertigteilbaubetriebe nach Beschäftigtengrößenklassen



Basis: 11.622 Betriebe im Zimmerei und Ingenieurholzbau, 698 Betriebe im Fertigteilbau.<sup>3</sup>

Quelle: Statistisches Bundesamt (2020)

#### 4.1.1 Veränderungen in der Branchenkapazität

Ein Indikator für perspektivische Veränderungen in der Branchenkapazität sind geplante Erweiterungsinvestitionen. In der Konjunkturumfrage von Holzbau Deutschland (2019a) gaben 78 % der Unternehmer an, Investitionen zu planen – 64 % planten Ersatzinvestitionen, 24 % Erweiterungsinvestitionen und 22 % hatten vor, in Rationalisierungsmaßnahmen zu investieren (Mehrfachnennungen möglich). Auch bei Umfragen in 2017 und 2018 wurde festgestellt, dass immerhin jeder vierte Betrieb Erweiterungsinvestitionen plante, während in den Vorjahren Ersatzbeschaffungsmaßnahmen die geplante Investitionstätigkeit dominierten (siehe Holzbau Deutschland, 2020).

Interviews ermöglichen eine qualitative Einschätzung von aktuellen Branchenentwicklungen. Die befragten Experten gaben überwiegend an, strukturelle Veränderungen in der Holzbaubranche zu beobachten, die auf verschiedenen Ebenen stattfinden. Zum einen werden Wachstumsbestrebungen bei kleinen Zimmereien und Holzbauunternehmen gesehen, die z. T. auch in die Vorfertigung einsteigen. Ein Wechsel zu digitalen Prozessketten ist allerdings mit Software- und Beratungskosten verbunden, die sich erst ab einer bestimmten Mindestgröße lohnen (Kaufmann et al., 2019). Eine besonders rege Investitionstätigkeit wird bei Mittelstandsbetrieben beobachtet, welche Logistikprozesse verändern, Kapazitäten erweitern und in neue Fertigungshallen investieren, um sich für neue Marktsegmente aufzustellen. In Einzelfällen finde sogar eine strategische Neuausrichtung von Unternehmen hin zu mehrgeschossigen Projekten statt. Allerdings treten

<sup>3</sup> Abweichungen zur Zahl der Unternehmen in Abb. 4 ergeben sich daraus, dass dort die Anzahl der umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen auf Basis der Umsatzsteuerstatistik des Statistischen Bundesamtes abgebildet wird (Seintsch, 2013; Becher, 2016).

regionale Unterschiede auf – mehrgeschossige Neubauten und Aufstockungen sind insbesondere für Unternehmen, die in größeren Städten anbieten, relevant (siehe auch Filippi, 2013a). Insbesondere im ländlichen Raum dominieren niedriggeschossige Neubauten, so dass für Unternehmen mit entsprechendem regionalem Fokus ggf. wenig Anreiz besteht, die Geschäftsstruktur zu verändern. Bei größeren städtischen Projekten wird überregional tätigen Unternehmen eine hohe Relevanz zugewiesen (siehe Ohnesorge et al., 2019).

Für den Fertigbau bleibt der Ein- und Zweifamilienhausbau aufgrund steigender Marktanteile das relevanteste Marktsegment. Die Gebäudeklasse (GK) 3 wird nach Experteneinschätzung aber zunehmend relevanter, zumal bereits Erfahrungen mit dem Bau von Unterkünften für Geflüchtete bestehen, bauordnungsrechtliche Anforderungen hier bundesweit einheitlich geregelt sind und im Vergleich zu den etablierten Geschäftsbereichen weniger umfassende Änderungen zur Erfüllung von Brandschutzanforderungen nötig sind als bei den GK 4 und 5 (siehe Dederich, 2013). Sie wird damit als Vorstufe für einen Einstieg in den mehrgeschossigen Bau bewertet. Neben größeren Finanzierungs- und Investitionsvolumen werden hierfür jedoch Änderungen in Vertriebsstrukturen und Arbeitsprozessen für nötig gehalten, vom vorherrschenden Endkundengeschäft (B2C) zum B2B-Geschäft.

Als übergreifende Trends sehen Experten neben der Stärkung der Vorfertigung eine zunehmende Professionalisierung im Holzbau sowie Standardisierungsbestrebungen, deren Fokus jedoch oft zunächst auf innerbetrieblichen Abläufen liegt. Der Eintritt in neue Geschäftsfelder und Kapazitätsausweitungen sind allerdings graduelle Prozesse, die Zeit in Anspruch nehmen. Angesichts der zunehmenden Nachfrage nach Holzbauten sowohl im privaten als auch öffentlichen Bereich wird von lokalen Kapazitätsengpässen berichtet. Auch große Unternehmen sind z. T. mit etablierten Tätigkeiten im Ein- und Zweifamilienhausbau ausgelastet, was das Interesse an neuen, großvolumigeren Bauvorhaben dämpft. In Geschäftsbereichen wie der Sanierung und anderen Bauaufgaben im Bestand, die für kleinere Zimmereien relevant sind, wird die Nachfrage ebenso als hoch eingeschätzt. Für die gesellschaftliche Erwartungsbildung hinsichtlich des Holzbaus kann die Anpassungsphase an neue Märkte kritisch sein – so kann sich etwa eine negative Öffentlichkeitswirkung ergeben, wenn kommunale Holzbauintiativen auf eine geringe Beteiligung an Ausschreibungen stoßen. Erfahrungen bei der Ausschreibung von Schul- und Kitabauten in Berlin zeigen dabei, dass Gründe für entsprechende Entwicklungen differenziert zu betrachten sind. Eine Studie des Berliner Markts fand Engpässe nicht bei den Produktionskapazitäten, aber bei der Verfügbarkeit von für den Holzbau qualifizierten Planern und regionalen Fachkräften etwa im Montagebereich (Ohnesorge et al., 2019). Außerdem wurde festgestellt, dass der Ausgestaltung von öffentlichen Ausschreibungen eine wichtige Rolle zukommt, etwa hinsichtlich der Größe von Vergabepaketen, der Bemessung von Angebotsfristen oder der holzbaugerechten Definition von Vergabeeinheiten (z. B. Raumabschluss, Gründung und Ausbau, siehe Ohnesorge et al., 2019).

Kapazitätsengpässe können sich zudem negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit der Holzbauweise auswirken, etwa, wenn lange Vorlaufzeiten Geschwindigkeitsvorteile des vorgefertigten Holzbaus gegenüber konventionellen Bauweisen zunichtemachen. Ein weiteres Risiko sehen Experten darin, dass angesichts des Nachfragedrucks Betriebe in den mehrgeschossigen Bereich gehen könnten, die sich mit dieser neuen Aufgabe mangels Erfahrung übernehmen – für die Wachstumsphase des Markts wird eine effektive Qualitätssicherung daher als essenziell beurteilt (siehe 4.5.4). Für die Kapazitätsausweitung besteht unterdessen ein kritischer Engpass in der Verfügbarkeit von Fachkräften (siehe 4.6.1). Die Kapitalverfügbarkeit für Investitionen wird hingegen nicht als problematisch angesehen. So liegen durchschnittliche Eigenkapitalquoten bei über

36 % in den letzten 5 Jahren (über alle Betriebsgrößen hinweg, siehe Holzbau Deutschland, 2019a), und damit deutlich über Vergleichswerten für KMU im gesamten Baugewerbe (KfW, 2019).

### 4.1.2 Strategien für einen optimierten Kapazitätseinsatz

Für den Umgang mit den genannten Herausforderungen werden verschiedene Strategien vorgeschlagen, die den Kapazitätsausbau in Unternehmen der Holzbaubranche ergänzen können. In mehreren Interviews wurde eine verstärkte Arbeitsteilung innerhalb der Branche als Option genannt, um vorhandene Kapazitäten – und insbesondere Fachkräfte – effizienter einsetzen zu können. Zudem wird Kooperationen zwischen Holzbauunternehmen ein hoher Stellenwert zugemessen, um größere Bauvorhaben aus einer klein- und mittelständischen Branchenstruktur heraus bewältigen zu können. Darüber hinaus können die Diversifizierung konventioneller Bauunternehmen sowie die Europäisierung der Holzbaubranche dazu beitragen, eine steigende Nachfrage nach Gebäuden in Holzbauweise zu bedienen.

#### **Verstärkte Arbeitsteilung in der Holzbaubranche**

Als Beispiel für eine Stärkung der Arbeitsteilung wurde in Interviews der Betrieb spezialisierter Abbundzentren genannt (etwa für Dachstühle oder Wandelemente), die insbesondere kleineren Zimmereien einen Fokus auf Veredelung und Montage ermöglichen. Auch der Zukauf von Elementen von Herstellern industrieller Holzbauprodukte kann für kleinere Betriebe Chancen bieten, in neuen Marktbereichen aktiv zu werden, ohne selbst in die Vorfertigung einzusteigen. Bei entsprechenden Herstellern wird teils eine Ausweitung des Angebots beobachtet – montageseitige Fachkräfteengpässe bleiben hierbei allerdings relevant. Als förderlich für eine arbeitsteilige Durchführung von Projekten wurde es zudem angesehen, wenn die Projektplanung von auf Holzbau spezialisierten Architektur- und Ingenieurbüros koordiniert wird. Eine holzbaugerechte Planung und Abstimmung zwischen den Projektbeteiligten vorausgesetzt (siehe Kaufmann et al., 2017b), könnten spezifische Aufgaben (z. B. Außenwand, Dach) an entsprechend spezialisierte Betriebe vergeben werden, ohne das kostspielige Umplanungen nötig würden. Eine stärkere unternehmensübergreifende Standardisierung wird allerdings als wichtige Voraussetzung für eine stärkere Arbeitsteilung betrachtet (siehe 4.5.2). Herausforderungen können nach Expertenauffassung daraus resultieren, dass eine Abgrenzung von Wettbewerbern durch individuelle Konstruktionen eine verbreitete Strategie darstellt, und dass das Bestreben, möglichst viele Verarbeitungsschritte in Zimmereien selbst abzubilden, teils dem beruflichen Selbstverständnis entspricht.

#### **Bildung von Kooperationen**

Gerade bei komplexeren Bauaufgaben bieten Kooperationen eine Reihe von Chancen, wie die Möglichkeit, Finanzierung und Risiken auf mehrere Firmen verteilen zu können, den flexiblen Einsatz personeller und maschineller Kapazitäten, die Nutzung von Synergieeffekten und die Erweiterung bisheriger Aufgabenfelder (Garbrecht, 2019). Angesichts der steigenden Nachfrage nach Gebäuden in Holzbauweise berichteten die interviewten Experten von einem verstärkten Interesse an neuen Formen der Zusammenarbeit – nicht nur bei kleineren, sondern auch bei größeren Unternehmen, um Projekte in neuen Größenordnungen vorfinanzieren und ausführen zu können. Praktisch umgesetzt werden Kooperationen jedoch erst von wenigen Unternehmen (siehe auch Holzbau Deutschland, 2019a; Ohnesorge et al., 2019). Hemmnisse für den Zusammenschluss in Bieter- und Arbeitsgemeinschaften sind insbesondere der gegenüber individuellen Aufträgen erhöhte Verwaltungs- und Kooperationsaufwand, sowie Risiken, die sich aus der gesamtschuldnerischen

Haftung ergeben (Ohnesorge et al., 2019; Holzbau Deutschland, 2019a; Garbrecht, 2019). Partner einer Arbeitsgemeinschaft haften grundsätzlich für alle Verbindlichkeiten der ARGE (Orlowski, 2019), so dass dem Vertrauen in die Leistungsfähigkeit und Solvenz der Mitgesellschafter eine hohe Bedeutung zukommt. Eine Alternative kann die Gründung einer GmbH sein, da die Haftung gegenüber Gläubigern hier auf das Gesellschaftsvermögen beschränkt ist und sich eine persönliche Haftung der Gesellschafter so ausschließen lässt (Orlowski, 2019). Der zusätzliche administrative Aufwand von Kooperationen wurde in Interviews vor allem für kleinere Unternehmen als Problem betrachtet – bei größeren Partnern reduziert sich hingegen die Zahl der Fälle, in denen eine Kooperation einen Mehrwert gegenüber einer Alleindurchführung von Aufträgen bietet. Die Bedeutung von gegenseitigem Vertrauen und der Passfähigkeit von Unternehmen wurde für alle Kooperationsformen hervorgehoben. Ein Erfolgsfaktor wurde darin gesehen, regionale Konkurrenzbeziehungen zwischen beteiligten Unternehmen zu vermeiden. Die Zusammenarbeit in Netzwerken und Verbänden kann eine wichtige Rolle dabei spielen, geeignete Partner zu identifizieren und Vertrauen aufzubauen (siehe auch Ohnesorge et al., 2019).

### **Diversifizierung konventioneller Bauunternehmen**

Eine wachsende Nachfrage nach Holzgebäuden kann auch für Bauunternehmen, deren Fokus bislang auf konventionellen mineralischen Bauweisen lag, einen Markteintritt attraktiv machen. Ein steigendes Interesse nehmen Experten insbesondere bei großen Bauunternehmen wahr – einige Beispiele für Unternehmen, die Holzbaufirmen übernehmen oder entsprechende Abteilungen aufbauen, existieren bereits. Die Möglichkeit, innerhalb eines Unternehmens Expertisen zu verschiedenen Materialien kombinieren können, kann sich im Kontext von Hybridbauten als vorteilhaft erweisen. Für eine Einschätzung, inwiefern sich ein breiterer Trend zur Diversifizierung von Geschäftsbereichen abzeichnet, erscheint es aber zu früh. Ähnlich wie bei Kapazitätserweiterungen bei Holzbauunternehmen stellt die Verfügbarkeit qualifizierter Fachkräfte eine Herausforderung dar (siehe 4.6.1).

### **Europäisierung des Marktes für Holzgebäude**

Insbesondere größere Holzbauprojekte können zudem für Unternehmen aus anderen EU-Mitgliedsstaaten einen Eintritt in den deutschen Markt interessant machen. Experten beobachten, dass sich insbesondere Holzbauunternehmen aus Österreich und der Schweiz an Ausschreibungen in Deutschland beteiligen, die z. T. bereits über mehr Erfahrungen mit großskaligen Holzgebäuden verfügen als inländische Marktteure. Bei Holzbau-Projekten jenseits der Hochhausgrenze wird zudem betont, dass die Zahl der in diesem Bereich aktiven Unternehmen insgesamt noch sehr begrenzt ist – entsprechend sinnvoll erscheint eine Ausrichtung auf den europäischen Markt. Die Harmonisierung von Produkt- und Bemessungsnormen im Bauwesen wurde in Interviews als Chance für eine weitere Europäisierung des Markts betrachtet. Gleichzeitig wurde aber auch darauf hingewiesen, dass bauordnungsrechtliche Anforderungen national z. T. von deutlichen Unterschieden geprägt werden. Ein Grund hierfür liegt darin, dass Anforderungen unterschiedliche Baukulturen widerspiegeln (Dederich, 2013). Auch in Interviews wurde darauf hingewiesen, dass Anforderungen der Nachfrageseite z. T. unterschiedlich ausgeprägt sind, etwa bezüglich der Balance zwischen Herstellungskosten und der Langlebigkeit von Gebäuden. Kooperationen zwischen überregionalen Unternehmen und regionalen Partnern könnten jedoch Ansatzpunkte zum Umgang mit Unterschieden in Anforderungen bieten.

## 4.2 Wissensentstehung

Hinsichtlich der Entstehung von Wissen durch Forschung, Entwicklung und Lernen wird in der Literatur eine mangelnde Koordination von Forschungsanstrengungen problematisiert (Hafner et al., 2017, S. 105 f.). Mit der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e. V. (DGfH) existierte bis 2009 eine zentrale Stelle, um Forschungsarbeiten zu initiieren und koordinieren sowie Ergebnisse zu bewerten und den Wissenstransfer zu unterstützen. Die DGfH wurde durch den Holzabsatzfonds gefördert, der durch eine von Betrieben der Forst- und Holzwirtschaft erhobene Sonderabgabe finanziert wurde; diese Abgabenregelung wurde jedoch 2009 für verfassungswidrig befunden (BVerfG, 2009). In mehreren Interviews wurde hervorgehoben, dass der Austausch von Wissenschaft, Industrie und Verbänden in den DGfH-Fachbereichen es erleichterte, offene Forschungsfragen für den Holzbau zu identifizieren, Partner aus Wissenschaft und Praxis zusammenzubringen, einen politik- und praxisrelevanten Zuschnitt von Projekten zu gewährleisten und Dopplungen zwischen Forschungsarbeiten zu vermeiden (siehe auch Hafner et al., 2017, S. 105 f.). Zudem bot die DGfH ein institutionalisiertes Forum, um Forschungsergebnisse zu diskutieren und verbreiten.

Stand und aktuelle Entwicklungen bei der Koordination von F&E-Anstrengungen wurden von den befragten Experten unterschiedlich bewertet. Zunächst werden zentrale Herausforderungen skizziert, gefolgt von einer Diskussion von aktuellen Entwicklungen und Weiterentwicklungsansätzen. Durch Transfer und Verbreitung von Wissen angestoßene Lernprozesse werden in Kapitel 4.3 behandelt.

### 4.2.1 Herausforderungen bei der Koordination von Forschung und Entwicklung

Die wissenschaftliche Holzbau-Community gilt als gut vernetzt, sowohl national als auch im europäischen Raum, u. a. durch die Kooperation in EU-Projekten und netzwerkorientierten „European Cooperation in Science and Technology (COST)“-Actions. Auch international existieren Netzwerke, wie das International Network on Timber Engineering Research (INTER). Ein erhöhter Abstimmungsbedarf wird aber bei geplanten Forschungen sowie auf der Ebene von Förderinitiativen gesehen. Für den Holzbau sind neben der europäischen Ebene Förderprogramme verschiedener Bundesministerien relevant – dazu zählen etwa das Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ des BMEL, der Waldklimafonds von BMEL und BMU, das Innovationsprogramm Zukunft Bau des BMI, aber auch BMWi-Innovationsförderungsprogramme für KMU. Darüber hinaus existieren Fördermöglichkeiten bei Stiftungen (wie der Deutschen Bundesstiftung Umwelt) und auf Landesebene (z. B. das Holz Innovativ Programm Baden-Württemberg). Zum einen ergibt sich Abstimmungsbedarf zwischen den Fördermittelgebern, um Dopplungen in der Forschung zu vermeiden – zum anderen bestehen aber auch schon beim Entwurf von Projekten Optimierungspotenziale, um Forschungsansätze abzugrenzen und Synergien zu nutzen. Auch die Identifizierung einer passfähigen Förderinitiative für eine Forschungsidee kann herausfordernd sein. Die Vielzahl vorhandener Förderprogramme, für die Bauen mit Holz ein relevantes Thema darstellt, und die Verfügbarkeit entsprechender Mittel wird allerdings als positiv bewertet.

Verbesserungsbedarf sehen Experten zudem in der Abstimmung zwischen Wissenschaft und Industrie, und zwar sowohl bei der Definition von Forschungsthemen, der Einbindung von Praxispartnern und dem Transfer von Ergebnissen (siehe 4.3.1). Eine Herausforderung besteht hier in der klein- und mittelständischen Unternehmensstruktur, die Holzbauunternehmen die Bereitstellung von Finanzmitteln und F&E-Personal erschwert. In den verarbeitenden Industrien des Clusters Forst und Holz spiegelt sich diese Problematik

darin wieder, dass Innovationskennzahlen z. T. deutlich unter den Durchschnittswerten für das verarbeitende Gewerbe insgesamt liegen; für die Branchen des Baugewerbes liegen keine vergleichbaren Daten vor (Rammer et al., 2020; ZEW, 2020). In einem Interview wurde zudem darauf hingewiesen, dass gerade bei inkrementellen Innovationen größere Unternehmen höhere Anreize für F&E-Investitionen haben – je mehr Produkte bzw. Bauprojekte umgesetzt werden, desto eher rechnen sich auch kleine Verbesserungen. Gleichzeitig fällt es größeren Unternehmen leichter, Finanzmittel auch für Innovationen, deren Erfolg unsicher oder mehrere Jahre in der Zukunft liegt, aufzubringen – dies ist auch für den Wettbewerb mit Unternehmen der mineralischen Baustoffindustrien relevant. Gleichzeitig ist spezifisch auf KMU zugeschnittene Forschungsförderung verfügbar. Eine stärkere Beteiligung von KMU in Forschungsverbänden mit Forschungsinstituten und Universitäten, aber auch mehreren Praxispartnern unterschiedlicher Größe wurde daher in mehreren Interviews als wichtiges Handlungsfeld genannt.

## 4.2.2 Aktuelle Entwicklungen und Handlungsperspektiven

In Interviews wurde teils beobachtet, dass sich eine Verbesserung bei der Forschungskoordination abzeichnet. Anfang 2019 haben verschiedene Verbände und Organisationen der Holzwirtschaft eine Koordinierungsstelle für Forschung und Entwicklung im Holzbau gegründet, die beim Holzbau Deutschland-Institut angesiedelt ist (Holzbau Deutschland, 2019b). In Anlehnung an die Arbeit der DGfH soll dies dazu beitragen, Forschungsvorhaben besser miteinander abzustimmen und dabei sowohl die Koordination zwischen Wissenschaft und Industrie als auch die Kommunikation mit verschiedenen in Frage kommenden Fördermittelgebern zu verbessern. Die Identifikation von Forschungsschwerpunkten und Prüfung und Priorisierung von Forschungsvorhaben erfolgt durch einen Koordinierungsbeirat. Darüber hinaus wurde positiv hervorgehoben, dass sich verschiedene Verbände verstärkt engagieren, um Industrieanteile für Forschungsprojekte zu mobilisieren. Mehrere Experten betonten allerdings, dass der Wiederaufbau etablierter Koordinationsstrukturen ein sehr langwieriger Prozess ist. Bei der Schaffung von Finanzierungsgrundlagen tritt die typische Problematik öffentlicher Güter auf: Die Vorteile einer verbesserten Forschungskoordination kommen letztlich der gesamten Branche zu Gute, und lassen sich nur bedingt danach abgrenzen, ob Finanzierungsbeiträge geleistet wurden.

Bei der Abstimmung zwischen Wissenschaft, Praxis und Fördermittelgebern wurde der Charta für Holz 2.0-Prozess zudem als hilfreicher Ansatz betrachtet, da Forschungsbedarf, der im Rahmen des Dialogprozesses identifiziert wird, in FNR-Fachgesprächen zu themenspezifischen Förderaufrufen weiterentwickelt werden kann (z. B. zum landwirtschaftlichen Bauen mit Holz in 2018/2019, siehe FNR, 2019b). Die Aufrufe konkretisieren Förderschwerpunkte des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ des BMEL sowie des von BMEL und BMU getragenen Waldklimafonds (FNR, 2020a).

Insbesondere bei der Abstimmung zwischen Wissenschaft und Industrie wurde unterdessen weiterer Handlungsbedarf gesehen, wobei in Interviews verschiedene Handlungsebenen genannt wurden. Die Setzung von Forschungsschwerpunkten ließe sich durch eine strategische Richtungsdiskussion, wo zukünftige Betätigungsschwerpunkte der Holzbaubranche gesehen werden, erleichtern (siehe 4.4.2). Eine Evaluierung der bereits geleisteten Holzbauforschung könnte ebenfalls zur Identifikation offener Forschungsfragen beitragen, und die Ableitung von Empfehlungen für Wissenstransfer in die Praxis unterstützen. Um Forschungsschwerpunkte personell zu untersetzen, wurden in mehreren Interviews Stiftungsprofessuren als Option genannt. Diese können beispielsweise von Länderseite initialisiert werden (siehe etwa Holzbau-Offensive Baden-Württemberg, 2020); aber auch wirtschaftsseitige Initiativen gelten als wichtiges Instrument, um die

Anwendungsorientierung der Forschung und Kooperationsbeziehungen zu stärken (Mostovova und Hetze, 2018). Allerdings erweist sich auch hier die klein- und mittelständische Struktur der Holzbaubranche als Herausforderung, welche die Bedeutung unternehmensübergreifender Lösungen erhöht.

Innovationsaktivitäten in KMU können durch die Bildung von Clustern gestärkt werden, als geografische Konzentration von Unternehmen und anderen Einrichtungen wie Universitäten und Forschungsinstituten, die aufgrund gemeinsamer Interessen miteinander kooperieren (Porter, 1998; Lichtenberg et al., 2015). Regionale Holzbaucuster wurden in Interviews als wichtige Ansatzpunkte genannt, um Netzwerkbeziehungen zwischen Unternehmen, Forschung und Lehre zu stärken und Synergien sowohl im F&E-Bereich als auch bei der Gestaltung von Wertschöpfungsketten zu erschließen (z. B. im Rahmen von unternehmerischen Kooperationen oder einer arbeitsteiligen Spezialisierung, siehe 4.1.2). Aber auch die Notwendigkeit der überregionalen Koordination von Wissenschaft, Praxis und Clusterinitiativen wurde in Interviews hervorgehoben, um Kooperationspotenziale zu identifizieren. Diskussionsbedarf wird zudem bei der Frage gesehen, welche Aneignungsoptionen für intellektuelles Eigentum bei einer kollaborativen Wissensentstehung genutzt werden (z. B. die gemeinsame Anmeldung von Patenten, Lizenzmodelle, Geheimhaltungs- bzw. Veröffentlichungsvereinbarungen) – je nach Ausgestaltung und Kontext der jeweiligen Innovationsnetzwerke stellt sich dabei die Frage, wie die Balance zwischen dem Ziel einer möglichst breiten Nutzung neuen Wissens und dem Bestreben, Wettbewerbsvorteile für Innovatoren zu schaffen, gestaltet wird (Van Lancker et al., 2016; Gerybadze et al., 2011). Für innovative Bauprodukte aus Laubholz wird darüber hinaus eine Stärkung anwendungsorientierter Forschung, die den Übergang von F&E und Demonstrationsprojekten in Marktanwendungen unterstützt, für wichtig befunden (siehe auch Wehrmann und Torno, 2015), wobei die Gründung des Technikum Laubholz, das 2020 in Baden-Württemberg in Betrieb gehen soll, als ein vielversprechender Ansatz gewertet wird.

### 4.3 Wissensverbreitung

Die Verbreitung von Wissen im Innovationssystem findet auf diversen Ebenen statt – vorangetrieben wird sie beispielsweise durch den Austausch zwischen Forschenden, zwischen Forschung und Praxis, zwischen Praxisakteuren wie ausführenden Betrieben, Fachplanern, privaten und öffentlichen Auftraggebern, Bauverwaltungen und Gebäudenutzern, oder zwischen Verbänden, Politik und Zivilgesellschaft. Hafner et al. (2017, S. 103 f.) problematisieren zum einen geringe Informations- und Beratungsangebote zu Detail- und Ausführungslösungen für Fachplaner, zum anderen geringe Informations- und Weiterbildungsmöglichkeiten für nicht fachspezifische Entscheidungsträger. Darüber hinaus können Probleme bei der F&E-Koordination den Wissenstransfer von Forschungsergebnissen in die Anwendungspraxis hemmen (siehe 4.2). Im Rahmen der Experteninterviews wurde daher um eine Einschätzung gebeten, inwiefern sich der Wissensstand bei Praxisakteuren bzw. die Verfügbarkeit und Qualität von Informations- und Beratungsangeboten in den letzten fünf Jahren verändert haben, und welche Entwicklungen es beim Transfer von F&E-Ergebnissen gegeben hat. In beiden Dimensionen wurden zudem Best Practice-Beispiele für die Wissensverbreitung diskutiert.

Darüber hinaus haben Aus- und Weiterbildungsangebote einen wichtigen Einfluss auf die Wissensverbreitung – insbesondere wird hierdurch jedoch die Mobilisierung von Fachkräften für das Bauen mit Holz beeinflusst, weshalb entsprechende Veränderungen schwerpunktmäßig unter 4.6.1 diskutiert werden.

### 4.3.1 Entwicklungen beim Transfer von F&E-Wissen

Beim Transfer von F&E-Wissen in die Praxis sehen die interviewten Experten positive Entwicklungen, aber auch Verbesserungsbedarf. Positiv hervorgehoben wurde, dass neben wissenschaftlichen Journal-Veröffentlichungen branchenrelevante Fachzeitschriften (z. B. Zeitschriften für Bauwirtschaft, Holzwirtschaft, Architektur, Planung) genutzt werden, um Ergebnisse zu kommunizieren. Auch Broschüren, die Forschungsergebnisse zusammenfassen, wurden als wichtiges Instrument beurteilt. Betont wurde aber auch, dass ein erfolgreicher Ergebnistransfer oftmals erfordert, dass wissenschaftliche Ergebnisse von praxisnahen Organisationen aufgegriffen und weiterbearbeitet werden. Verbände, berufsständische Kammern und öffentliche Verwaltungen können demnach eine wichtige Rolle dabei spielen, konkrete Handlungsleitfäden etwa zur Umsetzung technischer Standards oder zur Durchführung von Planungs- und Vergabeprozessen abzuleiten. Der Grund ist, dass für die zielgruppengerechte Interpretation und Aufbereitung von Ergebnissen (z. B. für Zimmerer, Bauelementhersteller, kommunale Verwaltungen) Praxiswissen erforderlich ist, so dass dieser Schritt z. T. nicht von Universitäten und Forschungsinstituten geleistet werden kann. Auch Fachinformationsdienste können hier unterstützen, wie der vom Informationsverein Holz e.V. getragene Informationsdienst Holz oder das Kompetenz- und Informationszentrum Wald und Holz (KIWUH) der FNR. Gleichzeitig wurde erhöhter Abstimmungsbedarf zwischen Initiativen, die sich im Wissenstransfer engagieren, gesehen. Auch F&E-Kooperationen mit Partnern aus Wirtschaft und Verwaltung wurden als wichtiges Instrument genannt, um Ergebnisse in Produkt- und Prozessinnovationen zu überführen oder die Ableitung von Anpassungsbedarf bei Regulierungen und Verwaltungsabläufen zu unterstützen.

Bei der Entwicklung von Handlungsleitfäden für die öffentliche Verwaltung kann dabei insbesondere die Bundesebene eine wichtige koordinierende Rolle spielen. In Interviews wurde mehrfach der Gemeinsame Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten vom 22. Dezember 2010 sowie der 2017 veröffentlichte Gemeinsame Leitfaden zur Interpretation und Umsetzung des Erlasses als Positivbeispiel angeführt (siehe BMEL, 2017; 2018a).<sup>4</sup> Der Erlass stellt für die Bundesverwaltung verbindliche Regeln auf, wonach öffentlich beschaffte Holzprodukte nachweislich aus legaler und nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammen müssen, und wurde von diversen Bundesländern, Städten und Kommunen übernommen (Bick, 2016). Auch wenn die Anwendung auf diesen Ebenen nicht verpflichtend ist, können Leitfäden auf Bundesebene doch eine wichtige Vorbildfunktion entfalten und Unsicherheiten bei Verwaltungen reduzieren. Zudem kann einer regionalen Ausdifferenzierung von Regelungen, die für überregional tätige Marktakteure erhöhten Aufwand bedeutet, zumindest teilweise vorgebeugt werden.

Um den Transfer von F&E-Wissen in die Praxis zu erleichtern, wurde in mehreren Gesprächen der Wunsch nach einem Webportal zur Holzbauforschung geäußert, das einen zentralen Überblick über Forschungsthemen bietet, Ergebnisse verlinkt und im Idealfall übergreifende Lehren zusammenstellt. Dies könnte für Praxisakteure Zugangsbarrieren verringern, da die Suche nach dezentral verfügbaren Projektberichten und Abschlussarbeiten oftmals als zu zeitintensiv eingeschätzt wird. Zudem ließe sich auf diesem Wege die Forschungskoordination und die Identifizierung offener Forschungsfragen erleichtern (siehe 4.2).

Abschließend wurde die Bedeutung von Netzwerken für den Transfer von F&E-Wissen betont. So sprachen Experten regionalen Netzwerken eine wichtige Rolle dabei zu, einen persönlichen Austausch zwischen Wissenschaft und Branchenakteuren zu ermöglichen, und ein anwendungsnahes Forum für die Präsentation

---

<sup>4</sup> Die Regelung ersetzte den Gemeinsamen Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten von BMWI, BMELV, BMU und BMVBS vom 17. Januar 2007, der auf vier Jahre befristet war (siehe Bick 2016).

und Diskussion von Forschungsergebnissen zu bieten. Eine Herausforderung wird weiterhin in der Ansprache von Akteuren gesehen, die bislang nicht innerhalb der Holzbaubranche vernetzt sind, wie z. B. Fachplaner, die bislang nicht in Holz gearbeitet haben. Eine verstärkte Kooperation mit entsprechenden Kammern kann hier Ansätze bieten. Um ein breiteres Publikum jenseits etablierter Holzbaunetzwerke zu erreichen, wird zudem der Art und Weise, wie Forschungsergebnisse kommuniziert werden, eine hohe Bedeutung zugemessen – eine Strategie kann dabei darin bestehen, den Bezug zu Visionen und Zukunftschancen zu betonen, um Begeisterung für die Beschäftigung auch mit komplexen Themen wie Building Information Modelling zu wecken. Dies spielt auch bei der Bildung von Erwartungen hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung des Innovationssystems eine Rolle (siehe 4.7). Um Forschungsergebnisse in die gesellschaftliche Debatte einzubringen, wird darüber hinaus die Vernetzung und Zusammenarbeit von Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft als wichtig erachtet.

### 4.3.2 Entwicklungen bei der Verfügbarkeit und Qualität von Informations- und Beratungsangeboten

Nach Einschätzung der interviewten Experten hat sich die Wissenslage zum Bauen mit Holz in den letzten Jahren verbessert, aber in der Breite werden weiterhin Informationsdefizite gesehen – sowohl auf Seite privater und öffentlicher Auftraggeber als auch bei Fachplanern und Bauverwaltungen. Zum einen sind Unsicherheiten bezüglich allgemeiner Eigenschaften des Holzbaus relevant, die darüber entscheiden, ob für Auftraggeber Holzbauweisen in Betracht kommen oder Fachplaner, die bislang nicht in Holz gearbeitet haben, eine entsprechende Erweiterung ihres Tätigkeitsfelds als lohnenswert erachten. Zum anderen gilt es, Informationsdefizite zu Fachplanungs- und Ausführungswissen, das zur Realisierung von Holzbauten benötigt wird, zu adressieren (siehe Hafner et al., 2017, S. 103 ff.).

#### Informationen zu grundlegenden Eigenschaften des Holzbaus

In Bezug auf die Wissenslage zu grundlegenden Eigenschaften des Holzbaus wurde in den Interviews berichtet, dass Unsicherheiten über Kosten, Brandrisiken und die Haltbarkeit von Holzbauten im Vergleich mit konventionellen Bauweisen weiterhin verbreitet sind, auch wenn die Nachfrage nach Informationen sowie das öffentliche Interesse zunehmen. Auch die Frage, inwiefern nachhaltig erzeugtes Holz für eine Ausweitung des Bauens mit Holz verfügbar ist, wird häufig diskutiert (siehe 4.6.2). Zu den Eigenschaften des Holzbaus sind umfangreiche Informationsmaterialien verfügbar, die sich an die Öffentlichkeit oder verschiedene Zielgruppen richten – neben Fachveröffentlichungen zählen dazu Webseiten von Branchenverbänden oder regionalen Cluster- und Netzwerkorganisationen, sowie Informationsbroschüren von Fachinformationseinrichtungen wie dem Informationsdienst Holz oder der FNR (z. B. FNR, 2018; FNR, 2019a; Informationsdienst Holz, 2008). Relevant sind hier zudem Fachberatungsangebote, wie das von verschiedenen Branchenverbänden und –vereinen unterstützte Angebot des Informationsdienst Holz, die Fachberatung der FNR oder regionale Beratungsmöglichkeiten. Bei der Nutzung von Informationsangeboten erweist sich jedoch die Pfadabhängigkeit von Bauentscheidungen als Problem: Die Beschaffung von Informationen zum Holzbau sowie die Recherche nach entsprechend qualifizierten Planern und Bauunternehmen ist mit Transaktionskosten verbunden. Für Auftraggeber kann daher der Rückgriff auf mineralische Bauweisen, die aus dem Umfeld und der persönlichen Erfahrung bekannt sind, naheliegender sein.

Zum Umgang mit dieser Herausforderung wurden in den Interviews verschiedene Strategien genannt. Demnach spielen Leuchtturmprojekte eine wichtige Rolle dabei, Holzbau in der Wahrnehmung zu verankern und

unmittelbar erfahrbar zu machen. Gerade Bauten, die öffentlich zugänglich sind, können Impulse setzen, sich mit dem Thema Bauen mit Holz auseinanderzusetzen. Auch die Medienberichterstattung zum Holzbau und klimaverträglichem Bauen hilft, Vorurteile abzubauen und trägt damit zur Überwindung von Pfadabhängigkeiten bei (z. B. Boeing, 2019; Diekmann, 2019). Der Deutsche Holzbaupreis sowie eine steigende Zahl von regionalen Holzbaupreisen fördern ebenfalls die Wissensverbreitung über Projekte mit Vorbildwirkung, ebenso wie Holzbauten bei Bauausstellungen wie der IBA. Zur Verbesserung des Wissenstands wurde zudem die Bedeutung einer Fachberatung mit niedrigen Zugangsbarrieren betont, um potenziellen Auftraggebern, Planern und Ausführenden auch bei projektspezifischen Fragen qualitativ hochwertige und unabhängige Informationen anbieten zu können, die als vertrauenswürdig wahrgenommen werden. Als weiteres bewährtes Instrument wurden zielgruppengerechte Informationspakete genannt, die teils von regionalen Netzwerken zur proaktiven Ansprache von Entscheidungsträgern (z. B. in kommunalen Verwaltungen) genutzt werden.

### **Fachinformationen und Fortbildungen zu Planungs- und Ausführungsfragen**

Beim detaillierten Wissen zu technischen Möglichkeiten des Holzbaus sowie Planungs- und Ausführungsprozessen wurden positive Entwicklungen gesehen, die aber vorwiegend noch nicht als ausreichend beurteilt wurden, um mit der erwarteten Nachfrageentwicklung Schritt zu halten. Zentrale, allgemein zugängliche Anlaufstellen für Detail- und Ausführungswissen bieten der Informationsdienst Holz und die angegliederte Fachberatung sowie die Plattform dataholz.eu, die als Online-Katalog für geprüfte und/oder zugelassene Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilfügungen für den Holzbau dient. Seit 2017 stellt die ursprünglich 2004 in Österreich entwickelte Plattform auch für den deutschen Markt gültige baurechtliche Verwendbarkeitsnachweise für verbreitete Bauteile zur Verfügung (Kohaus und Stieglmeier, 2019; dataholz.eu, 2020). Zusätzlich stellen Verbände und regionale Netzwerke fachliche Arbeitshilfen bereit, z. T. als Service für Mitglieder. Darüber hinaus wird von einem steigenden Angebot von Fachtagungen und Fortbildungen zum Holzbau berichtet, ebenso wie von steigenden Teilnehmerzahlen.

Allgemein wird berichtet, dass die Diskussion um nachhaltiges Bauen und Bauen mit Holz zunehmend in Architektur- und Ingenieurbüros ankommt, und dass die Nachfrage nach Fortbildungen und entsprechend qualifizierten Fachkräften zunimmt. Dennoch wird die Zahl der Fachplaner, die über holzbauspezifisches Detail- und Planungswissen verfügen, als zu gering beurteilt. Dasselbe gilt für Kenntnisse zur Erstellung von normgerechten Ökobilanzen. Breitenwirksame Anreize, sich umfassend zum Holzbau fortzubilden und in holzbaugerechte Planungs- und Ausschreibungstools zu investieren, werden dadurch gedämpft, dass der Auslastungsgrad im Bauwesen generell hoch ist (Rein, 2020) – dementsprechend ist Holzbauwissen nicht unbedingt notwendig, um die eigene Auftragslage zu verbessern. Die öffentliche Diskussion wird zudem stärker durch das Ziel, bezahlbaren Wohnraum im städtischen Raum zu schaffen, geprägt, als durch die Klimawirkungen von Bauaktivitäten. In der Regel ist vor diesem Hintergrund davon auszugehen, dass Projekte, für die beim Holzbau Kapazitäten fehlen, in anderen Bauweisen realisiert werden. Sollte die Nachfrage nach Holzbau und anderen nachhaltigen Bauweisen weiter steigen, könnten entsprechende Kompetenzen jedoch zunehmend zu einem Wettbewerbsvorteil werden – Auslöser können dabei ebenso Entwicklungen bei Präferenzen der Auftraggeber als auch regulative Rahmenbedingungen sein (siehe 4.4).

Um Fachplaner und auch das ausführende Handwerk in größerer Breite zu erreichen als bisher, wird – ähnlich wie beim Transfer von F&E-Wissen – den Kammern eine wichtige Rolle zugesprochen. Einzelne Projekte, in Kooperation mit Handwerks-, Architekten- oder Ingenieurskammern zielgruppengerechte Fortbildungen

zum nachhaltigen Bauen und zum Holzbau zu organisieren, existieren bereits. Auch bei anderen Fortbildungsträgern wächst das Interesse, Angebote zum Holzbau aufzustellen, wobei sich ein zunehmender Bedarf ergibt, zwischen Grundlagenschulungen und fortgeschrittenen Angeboten zu spezifischen Themen wie Brand-, Schall- oder Feuchteschutz zu differenzieren. Insofern ergibt sich eine selbstverstärkende Dynamik, bei der eine steigende Nachfrage nach Holzbauten auch Geschäftsmodelle im Bereich der Fortbildung lohnender macht – ein Engpass liegt jedoch auch hier in der Verfügbarkeit von Fachkräften, die Schulungen durchführen können. Schulungsbedarf zum Holzbau, aber auch zu Themen wie der Anwendung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) oder Building Information Modelling ergibt sich zudem bei öffentlichen Verwaltungen, die Bauplanungs- und Genehmigungsprozesse begleiten. Bei der Umsetzung der Berliner Verwaltungsvorschrift für Beschaffung und Umwelt (VwVBU), die auch Umweltschutzanforderungen für Baumaßnahmen enthält, hat sich gezeigt, dass dezentrale Vor-Ort-Schulungen z. B. in Bezirksämtern, Senatsverwaltungen und beim landeseigenen Immobiliendienstleister ein geeignetes Mittel waren, um möglichst viele Verwaltungsangehörige zu erreichen (Rat für Nachhaltige Entwicklung, 2019). Angesichts der Vielzahl relevanter Verwaltungsstellen auf kommunaler Ebene verdeutlicht dieses Vorgehen aber auch den Aufwand und Zeitbedarf, der mit der Wissensverbreitung verbunden ist, zumal wiederholte Schulungen nötig sind, um Themen zu vertiefen, Anwendungsfragen zu diskutieren oder zu aktuellen Entwicklungen etwa beim Stand der Technik zu informieren.

Auch Netzwerke wurden in Interviews als zentral eingeschätzt, um Planungs- und Ausführungswissen zu verbreiten. Auch hier zeichnet sich eine selbstverstärkende Dynamik ab – je mehr Akteure mit Holzbauprojekten am Markt aktiv sind, desto breiter wird die Basis für Diskussionen und Erfahrungsaustausch. Zum jetzigen Zeitpunkt spielen Architektur- und Planungsbüros, die sich früh auf Holzbau spezialisiert haben und damit eine Vorreiterrolle einnehmen, allerdings eine wichtige Rolle dabei, mit Projekten gemachte Erfahrungen über den Austausch in Fachnetzwerken zu verbreiten. Nach Experteneinschätzung kommt dabei regionalen und nationalen Ebenen die größte Relevanz zu. Auf europäischer Ebene wird etwa Timber Construction Europe als Netzwerk genutzt; der europäische Dachverband des Zimmerer- und Holzbaugewerbes ist etwa in der Normungsarbeit aktiv und koordiniert das Bildungsnetzwerk TIMBER+. Planung und Ausführung von Holzbauten werden jedoch von nationalen und z. T. regionalen bauordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen, Bewertungsgrundlagen und Planungsstandards beeinflusst. Auch Unterschiede in der institutionellen Verankerung von Entscheidungskompetenzen müssen in Weiterbildungs- und Informationsangeboten und im Erfahrungsaustausch berücksichtigt werden. Gerade auf der regionalen Ebene wurden inzwischen verschiedene Holzbau-Netzwerke von Akteuren aus Praxis und Wissenschaft gegründet, für die Bildungsförderung ein wichtiges Thema ist. Für die Netzwerkarbeit in diesem Bereich wurde in Interviews als erster wichtiger Schritt genannt, zu analysieren, welche Bildungsangebote regional bereits verfügbar sind, um verstreute, ggf. wenig sichtbare Angebote (z. B. einzelne Lehrinhalte an Hochschulen) in ein regionales Bildungskonzept einbinden zu können. Des Weiteren ist im Austausch aller relevanten Akteure zu prüfen, welche zusätzlichen Bedarfe prioritär sind, und an welchen Stellen man neue Fortbildungsangebote verankern kann (z. B. bei Hochschulen oder privatwirtschaftliche Fortbildungsträgern).

Neben der Organisation von Bildungsangeboten erweisen sich regionale Netzwerke in der Erfahrung der interviewten Experten zudem als wichtig für den persönlichen Austausch, da auf Basis persönlicher Erfahrungen und Begegnungen eine deutlich höhere Aufnahme- und Lernbereitschaft bei Branchenakteuren beobachtet wird. Regionale Fachveranstaltungen, Baustellenbegehungen und Exkursionen zu Leuchtturmprojekten bieten Plattformen, um regionale Akteure für Kooperationen und den späteren Austausch zu Fachfragen kennenzulernen (siehe 4.1.2). Insbesondere wurde auch die Bedeutung von Formaten, die inhaltli-

chen Dialog und die Klärung individueller Fragen ermöglichen, betont. Auch für innovative Fertigungsbetriebe, z. B. im Bereich der Laubholzbauprodukte, können sich Veranstaltungs- und Demonstrationsformate vor Ort anbieten – beobachtet wird, dass Betriebe zunehmend offen sind, Einblicke zu gewähren. Als günstig für die Wissensverbreitung erweist sich, dass angesichts des Nachfragewachstums der Markt für Holzbauten gegenwärtig als Anbietermarkt zu charakterisieren ist, was größere Kooperationsbereitschaft schafft als bei einer intensiven Konkurrenz. Doch auch mit einer öffentlichen Förderung von F&E- und Demonstrationsprojekten kann die Forderung verknüpft werden, z. B. Zugang zu Baustellen zu geben und so den Wissenstransfer zu unterstützen.

Begleitend zur fortschreitenden Vernetzung auf der regionalen Ebene ergibt sich allerdings auch überregionaler Koordinationsbedarf. So wurde in Interviews als Risiko genannt, dass eine verstärkte regionale Ausdifferenzierung von Netzwerken Standardisierungsbestrebungen zuwiderlaufen und in einer Dopplung von Anstrengungen z. B. bei der Entwicklung von Bildungsangeboten resultieren könnte, bei gleichzeitiger Konkurrenz um begrenzte finanzielle Ressourcen. Eine Abstimmung bei der inhaltlichen Gestaltung entsprechender Angebote kann die Effizienz des Ressourceneinsatzes erhöhen. Auch bei regionalen Fachberatungsangeboten wurde Vernetzung und Koordination als wichtig erachtet, da bei Widersprüchlichkeiten, die sich etwa aus unterschiedlichen regionalen Schwerpunkten in Bezug auf Holzbauweisen ergeben, Ratsuchende verunsichert werden könnten. Ausbaubedarf wurde zudem bei der Vernetzung mit der konventionellen Bauwirtschaft gesehen, z. B. über den Dialog mit Bauwirtschaftsverbänden. Gerade Hybridbauweisen bieten dabei Ansatzpunkte für strategische Allianzen, die dazu beitragen können, die Berücksichtigung von Umweltwirkungen im Bauwesen stärker in die Breite zu tragen (siehe 4.7).

#### 4.4 Suchrichtung

Die gesellschaftliche Selektionsumgebung für Bauweisen wird durch das Zusammenspiel von Faktoren wie der artikulierten Nachfrage nach Holzbau bzw. nachhaltigen Bauoptionen, politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, Strategien und Preisentwicklungen geprägt (siehe Kap. 3.1, Tab. 1). Die Lenkungswirkung für Such- und Lernprozesse und den Ressourceneinsatz, die sich hieraus ergibt, beeinflusst u. a. F&E-Schwerpunktsetzungen, Investitionsentscheidungen oder Angebot und Nachfrage nach holzbauspezifischen Aus- und Weiterbildungsangeboten. Zudem beeinflusst die Suchrichtung die Erwartungen hinsichtlich der weiteren Entwicklung des Bauens mit Holz, woraus sich wiederum eine selbstverstärkende oder hemmende Dynamik im Innovationssystem ergeben kann.

Relevante Faktoren, die die Suchrichtung im Fall von Bauen mit Holz beeinflussen, lassen sich auf Basis der Literatur und der Experteninterviews ableiten. Eine wichtige grundlegende Richtungswirkung kommt zunächst dem Bauordnungsrecht zu, da es die Bandbreite ordnungsrechtlich zulässiger Lösungen definiert. Aber auch Trends bei der privaten und öffentlichen Nachfrage spielen eine wichtige Rolle. Eine starke Signalwirkung geht zudem davon aus, inwiefern das Bauen mit Holz oder allgemeiner nachhaltiges Bauen in Strategieprozessen berücksichtigt wird. Unmittelbarer wird die Auswahl von Bauweisen und -materialien durch die kombinierten Anreize und Vorgaben beeinflusst, die der politische Instrumentenmix für klimaverträgliches und ressourceneffizientes Bauen setzt. An dieser Stelle soll daher ein Überblick über zentrale Instrumentenoptionen auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene gegeben werden, auch wenn eine vertiefende Diskussion einzelner Maßnahmen jenseits der Möglichkeiten dieser Studie liegt.

### 4.4.1 Entwicklungen im Bauordnungsrecht

#### Zentrale Entwicklungen auf Bundes- und Landesebene

Das Bauordnungsrecht regelt Anforderungen an die Sicherheit von Bauwerken. Bereits mit der Musterbauordnung (MBO) 2002 fand eine deutliche Erweiterung des Einsatzbereichs des Holzbaus über Gebäude geringerer Höhe hinaus statt (siehe Dederich, 2013). Die MBO 2002 führte die Feuerwiderstandsklasse „hochfeuerhemmend“ ein, und ermöglichte den regelkonformen Einsatz der Holzbauweise bis zur ebenfalls neu eingeführten Gebäudeklasse (GK) 4, d. h. bis zu einer Gebäudehöhe von 13 m und für Nutzungseinheiten von nicht mehr als 400 m<sup>2</sup>. Anforderungen an den Brandschutz wurden durch die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFH HolzR) von 2004 konkretisiert. Demnach sind tragende Bauteile in Holzbauweise in Gebäuden der GK 4 zulässig, wenn Bauteile allseitig eine Brandschutzbekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen aufweisen, die eine Entzündung der tragenden Bauteile für mindestens 60 Minuten verhindert, und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Die Umsetzung der MBO liegt allerdings in der Gesetzgebungskompetenz der Länder, wodurch sich Unterschiede im Zeitpunkt der Umsetzung und auch dem Inhalt der länderspezifischen Regeln ergeben (siehe Dederich, 2013 für einen umfassenden Vergleich). Hieraus resultiert nicht nur eine hohe baurechtliche Komplexität, sondern, je nach Landesbauordnung (LBO), auch eine Einschränkung der Wettbewerbsmöglichkeiten für Bauen mit Holz im mehrgeschossigen Bereich (Hafner et al., 2017, S. 92 f.). Mittlerweile ist in allen Bundesländern die M-HFH HolzR eingeführt worden, auch wenn sich die Ausgestaltung von Änderungen weiterhin unterscheidet (TUM, 2020a; Informationsdienst Holz, 2019).

Darüber hinaus bleiben an der MBO 2002 i. V. m. der M-HFH HolzR 2004 Kritikpunkte bestehen, die im mehrgeschossigen Bereich zu Wettbewerbsnachteilen für Holzbauweisen führen (nach Dederich, 2013; Hafner et al., 2017; Ludwig et al., 2017). So beträgt etwa der Feuerwiderstand von Bauteilen, die allseitig mit einer brandschutztechnischen Bekleidung gekapselt sind, i. d. R. 120 Minuten anstelle der geforderten 60 Minuten, was zu einer Übererfüllung von Anforderungen und ggf. zu einer Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit führt (Informationsdienst Holz, 2019). Auch schließt die Anforderung eine sichtbare Verbauung von Holz aus. Generell orientiert sich die M-HFH HolzR 2004 an den damaligen, verfügbaren Untersuchungsergebnissen zum Brandverhalten von Holzkonstruktionen und folgt nicht mehr dem Stand der Technik. Etwa wurde die Holzmassivbauweise, die in der Praxis für den mehrgeschossigen Holzbau Verbreitung gefunden hat, nicht behandelt. Auch wurden keine Anforderungen für den Holzbau in der GK 5 (bis zu 22 m Gebäudehöhe) definiert, da die MBO 2002 für tragende Bauteile in dieser Gebäudeklasse feuerbeständige Baustoffe fordert, die u. a. aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen müssen.

Um Projekte umzusetzen, die von den in Landesbauordnungen definierten Anforderungen abweichen, können Ausnahmen beantragt werden, die in der Regel mit Kompensationsmaßnahmen wie Brandmeldeanlagen oder automatischen Löschanlagen verbunden sind (Winter, 2013). Dies erhöht jedoch den Aufwand der Planung erheblich, zumal Unsicherheiten hinsichtlich der Genehmigungsanforderungen und den Auswirkungen auf Projektkosten und Zeitplanungen entstehen. Um eine geregelte Anwendung der Holzbauweise bis zur GK 5 zu ermöglichen und Barrieren in der GK 4 abzubauen, trifft eine zunehmende Zahl von Bundesländern eigene Festlegungen, unter welchen Bedingungen tragende, aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen bestehen können. Dabei werden reduzierte Anforderungen in bestimmten Bereichen durch höhere Anforderungen in anderen Bereichen ausgeglichen (Ludwig et al., 2017). Das Land Baden-Württemberg änderte seine LBO bereits Ende 2014 dahingehend, dass für entsprechende Bauteile ein Nachweis der geforderten

Feuerwiderstandsfähigkeit von 60 Minuten (hoch feuerhemmend) in der GK 4 bzw. 90 Minuten (feuerbeständig) in der GK 5 gefordert wurde (Landtag Baden-Württemberg, 2014). Die Anforderung, dass „Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können“ (§ 26 (3) LBO Baden-Württemberg in der durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. November 2014 geänderten Fassung), erwies sich in der Umsetzung nicht als praktikabel, da eine absolute Rauchdichtigkeit weder von Holz- noch mineralischen Bauweisen gewährleistet werden kann (Dederich, 2019). 2019 wurde die LBO deshalb dahingehend geändert, dass die „hinsichtlich der Standsicherheit und des Raumabschlusses geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nachgewiesen“ werden muss und „Bauteile und ihre Anschlüsse ausreichend lang widerstandsfähig gegen die Brandausbreitung“ sein müssen (§ 26 (3) LBO Baden-Württemberg in der durch Gesetz vom 18. Juli 2019 geänderten Fassung). Die erforderliche Nachweiserbringung ist Gegenstand von Forschungsprojekten (siehe Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, 2020; TUM, 2020b).

In Hamburg, Berlin, Hessen und Nordrhein-Westfalen traten 2018 bzw. 2019 (im Fall von Nordrhein-Westfalen) geänderte Bauordnungen in Kraft, welche die GK 5 für den Holzbau öffnen. Im Fall von Berlin und Nordrhein-Westfalen orientieren sich Änderungen an der Baden-Württemberger Regelung (§ 26 (3) BauO NRW; § 26 (3) BauOBl). Die hessische LBO lässt Bauteile, die feuerbeständig oder hochfeuerhemmend sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zu, sofern sie den Technischen Baubestimmungen entsprechen, die zu diesem Zeitpunkt noch nicht definiert waren (§ 29 (2) Satz 5 HBO). Hamburg hingegen legte fest, dass bis zur GK 5 Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, in Massivholzbauweise zulässig sind, wenn die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nachgewiesen wird (bei Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 200 m<sup>2</sup> und Brandabschnitten von nicht mehr als 800 m<sup>2</sup> pro Geschoss, siehe § 24 (3) HBauO). Planungs- und Ausführungshinweise zur Konkretisierung der Anforderungen werden im Bauprüfungsamt „Bauen in Massivholzbauweise“ zur Verfügung gestellt (Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen Hamburg, 2018). Auf der Bauministerkonferenz (BMK) vom 26. und 27.09.2019 wurde schließlich eine Anpassung der MBO beschlossen, um die regelkonforme Verwendbarkeit brennbarer Baustoffe zu erleichtern. Dabei wird eine neue Muster-Holzbaurichtlinie (MHolzBauRL), für die Mitte 2019 ein Anhörungsverfahren gestartet wurde, Anforderungen an Bauteile als technische Regel konkretisieren (Bauministerkonferenz, 2019a; b). Nach dem im Mai 2019 von der Fachkommission Bauaufsicht beschlossenen Entwurf bleibt die bereits in der M-HFHolzR 2004 berücksichtigte Holztafel- und Holzrahmenbauweise (mit einem gewissen Vorfertigungsgrad) nach wie vor bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 möglich. In den Gebäudeklassen 4 und 5 sollen zudem tragende Bauteile aus Holz auch ohne brandschutztechnische Bekleidung zugelassen werden, wenn sie in Massivholzbauweise ausgeführt sind, d. h. „auf den erforderlichen Feuerwiderstand hin bemessen sind und als monolithisch angefertigte Bauteile keine Hohlräume aufweisen“ (Bauministerkonferenz, 2019a). Außerdem werden Regelungen für hinterlüftete Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen konkretisiert.

Neben der Anpassung der MBO sind unterdessen weitere Öffnungen der Landesbauordnungen getreten – in Schleswig-Holstein traten Ende Oktober 2019 Änderungen der LBO-SH in Kraft. In Brandenburg wurde 2020 eine Überarbeitung der LBO beschlossen (MIL Brandenburg, 2020). Darüber hinaus wurde Ende 2019 eine neue Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (MIndBauRL) veröffentlicht, die Brandschutzanforderungen an Tragwerkskonstruktionen aus brennbaren Baustoffen definiert.

### **Bewertung der Entwicklung seit 2015 und Handlungsperspektiven**

In den Interviews wurden Experten um eine Einschätzung gebeten, inwiefern sich die bereits umgesetzten Änderungen in Landesbauordnungen, die über die mit der MBO 2002 und M-HFHolzR 2004 eröffneten Möglichkeiten hinausgehen, in der Praxis des mehrgeschossigen Holzbaus bemerkbar machen. Nach Auffassung der Experten drücken die umgesetzten Änderungen deutlich den politischen Willen aus, sachlich ungerechtfertigte Benachteiligungen, die sich aus dem Bauordnungsrecht ergeben, auszuräumen. Die Frage, inwiefern sich aus den Änderungen der LBO selbst in der Praxis bereits Vereinfachungen ergeben, wurde differenziert beurteilt. Zum einen wird wahrgenommen, dass sich in Ländern, die eine „holzbaufreundliche“ LBO verabschiedet haben, positive Impulse für die Marktentwicklung ergeben. Dies ist jedoch im Zusammenhang verschiedener Maßnahmen zu sehen, wie der zunehmenden Betonung des klimaverträglichen Bauens in Ländern und Kommunen bei gleichzeitig hohem Neubaubedarf insbesondere in urbanen Räumen. Zudem haben größere Wohnungsbauprojekte einen längeren Vorlauf, so dass es mehrere Jahre dauern kann, bis sich Änderungen in rechtlichen Rahmenbedingungen in der Zahl von Baugenehmigungen widerspiegeln. Auch die kommunale Ebene bleibt wichtig, da selbst innerhalb von Bundesländern bauordnungsrechtliche Regelungen von einzelnen Bauverwaltungen unterschiedlich interpretiert werden können. Nicht zu unterschätzen ist jedoch die Signalwirkung, die mit einer Öffnung der LBO einhergeht – das Bestreben, eine gleichwertige Behandlung zwischen Holzbauweisen und mineralischen Bauweisen herzustellen, stärkt die Legitimität der Holzbauweise (siehe 4.7) und stärkt positive Erwartungen von Auftraggebern, Ausführenden und Planern. Zudem stellt die grundsätzliche Öffnung der LBO eine wichtige Entscheidungsgrundlage für Bauverwaltungen dar, selbst bei Projekten, bei denen weiterhin eine Genehmigung von Abweichungen erforderlich ist. Auch bei Baugenehmigungsbehörden nimmt der Kompetenzaufbau zum mehrgeschossigen Holzbau derweil Zeit in Anspruch – für Lernprozesse werden Leuchtturm- und Pilotprojekte weiterhin als wichtig eingestuft, aber auch die Notwendigkeit einer stärkeren Standardisierung von Planungs- und Genehmigungsprozessen wurde in Interviews betont.

Um in der Praxis Vereinfachungen zu bewirken, betonten die befragten Experten, dass als weiterer Schritt die Konkretisierung von Anforderungen an die Verwendbarkeit brennbarer Baustoffe in Technischen Baubestimmungen notwendig ist. Diese müssen formulieren, wie eine zulässige Bauweise im Detail ausgestaltet werden muss, um die bauordnungsrechtlichen Schutzziele zu erfüllen. Mit Ausnahme des Hamburger Bauprüfdienstes steht diese Konkretisierung noch aus, was zur Folge hat, dass auch in Bundesländern mit „holzbaufreundlichen“ LBO weiterhin Einzelfallzulassungen und Abweichungen von der M-HFHolzR 2004 beantragt werden müssen. Die in den LBO gewählte, spezifische Formulierung der Anforderungen an das Brandverhalten ist demnach nach Auffassung der Experten zweitrangig. Auch in Hamburg blieb die Beantragung von Abweichungen nach Anpassung der HBauO i. d. R. notwendig – als Problem ergab sich u. a., dass Detailzeichnungen, die der Veranschaulichung dienen, von Prüfbehörden als verpflichtend umzusetzen interpretiert wurden, während Planer und Ausführende sie nicht als praktikabel wahrnahmen. Zwar sind die Bauprüfdienste nicht bindende Leitdokumente, aber für Bauprüfer ist ein hohes Maß an Detailwissen zum mehrgeschossigen Holzbau notwendig, um Anpassungen der Regelungen vornehmen und im Einzelfall beurteilen zu können, was den Schutzziele genügt. Weitere Anstrengungen zur Herstellung der Zulässigkeit laufen; das Beispiel verdeutlicht die Bedeutung, die fortlaufende Lernprozesse und der Austausch zwischen Behörden, Forschung und Praxis für die Konkretisierung von Brandschutzanforderungen und die Standardisierung von Planungs- und Genehmigungsverfahren haben.

Auch die uneinheitliche Umsetzung von Anforderungen in einzelnen Bundesländern wird differenziert betrachtet. Problematisiert wird, dass sich die Komplexität für Bauplaner und Bauwirtschaft erhöht, und gerade für überregional tätige Akteure die Entwicklung standardisierter Lösungen und Planungsprozesse erschwert wird. Andererseits ermöglicht die föderale Struktur des Bauordnungsrechts es einzelnen Bundesländern, Vorreiterpositionen einzunehmen und Erfahrungen mit Anpassungen zu sammeln. Diese können in eine spätere Anpassung der MBO und Muster-Holzbaurichtlinie einfließen, wie in diesem Fall geschehen – zudem wird die politische Machbarkeit entsprechender Anpassungen gestärkt. Für die fortschreitende Marktentwicklung kann eine stärkere Harmonisierung nichtsdestotrotz förderlich sein, wobei die Überarbeitung der Muster-Holzbaurichtlinie als wichtiger Ansatzpunkt beurteilt wird. Bei deren Ausgestaltung wird allerdings noch Diskussionsbedarf gesehen – als Kritikpunkte wurde etwa genannt, dass in der GK 5 nur die Massivholzbauweise zugelassen wird und Nutzungseinheiten auf eine maximale Größe von 200 m<sup>2</sup> beschränkt werden. Allerdings ist von Seiten der Fachkommission Bauaufsicht explizit vorgesehen, die MHolzBauRL zu ergänzen, sofern Ergebnisse aus laufenden Forschungsvorhaben den Nachweis erbringen, dass weitere Baukonstruktionen Ansprüchen insbesondere bezüglich der Rauchdichtigkeit von Bauteilen und Bauteilanschlüssen genügen (Bauministerkonferenz, 2019a). Eine zeitnahe Anpassung an den jeweiligen Stand der Technik wird auch von den befragten Experten begrüßt, wobei hier auch die Übernahme in die Technischen Baubestimmungen der einzelnen Länder relevant ist. Im Sinne einer Harmonisierung von Anforderungen wäre zu prüfen, ob jeweils auf die aktuelle Fassung der MHolzBauRL verwiesen werden kann.

Handlungsbedarf wird auch weiterhin hinsichtlich der Erstellung von Verwendbarkeitsnachweisen gesehen, die in der Praxis als zeit- und kostenintensiv beurteilt wird (Hafner et al., 2017, S. 98). Ein Problem wird in der hohen Komplexität entsprechender Verfahren gesehen – so bestehen in der Praxis oftmals Unklarheiten, wie Abweichungen im bauaufsichtlichen Verfahren einzuordnen sind, und welche Art der Nachweisführung erbracht werden muss (Niedermeyer, 2019). Verwendbarkeitsnachweise sind für Bauprodukte und Bauarten erforderlich, für die es keine Technischen Baubestimmungen und anerkannten Regeln der Technik gibt oder die wesentlich von Technischen Baubestimmungen abweichen (siehe Niedermeyer (2019) für einen Überblick zu den Varianten der Nachweisführung). Initiativen wie dataholz.eu, in deren Rahmen baurechtliche Verwendbarkeitsnachweise erarbeitet und kostenfrei zur Verfügung gestellt werden, können signifikant zu einer Vereinfachung beitragen (Kohaus und Stieglmeier, 2019). Auch die Anpassung der Normung an aktuelle Forschungs- und Prüfergebnisse würde die Komplexität von Genehmigungsverfahren reduzieren, da Erweiterungen bei den normgerecht einsetzbaren Holzkonstruktionen die Notwendigkeit, Abweichungen zu beantragen, einschränken würde.

Auf übergeordneter Ebene besteht zudem ein Kritikpunkt darin, dass etwa bei Produkt- und Prüfnormen eine Parallelität von nationalen und europäisch harmonisierten Regelungen besteht, wobei bei nationalen Regelungen Detail- und Materialanforderungen wesentlich stärker im Vordergrund stehen als beim funktional orientierten europäischen Regel- und Normenwerk (Dederich, 2018). Eine stärkere Orientierung an der funktionalen Leistungsfähigkeit von Produkten und Verfahren in Bezug auf klar definierte Schutzziele könnte demnach eine bauordnungsrechtliche Weiterentwicklungsperspektive darstellen. Prinzipiell bauweisenunabhängiger Prüfbedarf wurde zudem bei baurechtlichen Anforderungen angemerkt, die Aufstockungen betreffen; teils werden hier Hemmnisse für eine innerstädtische Nachverdichtung gesehen (z. B. bei Anforderungen an vorzuhaltende Stellplätze).

#### 4.4.2 Rolle des nachhaltigen Bauens in Strategieprozessen

Das gestiegene politische Gewicht des Klimaschutzes schlägt sich auch in Bemühungen, im Gebäudebereich Emissionen zu reduzieren, nieder. Die Treibhausgasbilanz der Errichtung von Gebäuden rückt dabei zunehmend in den Fokus – je besser die Energieeffizienzklasse, in der Gebäude errichtet werden, desto höher fällt der Anteil des für die Herstellung von Gebäuden nötigen Energiebedarfs am gesamten Primärenergieverbrauch aus (Mahler et al., 2019). In einigen Bundesländern adressieren Klimaschutzpläne oder Klimaschutzgesetze explizit das Ziel, Grundsätze des nachhaltigen und klimaverträglichen Bauens bei der Städtebauförderung, Entwicklung von Modellquartieren oder der öffentlichen Beschaffung zu berücksichtigen, um der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand gerecht zu werden (z. B. § 7 KSG BW; § 22 HmbKliSchG; MKULNV NRW, 2015; SenUVK Berlin, 2018). Zur Unterstützung des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts des Landes (IEKK) formulierte Baden-Württemberg zudem 2018 mit der Holzbau-Offensive ein Maßnahmenpaket, um Impulse für die Weiterentwicklung des Holzbaus zu setzen (MLR Baden-Württemberg, 2018). Auch hier gehen Experten von einer wichtigen Signalwirkung sowohl für kommunale als auch private Bauentscheidungen aus. Im Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung, das im Oktober 2019 verabschiedet wurde, werden ebenfalls Maßnahmen im Hinblick auf das klimaneutrale Bauen vorgeschlagen. Hierzu zählt die „Stärkung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand beim Bauen mit CO<sub>2</sub>-armen Baustoffen (Holz) und Recycling-Baustoffen“ bei der Weiterentwicklung der Städtebauförderung (Bundesregierung, 2019, S. 59) sowie die „verstärkte Förderung von F&E-Vorhaben, Fach- und Verbraucherinformation, Ideenwettbewerben, Modell-/ 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“ sowie der „Förderung von klimabewusstem Verbraucher-Verhalten“ (Bundesregierung, 2019, S. 136). Nachhaltiges Bauen ist zudem in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie verankert (Bundesregierung, 2018). Durch die Anwendung und Weiterentwicklung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) ist der Bund bestrebt, bei eigenen Gebäuden der öffentlichen Vorbildfunktion gerecht zu werden. Als Ziel wird zudem formuliert, dass nachhaltiges Bauen auch außerhalb des Bundesbaus zum Regelfall werden soll. Anstrengungen sind dabei im Rahmen der UN Sustainable Development Goals zu sehen.

In Interviews wurde hervorgehoben, dass Gesprächsbereitschaft und Interesse von Politik und Verwaltungen zum klimaverträglichen Bauen in den letzten Jahren deutlich gestiegen sind. Die steigende Bedeutung des Themas speist sich dabei nicht nur aus der Klimapolitik, sondern auch durch die politische Relevanz des Ziels, bezahlbaren Wohnraum zu schaffen und zu sichern (Bundesregierung, 2018; BMI, 2020a). In der Breite wird der Fokus von umgesetzten Maßnahmen im Gebäudebereich jedoch vorwiegend noch auf der Nutzungsphase gesehen. Als strukturelles Problem wurde mehrfach angesprochen, dass aufgrund der Abgrenzung von Sektoren nach dem Quellprinzip dem Gebäudesektor nur solche THG-Emissionen zugewiesen werden, die unmittelbar durch den Brennstoffeinsatz für Gebäudewärme und -kühlung und die Warmwasserbereitung entstehen (in Haushalten, im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (ohne Landwirtschaft) sowie in Gebäuden der öffentlichen Hand, siehe Bundesregierung, 2019). Emissionen, die mit der Produktion von Baustoffen oder Bauteilen verbunden sind, werden dem Sektor Industrie zugerechnet. Die klimapolitische Gesamtbedeutung des Gebäudesektors ist daher weniger gut sichtbar. Zudem wirken sich Maßnahmen, die von Kommunen und Ländern getroffen werden, um THG-Emissionen bei der Gebäudeerstellung zu reduzieren, nicht notwendigerweise auf die eigene Emissionsbilanz auf – Einsparungen fallen dort

an, wo entsprechende produzierende Industrien angesiedelt sind. Für die Wirksamkeit der Emissionsminderung ist dies zwar unerheblich, die geringere Sichtbarkeit von Einsparungen kann jedoch potenziell das politische Gewicht des klimaverträglichen Bauens verringern.

Die institutionelle Verankerung von Nachhaltigkeitsfragen in Strategieprozessen, die das Bauen betreffen, wird von Experten überwiegend als gut beurteilt. Herausforderungen werden vor allem in zwei Bereichen gesehen: Zum einen bei der detaillierten Ausgestaltung von Maßnahmen, da z. B. Ausschreibungsdesigns bei der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung oder die Gestaltung Technischer Baubestimmungen großen Einfluss auf die Wirksamkeit von Maßnahmen in der Praxis haben (siehe 4.4.1). Zum anderen wird die Koordination zwischen verschiedenen Ressorts als wichtiges Handlungsfeld betrachtet. So erfordert die Gestaltung von Rahmenbedingungen für nachhaltiges Bauen und Bauen mit Holz nicht nur eine Abstimmung zwischen Bund, Ländern und Kommunen, sondern auch zwischen Bau-, Wirtschafts-, Umwelt-, Land- und Forstwirtschafts-, Bildungs- sowie Forschungsressorts. In Interviews wurde als vielversprechender Ansatz genannt, bei Holzbau-Initiativen relevante Ressorts aktiv einzubinden und Chancen für betreffende Bereiche aufzuzeigen. Auch begleitende Studien zu Pilotprojekten können genutzt werden, um offene Fragen einzelner Ressorts zu klären. Zur Abstimmung zwischen Ressorts wird zudem eine nationale Holzbaustrategie als Instrument diskutiert, wie sie etwa 2004 in Schweden etabliert wurde (Hafner et al., 2017, S. 88 f.). Hier schließt sich allerdings die Frage an, wie materialspezifisch oder materialoffen entsprechende Prozesse zu gestalten sind (siehe 4.4.4). In einigen Interviews wurde die Notwendigkeit einer von der Wirtschaft getragenen Branchenstrategie hervorgehoben, um ein gemeinsames Verständnis dafür zu schaffen, wo in Zukunft Schwerpunkte des Bauens mit Holz gesehen werden und wie das zukünftige Zusammenspiel von Ordnungsrecht und technischen Möglichkeiten des Holzbaus beurteilt wird.

Die Charta für Holz 2.0 wurde in mehreren Gesprächen als bedeutend für die Berücksichtigung des Bauens mit Holz in Strategieprozessen bezeichnet. Hervorgehoben wurde, dass der Charta-Dialogprozess sichtbar macht, dass sich ein breites Bündnis von Organisationen mit dem Thema Bauen mit Holz beschäftigt. Auch Lernprozesse sowie die Identifizierung und Priorisierung von Handlungsbedarfen werden durch den Austausch in Arbeitsgruppen und bei Veranstaltungen wie Fachgesprächen, Charta-Statustagungen oder der Charta im Dialog-Veranstaltung 2018, deren Fokus auf dem Bauen mit Holz lag, unterstützt (FNR, 2018b). Der Dialogprozess wurde zudem als nützlich empfunden, um einerseits Abstimmungsprozesse zwischen regionalen Initiativen zu erleichtern, andererseits aber auch eine integrierte Betrachtung von Fragestellungen entlang der Wertschöpfungskette zu erlauben (z. B. bezüglich der zukünftigen Waldentwicklung oder Entwicklungen bei anderen stofflichen und energetischen Holznutzungen). In Nordrhein-Westfalen wurde 2019 mit dem Aktionsplan Holz ein auf der Charta aufbauender, regionaler Dialogprozess gestartet, in dem Bauen mit Holz ebenfalls eine wichtige Rolle spielt (FNR, 2019b).

### 4.4.3 Nachfragetrends

Bei Bauentscheidungen sind eine Vielzahl von Einflussfaktoren relevant – so deckt beispielsweise der in Kooperation von Bundesbauministerium, dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) entwickelte Kriterienkatalog des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) Aspekte der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen, funktionalen und technischen Qualität sowie Prozess- und Standortqualität ab (BMI, 2018; 2019). Sofern kein formalisiertes Bewertungssystem zur Anwendung kommt, unterscheidet sich die Art und Gewichtung einbezogener Kriterien. In einer Analyse der Preiselastizitäten der Nachfrage stellen Jochem et al. (2016)

fest, dass bei der Errichtung von Wohngebäuden in Deutschland Preise keinen signifikanten Einfluss auf die Wahl der vorwiegend verwendeten Baumaterialien haben (für den Untersuchungszeitraum 1993 bis 2013). In diesem Bereich ist demnach davon auszugehen, dass anderen, oft subjektiven oder nicht quantifizierbaren Faktoren eine größere Rolle zukommt. Bei Nichtwohngebäuden spielen Preise bei der Entscheidung zwischen Baumaterialien hingegen eine wichtigere Rolle. Im mehrgeschossigen Bereich werden die Kosten für die Realisierung von Holzbauten tendenziell etwas höher eingeschätzt als für mineralische Bauweisen (Brakus, 2015; Neubauer-Letsch et al., 2014). Die Kostenstruktur wird dabei durch Faktoren wie die Ausgestaltung von Brandschutzanforderungen (siehe 4.4.1), die noch geringe Größe des Markts mit einer niedrigen Zahl von Wettbewerbern oder den Mangel an standardisierten Lösungen beeinflusst (Brakus, 2015; Hafner et al., 2017). Bei einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind allerdings weitere Aspekte zu beachten, wie eine Verkürzung von Bauzeiten durch Vorfertigung oder die Erreichbarkeit einer höheren Nutzfläche bei Gebäuden in Holzbauweise, da Wanddicken i. d. R. geringer ausfallen als bei Massivwandkonstruktionen (Filippi, 2013a; Tichelmann, 2015). Allgemein empfiehlt sich zudem eine Lebenszykluskostenbetrachtung, die neben Herstellungskosten Kosten für Energie, Wartung und Instandsetzung in der Nutzungsphase sowie Rückbaukosten umfasst (König, 2017).

Welche Aspekte als wichtig für Nachfrager erachtet werden, kann einen starken Einfluss auf Suchprozesse im Innovationssystem ausüben. Neben der Wirtschaftlichkeit und Qualitätsaspekten, die eine direkte Auswirkung auf Auftraggeber und Hausnutzer haben (wie z. B. Schall- und Wärmeschutz), ist insbesondere auch von Interesse, inwiefern eine Nachfrage nach ökologischen Qualitätsaspekten artikuliert wird. Die mangelnde Berücksichtigung des klimapositiven Beitrags von nachwachsenden Rohstoffen sowie der „End of Life“-Szenarien von Gebäuden (Abbruch, Rückbau und Entsorgung) gelten als Hemmnisse für den Holzbau (Hafner et al., 2017, S. 99 ff.). Um eine qualitative Einschätzung von Entwicklungen in diesem Bereich zu erhalten, wurden deshalb insbesondere in der Praxis tätige Interviewpartner danach gefragt, welche Motivationen bei Auftraggebern von Projekten in Holzbauweise als besonders relevant erachtet werden.

In der Erfahrung der befragten Experten treffen private Auftraggeber oftmals bereits eine Vorentscheidung für Holz – es ist seltener der Fall, dass im Rahmen des Vorplanungsprozesses eine ergebnisoffene Prüfung in Frage kommender Materialien stattfindet. Teils spielt dabei eine vorhandene, ökologische Orientierung eine Rolle, häufiger stehen Kriterien wie Wohngesundheit oder Energieeffizienz im Vordergrund. Bei ökologischen Argumenten erweist sich insbesondere bei Auftraggebern, die für den eigenen Bedarf bauen, der Beitrag zum Klimaschutz durch die CO<sub>2</sub>-Speicherwirkung langlebiger Holzprodukte und die Substitution energieintensiverer Baustoffe im eigenen Haus als gut vermittelbar. Bei der energetischen Optimierung von Gebäuden sind gesetzliche Vorgaben und Förderprogramme relevante Treiber, aber auch Erwartungen steigender Energiekosten beim Betrieb von Gebäuden – ein Wettbewerbsvorteil ergibt sich für Holz hier daraus, dass sich aufgrund der geringeren Wandstärken auch anspruchsvolle Energieeffizienzklassen mit einer größeren Nutzfläche realisieren lassen als bei mineralischen Massivbauweisen (Tichelmann, 2015). Bei Aufstockungen im urbanen Raum werden tendenziell physikalische Eigenschaften des Holzbaus, wie das geringere Gewicht oder konstruktive Flexibilität als wichtigere Motive betrachtet als ökologische Präferenzen. Gerade bei Nichtwohngebäuden wird aber teils ein Bestreben gesehen, über Holzgebäude – und insbesondere über sichtbare Holzelemente – unternehmerische Nachhaltigkeit zu signalisieren. Zum Teil fordern zudem institutionelle Investoren Nachhaltigkeitszertifizierung, etwa nach dem System der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) oder internationalen Systemen wie LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) oder BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). In diesen Fällen ist die Wahl des Baumaterials allerdings tendenziell zweitrangig.

Insgesamt wird im Bereich des nachhaltigen Bauens aber noch Bedarf für Bildungs- und Informationsarbeit gesehen. Ökologische Aspekte werden von Kunden zwar als positiv beurteilt, es besteht aber selten die Bereitschaft, hierfür Mehrkosten in Kauf zu nehmen. In mehreren Interviews wurde deshalb betont, dass Holzbau technische und wirtschaftliche Wettbewerbsvorteile ausbauen sollte, um nicht davon abhängig zu sein, ob bei Auftraggebern ökologische Präferenzen im Vordergrund stehen. Zumindest bei gegebenen Rahmenbedingungen bestünde sonst das Risiko, Holzbau auf Nischenmärkte zu beschränken.

Bei Auftraggebern der öffentlichen Hand wird eine zunehmende Beschäftigung mit den Klimawirkungen von Bauprojekten beobachtet, wobei insbesondere auf kommunaler oder Landesebene Klimaschutzkonzepte als wichtiger Treiber gelten. Angesichts der beobachteten Zweitrangigkeit ökologischer Aspekte bei der privaten Nachfrage kann die öffentliche Hand eine wichtige Vorbildrolle dabei einnehmen, ein gestiegenes gesellschaftliches Problembewusstsein zum Klimawandel in konkrete Nachfrageänderungen zu übersetzen (Blauel et al., 2018; Schormüller, 2014; European Commission, 2016). Die nachhaltige öffentliche Beschaffung stellt dabei ein wichtiges Instrument dar, um die Sichtbarkeit von Holzbau und anderen innovativen, nachhaltigen Bauweisen zu verbessern und die entsprechende Erfahrungsbasis zu verbreitern. Dies kann dazu beitragen, auch bei privaten Auftraggebern Interesse an ökologisch nachhaltigen Bauoptionen zu wecken. Als Teil des politischen Instrumentenmixes wird die Richtungswirkung der öffentlichen Nachfrage unter 4.4.4. näher diskutiert.

Festzuhalten ist zudem, dass bei privaten wie öffentlichen Auftraggebern Architekten eine wichtige Rolle bei der Baustoffwahl spielen – in Interviews wurde mehrfach betont, dass eine erfolgreiche Realisierung von Holzbauprojekten erfordert, dass beratende Architekten der Holzbauweise gegenüber aufgeschlossen sind. Gerade bei öffentlichen Auftraggebern wurden daher Wettbewerbe mit Anforderungen zum klima- und umweltverträglichen Bauen als wichtiges Instrument gesehen, um die wirtschaftliche Realisierbarkeit von Projekten in Holzbauweise anhand einer breiten Informationsgrundlage beurteilen zu können.

#### **4.4.4 Instrumentenmix für klimaverträgliches und ressourceneffizientes Bauen**

Politikinstrumente, die Anreize oder Anforderungen an Klimaschutz und Ressourceneffizienz im Bausektor stellen, können eine starke Auswirkung auf die Richtung von Suchprozessen haben, aber auch zur Marktentstehung beitragen. Je nach Art des Einflusses auf die Suchrichtung können drei Kategorien von Instrumenten unterschieden werden (siehe Tab. 3; zur Kategorisierung siehe Pannicke et al., 2015). Beispiele für Instrumente, die eine Erweiterung des Angebots von klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauweisen und Bauoptionen bewirken, sind F&E-Förderung und die Förderung von innovativen Leuchtturmprojekten (siehe dazu Kapitel 4.2 und 4.3). Bei nachfrageseitigen Instrumenten lassen sich solche unterscheiden, die eine direkte Nachfragewirkung nach klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen entfalten, und solche, die primär auf eine Reduktion der Nachfrage nach emissions- und ressourcenintensiven Optionen abzielen (mit indirekter Nachfragewirkung für Alternativoptionen). Im Folgenden wird ein kurzer Überblick zu nachfrageseitigen Instrumentenoptionen gegeben, die in der Literatur bzw. in Interviews als besonders relevant für das Bauen mit Holz diskutiert werden. Bei Instrumenten mit direkter Nachfragewirkung ist für die Suchrichtung zudem die Entscheidung relevant, ob Anreize und Anforderungen spezifisch auf den Holzbau zugeschnitten werden oder ob materialoffene Kriterien verwendet werden, in Verbindung mit Ökobilanzierung zur Nachweisführung. Dieser Aspekt wird abschließend betrachtet.

**Tabelle 3:** Instrumentenoptionen für klimaverträgliches und ressourceneffizientes Bauen

Einfluss auf die Suchrichtung	Beispiele für Politikinstrumente
Erweiterung des Angebots von klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F&amp;E-Förderung</li> <li>• Förderung von innovativen Leuchtturmprojekten</li> </ul>
Direkte Nachfragewirkung: Steigerung der Nachfrage nach klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bebauungsplanung</li> <li>• Nachhaltigkeitskriterien bei der Grundstücksvergabe</li> <li>• Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung</li> <li>• Förderprogramme für nachhaltiges Bauen</li> <li>• Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden</li> </ul>
Indirekte Nachfragewirkung: Reduktion der Nachfrage nach emissions- und ressourcenintensiven Bauoptionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimapolitik, z. B. CO<sub>2</sub>-Bepreisung</li> <li>• Ressourceneffizienzpolitik, z. B. Primärbaustoffsteuern</li> <li>• Produktpolitik, z. B. Umsetzung der Grundanforderung 7 der Bauproduktenverordnung, Informationsinstrumente zur Ökobilanz von Gebäuden</li> <li>• Abfall- und Kreislaufwirtschaftspolitik, z. B. Anforderungen an die Verwertung von Baustoffen im KrWG, Deponiegebühren</li> </ul>

### Instrumente mit direkter Nachfragewirkung

#### *Bebauungsplanung*

Auf Ebene der Bebauungsplanung werden die kommunale Bauleitplanung sowie städtebauliche Verträge als Instrumente zur Förderung eines klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauens diskutiert (Ludwig et al., 2017; Blauel et al., 2018). Die kommunale Bauleitplanung dient zur Lenkung und Ordnung der städtebaulichen Entwicklung. Mithilfe von Bauleitplänen lassen sich bindende Vorgaben für die Errichtung baulicher Anlagen und sonstige Grundstücksnutzungen setzen. Nach § 1 Abs. 5 Baugesetzbuch (BauGB) sind Kommunen dabei verpflichtet, diverse Belange in Planungsentscheidungen mit einzubeziehen, wozu der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen ebenso zählt wie Klimaschutz und Klimaanpassung in der Stadtentwicklung (Diepes und Müller, 2018). § 1a BauGB konkretisiert Vorschriften zum Umweltschutz. Kommunen können allerdings eigenverantwortlich entscheiden, ob und in welcher Form sie planerische Maßnahmen zum Klimaschutz umsetzen. In der Praxis stellen Anforderungen in den Bereichen Energie, Bebauungsstruktur und Gebäudekonfiguration, Grünstrukturen und Freiflächen, Wasserhaushalt und Verkehr Hauptanwendungsfelder der klimarelevanten Bebauungsplanung dar (Diepes und Müller, 2018). Inwiefern die Baugesetzgebung Spielraum bietet, um im Rahmen der Bauleitplanung Anforderungen an Baumaterialien zu etablieren, wurde in Interviews unterschiedlich beurteilt. Vertiefende Analysen könnten hier zur Klärung beitragen. Teils wurden in Interviews städtebauliche Verträge als eine Option genannt, die größeren Gestaltungsspielraum für Klimaschutzfestsetzungen bietet (siehe auch Blauel et al., 2018). Im Rahmen einer kooperativen Form der Bebauungsplanung können entsprechende Festsetzungen zwischen den Vertragspartnern verhandelt werden.

### *Konzeptausschreibungen zur Vergabe städtischer Baugrundstücke*

Die Anwendung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Vergabe städtischer Baugrundstücke ist ein weiteres Instrument, das eine Berücksichtigung von Klimaschutz- und Ressourceneffizienzbelangen bei der städtebaulichen Entwicklung ermöglicht. Ein Anwendungsbeispiel ist die Ökologische Mustersiedlung „Prinz Eugen Park“ in München. Auf Basis einer Lebenszyklusbetrachtung verschiedener Gebäude wurden hier Kriterien an verwendete Konstruktionsmaterialien definiert (Hafner, 2017). Die Grundstücksvergabe erfolgte im Rahmen einer Konzeptausschreibung, bei der – neben anderen Kriterien – Punkte für drei Holzbau-Niveaus erzielt werden konnten (Hybridbau mit Außenwand in Holz, vorwiegende Holzverwendung oder Ausführung der kompletten tragenden Konstruktion in Holz bzw. Kombination mit Aufzugsschacht und Treppenhaus in Beton). Für die Errichtung der Gebäude konnte eine angepasste Version des CO<sub>2</sub>-Bonus aus dem Münchner Förderprogramm Energieeinsparung in Anspruch genommen werden, mit Fördersätzen von 0,70 € pro kg verbauter nachwachsender Rohstoffe für kleine Gebäude und 2,00 € pro kg für Stadthäuser und Geschosswohnungsbau (Landeshauptstadt München, 2017). Voraussetzung ist der Nachweis der auf Basis von Lebenszyklusanalysen festgelegten Mindestanteile an nachwachsenden Rohstoffen pro m<sup>2</sup> Wohnfläche, sowie der Nachweis, das Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt. Letzterer ist mittels Zertifizierung oder einer regionalen Herkunft von maximal 400 km Entfernung zu erbringen (Landeshauptstadt München, 2017). Im Ergebnis wiesen fünf der erfolgreichen Gebote das höchste Holzbau-Niveau auf, zwei Projekte wurden als Hybridbauten konzipiert (Hafner, 2017). Auch Hamburg nutzt für die Vergabe städtischer Grundstücke Konzeptausschreibungen, die bei der Punktevergabe u. a. konstruktiven Holzbau berücksichtigen (z. B. LIG Hamburg, 2019). Da eine Einflussnahme auf die Nachhaltigkeit errichteter Gebäude auf den Zeitpunkt der Grundstücksvergabe begrenzt ist, wird hier eine Vergabe in Erbbaurecht genutzt.

### *Umweltverträgliche öffentliche Beschaffung*

Der öffentliche Beschaffungsmarkt umfasst in Deutschland etwa 15% des Bruttoinlandsprodukts (OECD, 2019). Die hiermit verbundene Marktmacht kann ein effektives Instrument sein, um im Rahmen einer öffentlichen Vorbildfunktion Anreize für Umweltinnovationen zu setzen (European Commission, 2016; Schormüller, 2014; Blauel et al., 2018). EU-Vergaberichtlinien sehen das wirtschaftlich günstigste Angebot als Grundlage für Vergaben an (Artikel 67 der Richtlinie 2014/24/EU bzw. Artikel 82 der Richtlinie 2014/25/EU). Wirtschaftlichkeit umfasst dabei nicht nur Angebotskosten, die als Lebenszykluskosten kalkuliert werden können, sondern verschiedene andere Aspekte, zu denen auch Umweltauswirkungen von Angeboten zählen (European Commission, 2016; Hermann, 2019; Chiappinelli und Zipperer, 2017). In Deutschland legt § 18 (1) der Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (VOL/A) fest, dass „das unter Berücksichtigung aller Umstände wirtschaftlichste Angebot“ zu bezuschlagen ist; der niedrigste Angebotspreis soll nicht allein entscheidend sein (Schormüller, 2014). Zur Berücksichtigung von Umweltaspekten bei Beschaffungsprozessen gibt es verschiedene Optionen (siehe European Commission, 2016; Hermann, 2019; Chiappinelli und Zipperer, 2017). So lassen sich in der Leistungsbeschreibung umweltbezogene Anforderungen an Produkte, Bau- und Dienstleistungen formulieren. Alternativ können umweltbezogene Zuschlagskriterien definiert werden: Beispielsweise lassen sich die Total Costs of Ownership berücksichtigen, die bei Gebäuden etwa den Energieverbrauch in der Nutzungsphase oder Entsorgungskosten mit abdecken, aber auch die Nutzung qualitativer Kriterien oder ökobilanzbasierter Anforderungen ist möglich. In Lebenszykluskosten lassen sich unter bestimmten Bedingungen auch Schätzungen für externe Kosten berücksichtigen.

Die Berücksichtigung von Umweltkriterien bei öffentlichen Beschaffungsvorgängen liegt allerdings im Ermessen der zuständigen Verwaltungen, wobei traditionell eine Ausrichtung an ökonomischen Kriterien do-

miniert (Chiappinelli und Zipperer, 2017; Schormüller, 2014). Relevante Hemmnisse bestehen etwa in Bedenken hinsichtlich resultierender Kosten oder einer steigenden Komplexität von Ausschreibungen, sowie in fehlenden Verwaltungskapazitäten zur Gestaltung und Umsetzung angepasster Ausschreibungsverfahren (Chiappinelli und Zipperer, 2017; Hepperle und Müller, 2017). Relevant ist zudem, dass viele Kommunen ihre Beschaffung ganz oder teilweise dezentral organisieren, so dass bei einer Anpassung von Vorgängen viele Personen erreicht werden müssen (Schormüller, 2014). Für den Erfolg umweltverträglicher Beschaffungsvorgänge spielen daher die Organisation von Fortbildungen, Wissensaustausch sowie eine institutionelle und organisatorische Unterstützung der umweltverträglichen Beschaffung in Politik und Verwaltung eine große Rolle (Chiappinelli und Zipperer, 2017; Hepperle und Müller, 2017; Schormüller, 2014).

In bestimmten Vergabebereichen besteht zudem nicht nur die Möglichkeit, sondern die Verpflichtung, Umweltaspekte zu berücksichtigen (Blauel et al., 2018; Hermann, 2019). Ein Beispiel ist der Gemeinsame Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten, der vorsieht, dass von der Bundesverwaltung beschaffte Holzprodukte nachweislich aus legaler und nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammen müssen (BMEL, 2018b). Im Gebäudebereich sind seit 2011 beim Neubau von Büro- und Verwaltungsbauten des Bundes der Leitfaden Nachhaltiges Bauen und das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) anzuwenden, wobei der Qualitätsstandard Silber als Mindeststandard einzuhalten ist (BMI, 2019; 2018). Der Kriterienkatalog wurde in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) entwickelt, die Zertifizierung auch für private Bauprojekte anbietet. Sowohl das BNB als auch der Gemeinsame Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten wurden von mehreren Bundesländern und Kommunen übernommen (BMI, 2019; Bick, 2016). Darüber hinaus haben einige Bundesländer den Willen zur umweltorientierten Einkaufs- und Vergabep Praxis in ihren Vergabegesetzen verankert (Blauel et al., 2018). Bundesländer wie beispielsweise Baden-Württemberg, Berlin oder Hamburg fordern zudem bei öffentlichen Bauaufgaben explizit eine Prüfung der Möglichkeiten, Holz für die Baukonstruktion und tragende Bauteile zu verwenden (§ 22 HmbKliSchG; VwVBU Berlin Anhang 1; MLR Baden-Württemberg, 2018). In Berlin besteht darüber hinaus ein Prüfauftrag für die Verwendung von Recyclingbeton (VwVBU Berlin Anhang 1). Da entsprechende Initiativen zum Berichtszeitpunkt erst vor vergleichsweise kurzer Zeit eingeführt wurden, ist es für eine strukturierte Auswertung der Erfahrungen noch zu früh; dies gilt auch für kommunale Förderprogramme für klimaverträgliches Bauen (s. u.). Relevant für die umweltverträgliche Beschaffung ist zudem der Regierungsentwurf zur Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes: In § 45 (2) KrWG soll die Verpflichtung von Bundesbehörden und der Aufsicht des Bundes unterstehenden Stellen konkretisiert werden, durch ihr Verhalten, u. a. bei Bauvorhaben, zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und zum Schutz von Mensch und Umwelt bei der Abfallerzeugung und -bewirtschaftung beizutragen (Bundesrat, 2020).

In Expertengesprächen kam zum Ausdruck, dass Bauthemen vermehrt als Themen für die umweltverträgliche öffentliche Beschaffung wahrgenommen werden, aber noch viele Unsicherheiten bestehen, wie Beschaffungsvorgänge entsprechend ausgestaltet werden können. Ein relevantes Hemmnis ist, dass Anforderungen für Bauleistungen deutlich komplexer ausfallen als dies z. B. bei Büromaterialien oder Fahrzeugen der Fall ist. Um die verschiedenen Dimensionen nachhaltiger Bauentscheidungen abbilden zu können, wird die Anwendung des BNB-Systems als Option gesehen (zumindest ab einem bestimmten Auftragsvolumen). Allerdings werden hierfür auf die Vergabep Praxis abgestimmte, konkrete Handlungsleitfäden und Schulungen als nötig angesehen. Gerade für dezentral organisierte Beschaffungsstellen kann sich die Einführung komplex und zeitintensiv gestalten; auch sich ergebender, zusätzlicher Personalbedarf und die Verfügbarkeit entsprechender Mittel können Hemmnisse darstellen. Hinzu kommt, dass sowohl bei öffentlichen Auftraggebern als auch bei den Erstellern von Angeboten teils noch wenig Erfahrungen mit der Berechnung

und Bewertung von Lebenszykluskosten bestehen. Das gleiche gilt für ökobilanzbasierte Lebenszyklusanalysen.

Als wichtig wurde hier angesehen, im Rahmen begleitender Forschungen Berechnungen für Beispielprojekte zu erstellen. Gerade für Fälle, in denen Prüfaufträge für Holz oder Recyclingbaustoffe formuliert werden, dienen Lebenszykluskostenvergleiche und eine Quantifizierung von Umweltwirkungen unterschiedlicher Gebäudevarianten als wichtige Entscheidungsgrundlage (z. B. König, 2017; Hafner, 2017). Vergleichende Analysen zu Lebenszykluskosten spielen allgemein in der umweltverträglichen Beschaffung eine wichtige Rolle, um zu belegen, dass eine Orientierung am wirtschaftlichsten Angebot unter Einbezug ökologischer Kriterien zu Kosteneinsparungen in der öffentlichen Verwaltung führen kann (z. B. Gröger et al., 2015). Gleichzeitig wurde in Interviews hervorgehoben, dass höhere ökologische Ansprüche nicht immer kostenneutral zu erfüllen sind, zumal Ansprüche an Gebäude auch in weiteren Kriterienbereichen wachsen (z. B. Schallschutz, Wohnraumfläche, Barrierefreiheit). Bei gleichbleibenden Projektbudgets kann sich dies zum Problem erweisen, so dass eine transparente Diskussion des gesellschaftlichen Mehrwerts hoher ökologischer Anspruchsniveaus erforderlich ist.

Bei einer mehrdimensionalen Betrachtung der Nachhaltigkeit von Gebäuden, wie sie im BNB vorgenommen wird, wurde zudem in mehreren Gesprächen die Gewichtung ökologischer Kriterien im Vergleich zu anderen Erwägungen problematisiert. Aktuell fließt das Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP) lediglich mit einer Gewichtung von 3,750 % in die Gesamtbewertung mit ein (BMI, 2019). Anhand von Sensitivitätsanalysen lässt sich jedoch zeigen, dass ein schlechtes Ergebnis in dieser Kategorie leicht über andere Kriterien kompensiert werden kann, beispielsweise die Übererfüllung gesetzlicher Anforderungen im Bereich Schallschutz oder Maßnahmen im Bereich Reinigungsfreundlichkeit (Rüter, 2019). Eine stärkere Berücksichtigung der Klimawirkung von Bauentscheidungen ließe sich durch eine Anpassung der Kriteriengewichtung erreichen, sowie durch verschärfte Grenz- bzw. Zielwerte oder die Einführung des Treibhauspotentials als K.-o.-Kriterium (Rüter, 2019).

### *Energieeinsparrecht*

Das Energieeinsparrecht bietet Ansatzpunkte, um Anforderungen an den Primärenergiebedarf in Gebäuden verpflichtend in privaten Bauentscheidungen zu verankern. Das Energiekonzept der Bundesregierung hat 2010 das Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 etabliert (BMW i und BMU, 2010). Klimaneutralität ist hier dahingehend definiert, dass der Primärenergiebedarf von Gebäuden um 80 % sinken und der verbleibende Energiebedarf überwiegend durch erneuerbare Energien gedeckt werden soll. Der Fokus der Umsetzung liegt demnach auf der Nutzungsphase von Gebäuden, wenngleich die Energieeffizienzstrategie 2050 auch sektorenübergreifende THG-Einsparungen durch den Einsatz ressourceneffizienter Baustoffe sowie den selektiven Gebäuderückbau und das Recycling von Baustoffen als Handlungsfeld erwähnt (BMW i, 2019a; BMW i und BMU, 2010). Mit zunehmender Energieeffizienz in der Nutzungsphase von Gebäuden steigt dabei die Relevanz der energiebedingten Aufwendungen für die Herstellung, Instandsetzung und „End of Life“-Phase (Abbruch, Rückbau und Entsorgung) von Gebäuden, der sogenannten „grauen Energie“ (Mahler et al., 2019). Auch Prozessemissionen bei der Herstellung von Bauprodukten, etwa aus der Zementproduktion, sind zu beachten (Mahler et al., 2019; Agora Energiewende und Wuppertal Institut, 2019).

Zur ordnungsrechtlichen Verankerung einer lebenszyklusbasierten Bilanzierung des Primärenergiebedarfs wird in der politischen und wissenschaftlichen Debatte insbesondere das Gebäudeenergiegesetz (GEG) diskutiert (Mahler et al., 2019; DUH, 2019; DGNB und DUH, 2018). Das GEG, dessen Entwurf im Oktober 2019

vom Bundeskabinett beschlossen wurde, führt EnEG, EnEV und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EE-WärmeG) zusammen, um Anwendung und Vollzug zu vereinfachen und Anforderungen der EU-Gebäude-richtlinie umzusetzen (Deutscher Bundestag, 2020; BMWi, 2019b). Aktuelle energetische Anforderungen für Neubau und Gebäudebestand gelten dabei fort – nach § 2a EnEG gilt seit 2019 der Niedrigstenergiestandard für neue Nichtwohngebäude der öffentlichen Hand, ab 2021 für alle übrigen Neubauten. Auch der Ansatz der EnEV, nur den Primärenergiebedarf der Nutzungsphase zu bilanzieren, wird fortgeführt (d. h. Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung sowie eingebaute Beleuchtung bei Nichtwohngebäuden, nach §§ 3 und 4 EnEV bzw. §§ 15 und 18 GEG Entwurfsfassung, siehe Deutscher Bundestag, 2020). Eine Überprüfung der energetischen Anforderungen für Neubau und Bestand ist für das Jahr 2023 vorgesehen. In mehreren Interviews wurde die Berücksichtigung der grauen Energie bei der Fortentwicklung des GEG als wichtige Perspektive genannt, wobei auch die Verwendung von CO<sub>2</sub>-Emissionen statt Primärenergiebedarf in der Diskussion steht (siehe DGNB und DUH, 2018). Lebenszyklusorientierte Anforderungen an Gebäude würden bei beiden Zielgrößen materialoffene Anreize setzen, um vermehrt nach klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen zu suchen. Für das Bauen mit Holz ist indirekt zudem das Anspruchsniveau von Energieeffizienzstandards relevant, da über vergleichsweise höhere Nutzflächen Wettbewerbsvorteile realisiert werden können (siehe 4.4.3). Neben der Ausgestaltung von Anforderungen gilt es dabei auch, Lösungskonzepte für Monitoring und Vollzug weiterzuentwickeln (siehe DUH, 2019).

#### *Förderprogramme für klimaverträgliches Bauen*

Um die Realisierung anspruchsvoller Energieeffizienz-niveaus in Neubau und Sanierung zu ermöglichen, die über ordnungsrechtliche Mindestanforderungen hinausgehen, spielen zudem finanzielle Förderungsoptionen eine wichtige Rolle (siehe § 89 GEG Entwurfsfassung, Deutscher Bundestag, 2020). Auf Bundesebene können hierfür Förderprogramme der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) in Anspruch genommen werden. Im Bereich Energieeffizientes Bauen und Sanieren vergibt die KfW Förderkredite mit verbilligten Zinsen, Tilgungszuschüsse und direkt ausgezahlte Zuschüsse für Neubauten oder Gebäudesanierungen (KfW, 2020a). Die Förderhöhe ist dabei nach KfW-Effizienzhausstandards differenziert. Neben der energetischen Fachplanung und Baubegleitung durch einen Energieeffizienz-Experten kann seit 2016 zusätzlich die Erstellung von Zertifikaten für nachhaltiges Bauen bezuschusst werden (KfW, 2020b). Selbst wenn GEG-Anforderungen bis auf weiteres auf die Nutzungsphase von Gebäuden beschränkt bleiben, ließe sich die KfW-Fördersystematik um eine Berücksichtigung der grauen Energie erweitern, z. B. durch ein zusätzliches Förderprogramm für lebenszyklusoptimierte Gebäude (Wolf und Rüter, 2019b). Dieser Ansatzpunkt wurde in mehreren Interviews genannt. Eine technologieoffene Ausgestaltung von Förderkriterien würde dabei eine Lebenszyklusanalyse in der Planungsphase von Gebäuden voraussetzen, für die analog zur energetischen Baubegleitung Förderzuschüsse definiert werden könnten. Auf diese Weise könnten Erfahrungen für eine spätere Berücksichtigung der grauen Energie im GEG gesammelt werden.

KfW-Förderangebote werden zudem durch Förderprogramme im Bereich des kommunalen Hochbaus ergänzt, die spezifische Förderschwerpunkte bzw. im Vergleich zur KfW nochmals erhöhte Anspruchsniveaus verfolgen. Die Reduktion von THG-Emissionen bei der Gebäudekonstruktion wird beispielsweise in Hamburg und München gefördert. Hamburg bezuschusst den Einsatz von Holz in der Gebäudekonstruktion von Neubauten, Aufstockungen und Anbauten mit aktuell 0,80 € je Kilogramm Holzprodukt, wobei verwendete Holzprodukte sowie Holzfertigbauteile nach FSC oder PEFC zertifiziert sein müssen (IFB Hamburg, 2020a; b). Das Münchner Förderprogramm Energieeinsparung (FES) fördert den Einsatz nachwachsender, Kohlenstoff speichernder Baustoffe in und an der Gebäudehülle mit 0,20 € je kg langfristig im Gebäude verbautem nach-

wachsendem Kohlenstoff (Landeshauptstadt München, 2018). Nachhaltigkeitsnachweise sind durch Zertifizierung oder eine regionale Herkunft der Baustoffe zu erbringen. In Interviews wurde neben kommunalen Förderprogrammen zudem die Möglichkeit erwähnt, nachhaltiges Bauen verstärkt als Auftrag an kommunale Wohnungsbaugesellschaften zu etablieren.

### **Instrumente mit indirekter Nachfragewirkung**

#### *CO<sub>2</sub>-Bepreisung*

Neben den genannten Instrumenten, die gezielt die Erfüllung bestimmter Anforderungen bei der Gebäudekonstruktion fordern oder fördern, entfalten Instrumente, die auf eine Verteuerung emissions- oder ressourcenintensiver Bauoptionen abzielen, eine Richtungswirkung. Einen wichtigen klimapolitischen Ansatz zur Schaffung fairer Wettbewerbsbedingungen stellt dabei die CO<sub>2</sub>-Bepreisung dar (Agora Energiewende und Wuppertal Institut, 2019; Neuhoff und Chiappinelli, 2018). Um Anreize für klimaverträgliche Innovationen im Bereich der Baustoffproduktion zu setzen, kann die Herstellung von Grundstoffen einen Ansatzpunkt bieten. Die Produktion von Grundstoffen (d. h. Zement, Eisen, Stahl, Papier und Pappe, Aluminium sowie petrochemische und chemische Grundstoffe) unterliegt grundsätzlich dem EU-Emissionshandel. Da entsprechende Industrien im internationalen Wettbewerb stehen, erfolgt die Zuteilung von Zertifikaten jedoch kostenlos, um Carbon Leakage zu vermeiden. Zur Dekarbonisierung der Grundstoffindustrie werden breite Maßnahmenbündel diskutiert (Agora Energiewende und Wuppertal Institut, 2019; Neuhoff und Chiappinelli, 2018). Ansätze zur verstärkten Internalisierung von Umweltkosten könnten aus einem Ausstieg aus der kostenlosen Zuteilung von Zertifikaten bestehen, der jedoch mit der Einführung eines Grenzausgleichs verbunden werden müsste, um Leakage zu vermeiden – diese Option gilt jedoch aufgrund internationaler handelsrechtlicher Anforderungen als konfliktträchtig (Neuhoff und Chiappinelli, 2018). Als weitere Option wird die Einführung einer Verbrauchsabgabe auf CO<sub>2</sub>-intensive Grundstoffe diskutiert, mit Beibehaltung der kostenlosen Zertifikatzuteilung (hierzu im Detail Neuhoff et al., 2016). Carbon-Leakage-Risiken werden hier dadurch adressiert, dass eine Abgabe unabhängig vom Herstellungsort beim inländischen Verbrauch von Grundstoffen anfallen würde.

#### *Primärbaustoffsteuern*

Einen weiteren Ansatzpunkt für die Internalisierung von Umweltkosten stellen prinzipiell Primärbaustoffsteuern dar, die Anreize für eine verstärkte Ressourceneffizienz bei der Gewinnung von endlichen Baumineralien setzen (Ludwig und Gawel, 2017). So machten Sande, Kiese und gebrochene Natursteine 2018 ca. drei Viertel der Menge der inländischen Rohstoffproduktion in Deutschland aus, wobei ca. 95 % hiervon in der Bauindustrie (Hoch- und Tiefbau) verwendet wurden (BGR, 2019). Die Lenkungswirkung von Primärbaustoffsteuern zielt darauf ab, die Nutzungsdauer bestehender Bauten zu erhöhen bzw. die Dauerhaftigkeit neuer Bauten sowie ihre Recyclingfähigkeit zu verbessern. Auch werden Anreize zur Verwendung erneuerbarer Rohstoffe und Sekundärbaustoffe gesetzt (Ludwig und Gawel, 2017). Dies soll einen Beitrag leisten, um die Umweltbeanspruchung durch die Rohstoffproduktion, wie etwa Flächen- und Naturverbrauch, zu reduzieren. Primärbaustoffsteuern werden z. B. in Großbritannien, Dänemark und Schweden angewandt, wobei sich eine Effektivität aufgrund meist niedriger Steuersätze vor allem in Kombination mit anderen Instrumenten ergibt, wie z. B. Deponiegebühren oder Anforderungen an die Recyclingfähigkeit im Kreislaufwirtschaftsrecht (EEA, 2008).

### *Konkretisierung der Grundanforderung 7 der EU-Bauproduktenverordnung*

Auch der Bereich der Produktpolitik bietet Ansätze, um Nachhaltigkeitsaspekte verstärkt im Wettbewerb zwischen Bauoptionen zu verankern. Die EU-Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) definiert den Rechtsrahmen, innerhalb dessen Mitgliedstaaten Anforderungen an Bauwerke bzw. Bauprodukte stellen dürfen (Umweltbundesamt, 2018). Unter anderem sieht die Bauproduktenverordnung Anforderungen an die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen vor (Anhang 1 Nr. 7 EU-BauPVO). Bauwerke müssen demnach derart entworfen, errichtet und abgerissen werden, dass nach dem Abriss die Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit des Bauwerks bzw. seiner Baustoffe und Teile sichergestellt wird; die Dauerhaftigkeit des Bauwerks gewährleistet wird; und umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe verwendet werden. Die Umsetzung der Grundanforderung 7 in Deutschland erfordert eine Konkretisierung durch die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), die bislang noch aussteht (Dederich, 2018). Lösungsansätze für die Leistungsbemessung werden auf europäischer Ebene in Normungsvorhaben unter CEN/TC 350 „Nachhaltigkeit von Gebäuden“ entwickelt, sowie auf internationaler Ebene im Rahmen von ISO/TC 59/SC 17 „Nachhaltiges Bauen“ (BMI, 2020b). Als Informationsinstrument können Nachweise zur Grundanforderung 7 durch Umweltdeklarationen für Bauprodukte erbracht werden. Eine Umsetzung der Grundanforderung 7 in MVV TB und Landesrecht wurde in mehreren Interviews als Maßnahme mit bedeutender Signalwirkung genannt.

### *Kreislaufwirtschaftsrecht*

Um Suchprozesse nach ressourceneffizienten Lösungen anzustoßen, kommt außerdem dem **Kreislaufwirtschaftsrecht** eine wichtige Rolle zu, da es Rahmenbedingungen für die Verwertung bzw. Beseitigung von Bauprodukten am Lebensende von Gebäuden setzt (Ludwig et al., 2017). Nach § 14 (3) Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) sollen spätestens ab 2020 „die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und die sonstige stoffliche Verwertung von nichtgefährlichen Bau- und Abbruchabfällen“ (mit Ausnahme bestimmter in der Natur vorkommenden Materialien) mindestens 70 Gewichtsprozent betragen. Die sonstige stoffliche Verwertung schließt explizit die Verfüllung mit ein. Der aktuelle Entwurf für ein novelliertes KrWG führt diese Regelung fort (als § 14 (2) KrWG Entwurfsfassung, siehe Bundesrat, 2020). Tab. 4 bietet einen Überblick zum Verbleib mineralischer Abfälle. Während Bauschutt zu 77,7 % recycelt wurde, liegt die Recyclingquote für Baustellenabfälle, zu denen auch nicht-mineralische Fraktionen gehören, nur bei 1,6 % (Kreislaufwirtschaft Bau, 2018). Mineralische Recycling-Baustoffe deckten 2016 insgesamt 12,7 % des Bedarfs an Gesteinskörnungen (Kreislaufwirtschaft Bau, 2018). Allerdings kommen Recycling-Baustoffe überwiegend als Gesteinskörnungen im Straßen-, Erd- und Deponiebau zum Einsatz, nur 21,0 % wird hochwertig zur Asphalt- und Betonherstellung genutzt (Kreislaufwirtschaft Bau, 2018; Umweltbundesamt, 2019b). Optimierungspotenzial ergibt sich also sowohl beim Recycling von Baustellenabfällen als auch bei der Herstellung und Verwertung hochwertiger Recycling-Baustoffe. Die Mantelverordnung für Ersatzbaustoffe und Bodenschutz, die seit Mai 2017 als Regierungsentwurf vorliegt, soll erstmalig bundeseinheitliche, rechtsverbindliche Anforderungen an die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe definieren (Deutscher Bundestag, 2017). Ziel der Verordnung ist zum einen, die bestmögliche Verwertung von mineralischen Abfällen zu gewährleisten; zudem sollen Anforderungen an die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung von Funktionen des Bodens bei der Verfüllung konkretisiert bzw. an den gegenwärtigen Erkenntnisstand angepasst werden (Deutscher Bundestag, 2017). Ein weiteres Instrument mit Richtungswirkung für die Recyclingfähigkeit von Baustoffen stellen Deponiegebühren dar, die Beseitigungskosten am Lebensende von Gebäuden beeinflussen.

Bei der Verwertung von Altholz aus Baustellenabfällen ist eine Deponierung nach der Altholzverordnung bereits seit 2003 nicht mehr zulässig (Radde, 2006). Bei Lebenszyklusanalysen wird für End of Life-Szenarien aktuell nach Vorgaben der DGNB und BNB allerdings der Entsorgungsweg „Thermische Verwertung“ angenommen (Hafner et al., 2017). In 2016 wurde 68,6 % des gesamten Marktvolumens von Altholz in Deutschland energetisch verwendet (Mantau et al., 2018). Der Anteil der stofflichen Nutzung betrug 25,7 %, wobei mengenmäßig nahezu ausschließlich die Verwendung in der Spanplattenindustrie relevant ist.

**Tabelle 4:** Aufkommen und Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016

Bauabfallfraktion	Abfallmenge	Verbleib		
		Recycling	Sonstige Verwertung (bei mineralischen Bauabfällen: insb. Verfüllung)	Beseitigung auf Deponien
Bauschutt	58,5 Mio. t	77,7 %	16,1 %	6,2 %
Baustellenabfälle: 50 % Eisen und Stahl, 25 % gemischte Bau- und Abbruchabfälle, (inkl. mineralische Bestandteile), 20 % Altholz, 5 % Glas, Kunststoff, Metall und Dämmmaterial	14,3 Mio. t	1,6 %	97,0 %	1,4 %
Bauabfälle auf Gipsbasis	641.000 t	4,5 %	40,1 %	55,4 %
Boden und Steine	125,2 Mio. t	9,1 %	77,0 %	13,9 %
Straßenaufbruch	16,0 Mio. t	95,4 %	2,5 %	2,1 %

Quelle: Kreislaufwirtschaft Bau (2018)

#### *Implikationen einer verstärkten Berücksichtigung der Recyclingfähigkeit für die Holzbauweise*

Inwiefern End of Life-Szenarien bei der Planung von Gebäuden berücksichtigt werden, wird durch Anforderungen an die Verwertung von Bauabfällen, aber auch die Umsetzung der Grundanforderung 7 der Bauproduktenverordnung sowie lebenszyklusorientierte Anforderungen an Gebäude im Rahmen von Instrumenten mit direkter Nachfragewirkung beeinflusst. Bauen mit Holz kann durch eine Kaskadennutzung von Holz mit mehrfacher stofflicher Verwertung und energetischer Nutzung am Ende des Lebenszyklus zu einer Erhöhung der Ressourceneffizienz beitragen (Höglmeier et al., 2017; Klinge et al., 2019). Dies setzt allerdings voraus, dass Rückbaubarkeit und Recyclingfähigkeit bei der Bauprodukt- und Bauteilherstellung sowie der Gebäudeplanung berücksichtigt werden. Am Lebensende von Gebäuden müssen zudem ein selektiver Rückbau und eine sortenreine Erfassung von Altholz sichergestellt werden. Bei der Weiterentwicklung von Stoffkreisläufen sehen Hafner et al. (2017, S. 153) ein hohes Entwicklungspotenzial für die Holzbaubranche.

In den Experteninterviews wurde eine hochwertigere stoffliche Verwertung prinzipiell als möglich und erstrebenswert angesehen. Allerdings wurde auch auf eine Reihe offener Fragen hingewiesen, zu deren Klärung sowohl die Wissenschaft als auch die Holzbaupraxis beitragen sollte. Forschungsbedarf wurde etwa bei der Bemessung und statischen Bewertung von rückgebauten Bauteilen und der Kompatibilität mit rechtlichen Rahmenbedingungen gesehen. Auch fehlen noch Informationen, wie gut sich verschiedene Bauteile und Baustoffe rückbauen und recyceln lassen, und wie Trade-Offs z. B. zwischen Trennbarkeit, Materialeinsparung, Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit zu bewerten sind. Gerade bei Bestandsgebäuden fehlen darüber hinaus Informationen zur Qualität der verbauten Holzbestandteile – für eine stoffliche Wiederverwertung muss insbesondere die Schadstofffreiheit nachgewiesen werden (Klinge et al., 2019). Ein Eintrag

von Schadstoffen kann sich etwa durch Holzschutzmittel, Beschichtungen oder Farbanstriche ergeben. Eine Herausforderung wurde auch darin gesehen, einen selektiven Rückbau sicherzustellen. In mehreren Interviews wurde hervorgehoben, dass Anreize für eine hochwertige stoffliche Verwertung von Altholz, aber auch mineralischen Bauabfällen, noch gering sind, aufgrund vergleichsweise niedriger Kosten von Primärrohstoffen. Perspektivisch könnte sich ein Anstieg von Rohholzpreisen durch einen Anstieg der Holz Nachfrage ergeben, etwa im Zuge innovativer Bioökonomieanwendungen oder beim Bauen mit Holz; auch der fortschreitende Waldumbau kann langfristig zu steigenden Nadelrohholzpreisen beitragen (siehe 4.6.2). Dies könnte die Wirtschaftlichkeit einer verstärkten Kaskadennutzung von Holz erhöhen.

Handlungsbedarf wurde in einem ersten Schritt bei einer verstärkten Sensibilisierung von Holzbauakteuren, Auftraggebern und Planern für EoL-Szenarien gesehen. Hierzu kann z. B. die Berücksichtigung von Recyclingfähigkeit oder Sekundärbaustoffen in der öffentlichen Beschaffung oder in Hochbau-Förderprogrammen beitragen. Um die Verbindlichkeit des selektiven Rückbaus zu erhöhen, wurden in Interviews verschiedene mögliche Ansatzpunkte im Abfallrecht oder Bauordnungsrecht gesehen. Als wichtiger Punkt wurde zudem die Einführung eines Ressourcen- oder Gebäudepasses für Neubauten gesehen, um zukünftig die Informationsgrundlage für „Urban Mining“-Aktivitäten zu verbessern (Richter und Lautenschläger, 2018; Hillebrandt, 2018). Für die Holzbaubranche böte sich hier die Chance, auf dem hohen Detailgrad der Holzbauplanung und hohen Vorfertigungsgraden aufzubauen, welche Unsicherheiten bei der Dokumentation von Materialien reduzieren.

### **Richtungswirkung ökobilanzbasierter oder holzbauspezifischer Ansätze**

Suchimpulse, die sich aus Instrumenten mit indirekter Nachfragewirkung ergeben, sind prinzipiell baustoffneutral. Wenn beispielsweise über eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung die Kosten emissionsintensiver Baustoffe ansteigen, können Bauentscheider prüfen, wie sich der Materialeinsatz verringern lässt, ob Recycling-Baustoffe oder Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt werden können oder ob sich die Dauerhaftigkeit von Gebäuden verlängern lässt. Je nach Anreizhöhe kann sich ggf. die Neigung, in Neubauten zu investieren, verringern – hier sind, auch in Kombination mit anderen Instrumenten, Ausgestaltungsvarianten zu prüfen, die Zielkonflikte zwischen Klimaschutz und der Schaffung bezahlbaren Wohnraums vermeiden.

In Instrumenten mit direkter Nachfragewirkung wie Bebauungsplanung, Vergabeprozessen, Förderprogrammen oder ordnungsrechtlichen Anforderungen stellt sich hingegen die Frage, ob Anforderungen bzw. Anreize materialoffen oder auf spezifische Bauoptionen hin ausgerichtet werden. In Experteninterviews wurden für beide Varianten verschiedene Vor- und Nachteile genannt. Über alle interviewten Akteursgruppen hinweg wurde ein entscheidender Vorzug von materialneutralen, ökobilanzbasierten Anforderungen darin gesehen, dass für den Bausektor als Ganzes Innovationsdruck erzeugt wird. Wenn z. B. eine Anforderung dahingehend gesetzt wird, dass gegenüber einem Referenzgebäude ein Einsparpotenzial an CO<sub>2</sub>-Emissionen oder Primärenergiebedarf inkl. grauer Energie nachgewiesen werden muss, könnten Bauentscheider eine Bandbreite von Optionen entlang des Lebenszyklus von Gebäuden einsetzen. Dies schließt z. B. den Einsatz von Recyclingbaustoffen ein, oder die Kompensation von Emissionen in der Herstellungsphase von Gebäuden durch hohe Energieeffizienzstandards und erneuerbare Energien-Erzeugung in der Nutzungsphase. Bei funktionalen Anforderungen an die ökologische Leistung von Gebäuden würde auch für Holzbauteilnehmer ein faireres Wettbewerbsumfeld geschaffen, in dem entsprechende Vorteile ausgespielt werden können. Dies kann auch im Kontext von breiteren Katalogen von Nachhaltigkeitskriterien geschehen, wobei sich hier, wie im Beispiel des BNB, Fragen der Gewichtung von Klimaschutz im Vergleich zu anderen Aspekten stellen. Eine breite Nachhaltigkeitsbetrachtung könnte in jedem Fall Bewusstsein für die ökologischen

Kosten von Bauentscheidungen schärfen, was für den Holzbau neue Marktchancen eröffnet – eine zentrale Barriere wurde aktuell darin gesehen, dass Holzbau teils aufgrund von Informationsdefiziten von vornherein nicht als Option in Betracht gezogen wird. Sofern dies ausgeräumt würde, könnte sich die Durchsetzungsfähigkeit des Holzbaus im marktlichen Wettbewerb bereits erheblich erweitern. Zudem wurde betont, dass materialneutrale Kriterien das Risiko vermindern, einen zu hohen Nachfragedruck auf den Baustoff Holz aufzubauen – insbesondere wurden hier Unsicherheiten in Bezug auf den Umfang genannt, in dem sich die Holznutzung für das Bauen mit Holz langfristig ausweiten ließe, ohne mit anderen Nachhaltigkeitszielen der Waldbewirtschaftung in Konflikt zu treten. Zudem könnte ein hoher Nachfragedruck zu höheren Kosten führen, wenn Engpässe in Kapazitäten oder Fachpersonal auftreten oder sich, perspektivisch, auch rohstoffseitige Nutzungskonkurrenzen verstärken sollten. Ansätze, die breitere Suchprozesse nach klimaverträglichen Bauoptionen auslösen, würden in diesem Kontext größere Flexibilität schaffen und auch auf Gebäudeebene Anreize zur Optimierung z. B. im Rahmen von Hybridbauten setzen.

Herausforderungen wurden jedoch noch bei der Umsetzung ökobilanzbasierter Anforderungen oder Anreize gesehen. Zum einen kann sich die Definition von CO<sub>2</sub>- oder Primärenergiebedarfs-Grenzwerten herausfordernd gestalten, aufgrund der Diversität der Nutzungsansprüche an unterschiedliche Gebäude. Förderprogramme, die das Erreichen lebenszyklusbasierter Standards honorieren, könnten hier ein erster Ansatz sein, um Erfahrungen bei der Definition entsprechender Kriterien zu sammeln (Wolf und Rüter, 2019b). Als grundsätzliches Problem wurde zudem die starke Abhängigkeit von Ökobilanzierungsergebnissen von getroffenen Annahmen genannt: Dies kann die Vergleichbarkeit von Ergebnissen beeinträchtigen. Hinzu kommt, dass vergleichsweise wenige Akteure bereits Erfahrungen mit der Ökobilanzierung von Gebäuden haben, was den Mehraufwand entsprechender Berechnungen und die Fehleranfälligkeit erhöht. In diesem Kontext könnten sich vereinfachte, von einer unabhängigen Institution zur Verfügung gestellt Leitfäden als hilfreich erweisen, die sich zunächst auf zentrale Einflussfaktoren bei der Gebäudeherstellung beschränken und Vorgaben zu Annahmen formulieren. Auf diese Weise könnten Vergleichbarkeit und eine verbesserte Überprüfbarkeit hergestellt werden, und die Grundlage für eine breitere Verankerung in Planungsprozessen geschaffen werden.

Materialspezifische Ansätze wie die Anforderung, Holzbau als Option bei öffentlichen Aufträgen zu prüfen, stellen letztlich ebenfalls eine Vereinfachung dar, die auf vorangegangenen Forschungen zur Ökobilanzierung von Gebäuden basiert. Dies kann sich z. B. als wirksam erweisen, um im Rahmen der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand Projekte mit Leuchtturmwirkung zu realisieren. Um die Entscheidungsbasis zu verbreitern, kann ein Prüfauftrag für Holzbau oder Recyclingbaustoffe zudem mit Anforderungen an die Bereitstellung von Lebenszyklusanalysen und das Einhalten von BNB-Standards kombiniert werden (siehe VwVBU Berlin Anhang 1).

Die Datenbasis für ökobilanzbasierte Lebenszyklusanalysen wurde von Experten nicht als Engpass betrachtet, da mit Datenbanken wie ÖKOBAUDAT (BMI, 2020c) und Kennwertangaben in normkonformen Environmental Product Declarations (EPDs) entsprechende Informationen zur Verfügung stehen. Regeln für die Erfassung der Umweltwirkungen von Gebäuden und Produkten werden durch die europäischen Normen DIN EN 15804 (für Bauprodukte) und DIN EN 15978 (für Bauwerke) definiert, welche die internationalen Normen ISO 14040 und ISO 14044 spezifizieren (Hafner und Rüter, 2018; Wolf und Rüter, 2019b). Insbesondere die Datenverfügbarkeit für die „Cradle to Gate“-Lebenszyklusphasen A1-A3 (Herstellungsphase bzw. Produktion) wird dabei als gut angesehen (Hafner und Rüter, 2018). Breitere Anreize bzw. Anforderungen zur Erstellung von Lebenszyklusanalysen wurden in Interviews als wichtige Voraussetzung für eine weitere Ver-

besserung der Datenbasis gesehen – da EPDs aktuell freiwillig erstellt werden, beschränkt dies die Verfügbarkeit entsprechender Daten. Auch Ansätze, die den Blick stärker auf die End of Life-Phase von Gebäuden lenken (Phase C1-C4), wurden als wichtig angesehen, um die Datenlage in diesem Bereich zu verbessern. Entsprechende Anreize bzw. Anforderungen setzen zudem wichtige Impulse für Planer, sich in diesem Bereich fortzubilden, was wiederum die Grundlage für eine breitere Verankerung ökologischer Aspekte in Planungsprozessen darstellt. Abschließend wurde das Monitoring von Gebäuden als wichtiges Forschungsfeld genannt, um getroffene Annahmen überprüfen zu können.

## 4.5 Marktentstehung

Der Stand der Marktentwicklung für Holzbauweisen fällt für verschiedene Marktsegmente unterschiedlich aus (siehe Kap. 2.1). Im Ein- und Zweifamilienhausmarkt konkurrieren Holzbauten bereits erfolgreich mit mineralischen Bauweisen um Marktanteile. Dasselbe gilt für niedriggeschossige Gebäude in einigen Segmenten des Nichtwohngebäudemarkts, z. B. bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden oder Hotels und Gaststätten. Der Wettbewerb zwischen Bauweisen wird dabei maßgeblich durch Präferenzen der Nachfrager gestaltet, wobei Entscheidungen davon beeinflusst werden, wie gut Nachfrager über Kosten und Qualitätsmerkmale unterschiedlicher Bauoptionen informiert sind bzw. mit welchem Aufwand die Informationsbeschaffung verbunden ist (siehe 4.3.2, 4.4.3). Inwiefern Informationen zu Umweltwirkungen aufbereitet und verfügbar gemacht werden, hängt dabei auch von rechtlichen Rahmenbedingungen und dem politischen Instrumentenmix ab (siehe 4.4.4).

Der Bereich mehrgeschossiger Wohn- und Nichtwohngebäude stellt hingegen bislang einen Nischenmarkt für das Bauen mit Holz dar. Dies schließt nicht aus, dass sich Projekte im Wettbewerb gegen andere Optionen durchsetzen können. Angesichts des noch geringen Marktanteils von 2,8 % in 2018 (siehe 2.1) kommt aber gezielten Entscheidungen bei privaten oder öffentlichen Auftraggebern, Projekte in Holzbauweise umzusetzen und hiermit zur Ausweitung von Erfahrungen im mehrgeschossigen Bereich beizutragen, eine wichtige Rolle zu. Instrumente, die entsprechende Nischenmärkte beeinflussen, sind etwa die Förderung von Leuchtturmprojekten, die umweltverträgliche öffentliche Beschaffung sowie die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Grundstücksvergabe oder Bebauungsplanung. Auch freiwillige Nachhaltigkeitszertifizierung kann eine Rolle spielen (siehe 4.4.3). Wie in Kap. 4.4.4 dargestellt, existieren bereits verschiedene Anwendungsbeispiele für Instrumente, welche die Nischenbildung und damit Lerneffekte und die Reduzierung von Unsicherheiten unterstützen.

Die zentrale Herausforderung für den mehrgeschossigen Bereich ist nunmehr der Übergang von einem Nischen- zu einem Brückenmarkt, bei dem die Diffusion innovativer Bauweisen im Mittelpunkt steht (siehe Kap. 3.1, Tab. 1). Dieser Prozess wird durch das Zusammenspiel aller Innovationssystemfunktionen beeinflusst. Der Übergang zu einem Brückenmarkt – und perspektivisch zu einem vollständig etablierten Markt – wird beispielsweise unterstützt durch die Ausweitung der Branchenkapazität, die verbesserte Verfügbarkeit von Informations- und Beratungsangeboten oder die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften. Auch die Entwicklung des Bauordnungsrechts (siehe Kap. 4.4.1) sowie Instrumente, welche Suchprozesse nach klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen verstärkt in Bauentscheidungen verankern (siehe Kap. 4.4.4), sind hier relevant. Dazu zählt eine Ausweitung der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der öffentlichen Beschaffung, Grundstücksvergabe oder Bebauungsplanung. An weiteren Instrumentenoptionen, die in Wissenschaft und Politik diskutiert werden, könnten sich zudem z. B. Informationsanforderungen basierend auf der Grundanforderung 7 der Bauproduktenverordnung als relevant erweisen,

sowie die Verankerung einer (ggf. vereinfachten) lebenszyklusbasierten Bilanzierung des Primärenergiebedarfs im GEG oder lebenszyklusorientierte Hochbau-Förderprogramme. Der Kostenwettbewerb zwischen Bauoptionen wird zudem durch Instrumentenoptionen mit indirekter Nachfragewirkung, wie der CO<sub>2</sub>-Bepreisung von Grundstoffen, beeinflusst.

Darüber hinaus lassen sich eine Reihe von marktlichen Rahmenbedingungen identifizieren, die für die Diffusion von mehrgeschossigen Holzbauweisen eine große Rolle spielen. Nach Hafner et al. (2017, S. 87 und 90 ff.) zählen hierzu insbesondere die Umsetzung integraler Planungsprozesse, Entwicklungen bei der Standardisierung innerhalb der Holzbauweise sowie die Anpassung der Normung an den neuesten Stand der Technik. Diese Punkte wurden in Experteninterviews näher untersucht. Betont wurde dabei die Bedeutung der Qualitätssicherung für die weitere Marktentwicklung des mehrgeschossigen Bauens mit Holz, zu der alle drei Aspekte beitragen können.

### 4.5.1 Umsetzung integraler Planungsprozesse

Konventionelle Planungsprozesse sehen eine klare Trennung von Planung und Ausführung vor: Architekten und Fachplaner entwickeln in Abstimmung mit Auftraggebern in aufeinander aufbauenden Vorentwurfs-, Entwurfs- und Ausführungsplanungsphasen eine zunehmend detaillierte Planung, auf Grundlage derer Bauunternehmen ihre Werk- und Montageplanung organisieren und den Bau umsetzen (Kaufmann et al., 2017b). Die wirtschaftliche Trennung von Planung und Ausführung korrespondiert mit Vorgaben von Vergaberichtlinien, die zum Ziel haben, einen freien Wettbewerb bei der Vergabe von Bauleistungen zu gewährleisten. Holzbauprojekte erfordern jedoch, dass bereits in der Vorplanungs- und Entwurfsphase konkrete Inhalte bezüglich der Konstruktion und Herstellung vorgefertigter Bauteile berücksichtigt werden. Fehlt der Einbezug spezialisierter Holzbaukompetenz in den frühen Planungsphasen, ist nach der Vergabe häufig eine Umpassung durch das beauftragte Holzbauunternehmen erforderlich, um die Planung an die eigenen Erfordernisse anzupassen. Hierdurch können Kosten und Verzögerungen entstehen, die sich durch optimierte, integrale Planungsprozesse mit einer frühen Berücksichtigung spezifischer Holzbauerfordernisse vermeiden lassen (Kaufmann et al., 2017b; Hafner et al., 2017). Problematisch erweist sich zudem, dass sich die Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten- und Ingenieursleistungen (HOAI) an Planungsprozessen für konventionelle Bauweisen orientieren. Die HOAI weist den in Bauvorhaben zu erbringenden Leistungsphasen bestimmte Anteile des Gesamthonorars zu. Eine detaillierte Ausarbeitung der Planung ist in der Ausführungsplanung in Leistungsphase 5 und teilweise baubegleitend vorgesehen; die Vergabe folgt nach HOAI auf die Leistungsphase (LP) 5 (Kaufmann et al., 2017b; Hafner et al., 2017). Beim vorgefertigten Holzbau muss die Planung jedoch bereits zum Ende der Entwurfsphase in LP 3 vertieft ausgearbeitet werden. Dies erfordert eine Verschiebung von Leistungen innerhalb der HOAI-Leistungsbilder.<sup>5</sup> Im 2017 abgeschlossenen Projekt „leanWOOD“ entwickelten Kaufmann et al. (2017b) Vorschläge für holzbaugerechte Leistungsbilder, die mit der geltenden HOAI vereinbar sind, sowie Optionen zum Einbezug von Holzbaukompetenz in öffentliche Vergabeprozesse. In den Experteninterviews wurde die Frage untersucht, inwiefern sich in der Praxis bereits Anpassungen von Planungsprozessen an die Erfordernisse von Holzbauweisen durchgesetzt haben. Integrierte Planungsprozesse sind dabei in besonderem Maße für komplexere Projekte wie Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude von Bedeutung (Hafner et al., 2017).

---

<sup>5</sup> Auch aus der Notwendigkeit, Planer aus dem Bereich der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) frühzeitig in die Planung zu integrieren, kann sich Anpassungsbedarf bei der Honorarverteilung auf einzelne Leistungsphasen ergeben (Hafner et al., 2017, S. 92).

Nach Einschätzung der befragten Experten fangen Veränderungen in Planungsprozessen allmählich an, sich am Markt bemerkbar zu machen. Dies wird allerdings vor allem bei privaten Auftraggebern beobachtet. Diese sind sich teilweise bereits bewusst, dass Planungsprozesse im Holzbau anders aufgebaut sind als bei konventionellen Bauvorhaben, bzw. sind offen, Verschiebungen von Leistungen innerhalb der HOAI-Leistungsbilder zu verhandeln. Zum Teil organisieren Auftraggeber zudem eine frühzeitige Begleitung der Planungsprozesse durch Holzbauunternehmen, um Kostensicherheit herzustellen. Bei öffentlichen Auftraggebern, die an das Vergaberecht gebunden sind, stellt sich die Anpassung von Planungsprozessen jedoch deutlich herausfordernder dar. Oftmals besteht Unsicherheit, inwiefern Anpassungen mit komplexen vergaberechtlichen Anforderungen vereinbar sind (siehe auch Kaufmann et al., 2017b). Die Entwicklung von Alternativen zu etablierten Planungs- und Vergabeverfahren setzt die Ausarbeitung entsprechender Leitfäden und die Schulung von Mitarbeitern voraus, so dass Anpassungen deutlich mehr Zeit in Anspruch nehmen als im Fall von marktlichen Vertragsverhandlungen.

Auch private Auftraggeber sind allerdings oftmals daran interessiert, die Ausführung der Bauleistung erst nach Vorliegen der Detailplanung auszuschreiben, um verschiedene Angebote einholen zu können. Als Lösung sahen Experten hierfür die Trennung von Beratungs- und Ausführungsverträgen (siehe Kaufmann et al., 2017b). Holzbauunternehmen können frühe Leistungsphasen mit Beratungsleistungen begleiten, die in Pläne und Ausführungsdetails einfließen und entsprechend vergütet werden. Hieran schließt sich eine offene Ausschreibung an, in der Unternehmen ggf. als Mitbewerber auftreten können. In Interviews wurden verschiedene Beispiele für private Bauvorhaben genannt, in denen eine solche Vorgehensweise gewählt wurde. Bei der Umsetzung bei öffentlichen Aufträgen wurde eine Herausforderung darin gesehen, wie das Risiko einer Voreingenommenheit rechtssicher ausgeschlossen werden kann.

Eine frühe Einbindung von Holzbauunternehmen kann nach Erfahrung der befragten Experten aber auch an der Planungskapazität der Firmen scheitern. Bei hoher Auslastung ist teils weder Personal verfügbar noch ein wirtschaftliches Interesse gegeben, sich parallel an mehreren Planungsprozessen zu beteiligen, ohne zu wissen ob sich ein Ausführungsvertrag anschließt. Allerdings gibt es erste Beispiele für Unternehmen, die Planungsabteilungen mit Architekten und Ingenieuren aufbauen, die eigenständig Beratungsleistungen anbieten können. Dieses Geschäftsmodell kann für Holzbauunternehmen auch eine Option bieten, um mit der von Experten beobachteten Abwanderung ausgebildeter Zimmerer ins Architektur- und Bauingenieurwesen umzugehen (siehe Kap. 4.6.1). Holzbau-Planungsabteilungen könnten hier berufliche Perspektiven bieten, um entsprechendes Fachwissen in der Branche zu halten.

Ein weiterer Aspekt, der in Interviews betont wurde, war zudem, dass die Holzbaukompetenz von Planern beeinflusst, in welchem Umfang ein Einbezug ausführender Holzbauunternehmen in frühen Planungsphasen notwendig ist. Wenn Planer mit den Erfordernissen des Holzbaus vertraut sind und detaillierte Pläne erstellen können, die den Anforderungen ausführender Holzbauunternehmen entsprechen, lassen sich Umplanungserfordernisse deutlich reduzieren. Ein Problem besteht hier darin, dass die Zahl der Architekten, Tragwerksingenieure oder Brandschutzingenieure, die entsprechende Erfahrungen aufweisen, als zu gering für die steigende Nachfrage nach Holzgebäuden eingeschätzt wird. Aber auch bei einer holzbaugerechten Planung können sich Umplanungserfordernisse aus einer mangelnden Standardisierung ergeben, die eine Anpassung an produktionstechnische Gegebenheiten der ausführenden Unternehmen erforderlich macht. Eine erhöhte Verbreitung von standardisierten Details, die Planer verwenden und Unternehmen umsetzen können, könnte hier zu einer Vereinfachung von Planungsprozessen und Kostenersparnissen führen. Ein Beispiel sind Systembaukästen, die standardisierte Lösungen mit seriell vorgefertigten Elementen anbieten (Winter et al., 2019). Entsprechende Entwicklungen könnten die Diffusion von mehrgeschossigen

Holzbauweisen deutlich beschleunigen; die Durchsetzung standardisierter Lösungen am Markt wurde in Interviews allerdings als längerfristiger Prozess betrachtet (siehe 4.5.2).

Um Informationsaustausch und Koordination zwischen Planern, Architekten, Bauteilherstellern und ausführenden Unternehmen zu verbessern, kann zudem das Building Information Modelling (BIM) als kooperative, softwaregestützte Planungsmethode Chancen bieten (Kaufmann et al., 2019). In Interviews wurde betont, dass auch hier die Entwicklung von auf den Holzbau angepassten Prozessen notwendig ist, die durch die Branche aktiv begleitet werden müssen.

## 4.5.2 Entwicklungen bei der Standardisierung des Holzbaus

Holzbauweisen zeichnen sich durch eine Vielzahl von Ausführungsmöglichkeiten aus. Dies lässt sich teils auf die klein- und mittelständische Unternehmensstruktur der Branche zurückführen, teils auch auf regionale und kulturelle Unterschiede in Bautraditionen (Hafner et al., 2017). Zudem können vielfältige Materialkombinationen genutzt werden. Unternehmerische Experimente tragen zwar dazu bei, innovative Lösungen zu entwickeln und Optimierungspotenziale zu identifizieren, gleichzeitig erhöht die Vielfalt an verfügbaren Optionen aber den Aufwand der Planung von Details und Anschlüssen erheblich. Eine verstärkte Standardisierung wird daher als wichtige Voraussetzung betrachtet, um eine kostengünstigere Umsetzung mehrgeschossiger Holzgebäude zu ermöglichen und auch „holzfremden“ Planern und Ingenieuren einen leichteren Zugang zum Holzbau zu erlauben (Hafner et al., 2017; Winter et al., 2019).

In Interviews wurde ein geringer Standardisierungsgrad nach wie vor als wichtiges Hemmnis für die Marktausdehnung genannt. Hohe Wissensanforderungen stellen nicht nur eine Barriere für an Projekten beteiligte Planer dar, sondern erschweren auch die Beurteilung von Plänen durch Genehmigungsbehörden. Vorteile standardisierter Lösungen wurden zudem gerade für kleinere Unternehmen gesehen. So entfällt die Notwendigkeit einer Erstellung von Verwendbarkeitsnachweisen, wenn Bauprodukte eingesetzt werden können, die Technischen Baubestimmungen und allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen (Hafner et al., 2017; Niedermeyer, 2019). Zudem wird eine Spezialisierung auf bestimmte Bauaufgaben erleichtert, wenn die Kompatibilität von Bauprodukten und Bauteilen verschiedener Hersteller sichergestellt werden kann (siehe 4.1.2). Perspektivisch könnten sich hier Systembaukästen für verschiedene Holz- und Hybridbauweisen als relevant erweisen – gerade bei einer Einführung als firmenunabhängige Open Source-Systeme könnte sich die Abstimmung zwischen Planern, Herstellern und Montagefirmen erleichtern (Winter et al., 2019). Die Entwicklung und Verbreitung standardisierter Lösungen ist dabei auch in Hinblick auf die Integration der technischen Gebäudeausrüstung (Heizungs- und Wärme-, Raumluft-, Sanitär-, Elektro- sowie Mess-, Steuer- und Regelungstechnik) notwendig (Winter et al., 2019; Hafner et al., 2017). In Interviews wurde hierfür die Notwendigkeit, mit entsprechenden Industrien bei der Entwicklung praktikabler Standards zusammenzuarbeiten, betont.

Deutliche Fortschritte wurden bei der Standardisierung innerhalb von Unternehmen beobachtet – viele Holzbaufirmen arbeiten mittlerweile Standardregelkataloge für den eigenen Betrieb aus, um eine Optimierung von Arbeitsabläufen und eine schnellere Vorfertigung zu ermöglichen. Die unternehmensübergreifende Standardisierung bleibt hingegen eine Herausforderung. Dynamik ergibt sich durch Initiativen wie die Anpassung von dataholz.eu an den deutschen Markt (siehe 4.3.2), als Online-Katalog für geprüfte bzw. zugelassene Baustoffe und Bauteile (Kohaus und Stieglmeier, 2019; dataholz.eu, 2020). Durch die Bereitstel-

lung von ökologischen Kennwerten können sich dabei Synergien zu lebenszyklusorientierten Gebäudebewertungen ergeben (siehe 4.4.4). Zu beobachten bleibt, wie sich die Nutzung des Angebots durch die Praxis in den nächsten Jahren entwickelt. Potenziell könnten sich Standardisierungsprozesse zukünftig durch einen verstärkten Einsatz von BIM beschleunigen, da die Erstellung von Datensätzen für nichtstandardisierte Elemente mit zusätzlichen Transaktionskosten verbunden wäre.

Als ein wichtiger Einflussfaktor für die Standardisierung wurde in Interviews darüber hinaus die Konkretisierung von Brandschutz-Anforderungen in Technischen Baubestimmungen genannt (siehe 4.4.1). Eine an den Stand der Technik angepasste Muster-Holzbaurichtlinie könnte so Rahmenbedingungen für die Entwicklung standardisierter Lösungen setzen. Unterschiede in der Umsetzung in verschiedenen Ländern können dem jedoch wiederum entgegenwirken, ebenso wie unterschiedliche Anforderungen z. B. in regionalen Förderprogrammen. Zu beachten ist jedoch auch, dass insbesondere bei Hochhäusern in Holz- bzw. Hybridbauweise, aber auch bei Gebäuden in der GK 5 die Zahl von Umsetzungsbeispielen im europäischen Raum noch begrenzt ist, und sich der Markt erst seit einigen Jahren dynamisch entwickelt. Eine Verbreiterung der Erfahrungsbasis wird als Voraussetzung dafür angesehen, dass sich Lösungen in diesem Bereich als Standards durchsetzen können – entsprechend ist Standardisierung als fortschreitender, längerfristiger Prozess zu betrachten.

### 4.5.3 Entwicklungen in der Normung

Normen stellen eine einheitliche Bemessungs- und Anforderungsgrundlage für Produkte und Verfahren bereit. Um den aktuellen Stand der Technik abzubilden, ist eine fortlaufende Weiterentwicklung nötig. Hieraus ergibt sich eine generelle Herausforderung für innovative Bauweisen und Bauprodukte: Wenn Angaben in Normen fehlen, ist eine zusätzliche Nachweisführung notwendig bzw. ergeben sich Unsicherheiten, wodurch sich die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber etablierten Bauoptionen verringert (Hafner et al., 2017). Auf Ebene der europäischen Normung definiert Eurocode 5 „Bemessung und Konstruktion von Holzbauten“ wichtige Rahmenbedingungen für den Gemeinschaftsmarkt, wenngleich die Festlegung zusätzlicher, nicht widersprechender Regelungen in nationalen Anhängen möglich ist. Aktuell befindet sich der Eurocode 5 in Überarbeitung, um vereinfachte und an den Stand der Technik angepasste Regelungen bereitzustellen; ein weiteres Ziel ist eine verstärkte europäische Harmonisierung, da nationale Festlegungen inzwischen beträchtliche Unterschiede aufweisen (Winter und Dietsch, 2011; Kleinhenz et al., 2016).

Die Vertretung in Normungsprozessen, die sich unmittelbar mit Holzbaubelangen beschäftigen, wurde in Interviews als gut beurteilt – Herausforderungen werden eher bei thematisch weiter gefassten Normungsprozessen gesehen, wie z. B. Elektrotechnik (zur Diskussion um Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen siehe z. B. Holzbau Deutschland, 2018), Schallschutz oder Innenraumluft. Anforderungen in diesen Bereichen können für den Holzbau bedeutende Auswirkungen entfalten, gleichzeitig wird die Repräsentanz von Holzbauinteressen als geringer als bei konventionellen Bauweisen eingeschätzt. Gerade bei Themen, die das mehrgeschossigen Bauen betreffen, wird eine Herausforderung darin gesehen, dass Normen sich parallel zu etablierten Bauoptionen entwickelt haben, und nicht immer passgenau für den Holzbau sind. Aktuell noch geringe Marktanteile beeinflussen dabei das Gewicht der vertretenen Positionen im Normungsprozess, wenngleich hier teils positive Entwicklungen beobachtet werden. Darüber hinaus werden im Vergleich zu konventionellen Bauweisen die personellen bzw. finanziellen Kapazitäten von Holzbau-Verbänden und KMU, die für Normenarbeit zur Verfügung stehen, als niedriger eingeschätzt. Mit fortschreitendem Bran-

chenwachstum ist jedoch zu erwarten, dass auch die Kapazität steigt, Personal bereitzustellen, das die Normungsarbeit weiter unterstützen kann. Auch der Pool an potenziell verfügbaren Expertinnen und Experten wächst langfristig. Als Voraussetzung für einen funktionierenden Interessensausgleich wurde in mehreren Interviews zudem angemerkt, dass es nötig sei verbesserte Voraussetzungen zu schaffen, damit möglichst viele unterschiedliche Gedankenansätze in den Normungsgremien widerspiegelt werden können.

An aktuellen, wichtigen Entwicklungen in der Normung wurde insbesondere der Umgang mit Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (Volatile Organic Compounds, VOC) aus Holzbauprodukten in die Innenraumluft genannt (siehe auch Hafner et al., 2017, S. 104 f.). Holz und Holzbauprodukte emittieren materialbedingt VOC, wobei Unterschiede zwischen Holzarten auftreten; hinzu kommen ggf. herstellungsbedingte Emissionen z. B. aufgrund von Verklebungen (Bodemer et al., 2017). Da aufgrund von Anforderungen an die energetische Effizienz von Gebäuden zunehmend luftdicht gebaut wird, können sich VOC bei unzureichender Lüftung in der Innenraumluft anreichern. Auf EU-Ebene sollen Angaben zu gesundheitsrelevanten VOC-Emissionen in die CE-Kennzeichnung von Bauprodukten für Innenräume aufgenommen werden, eine harmonisierte Lösung verzögerte sich jedoch (Umweltbundesamt, 2018). Aus wissenschaftlicher Sicht wird problematisiert, dass bei der Bewertung von VOC-Emissionen bislang nicht zwischen holznatürlichen und anderen, z. T. deutlich kritischeren Emissionen differenziert wird (Bodemer et al., 2017). Die Frage, unter welchen Bedingungen VOC-Emissionen aus Holz und Holzbauprodukten fördernde oder beeinträchtigende Auswirkungen auf das Raumklima und die Gesundheit haben können, wird in Forschungsprojekten vertieft untersucht (KIWUH, 2020).

Als weitere wichtige Themen wurden in Interviews die Berücksichtigung von Laubholzprodukten in der Normung genannt, sowie Normungsaktivitäten im Bereich Ressourceneffizienz, die es durch Holzbauakteure zu begleiten gilt. Die Normung zur Ökobilanzierung wurde auf gutem Stand gesehen, es wurde allerdings angemerkt, dass das System in der zukünftigen Weiterentwicklung nicht übermäßig komplex werden sollte, da dies die Praktikabilität der Anwendung und die Transparenz der in Umweltproduktdeklarationen dargestellten Informationen beeinflussen könnte. An weiteren Themen, die auch über das Bauen mit Holz hinaus relevant sind, wurden Fragen des klimaangepassten Bauens genannt – insbesondere wurde eine Überprüfung für nötig gehalten, ob Bemessungs- und Anforderungsgrundlagen bei veränderten klimatischen Rahmenbedingungen anpassungsbedürftig sein könnten. Als allgemeines, aber wichtiges Problem wurden Verzögerungen bei der Freigabe von Normtiteln auf EU-Ebene genannt (siehe auch Umweltbundesamt, 2018), die sich u. a. aus dem Übergang von der Bauproduktenrichtlinie, die bis 2013 gültig war, zur Bauproduktenverordnung ergeben.

#### 4.5.4 Qualitätssicherung bei der Marktausdehnung

Der Übergang von einem Nischen- zu einem Brückenmarkt impliziert, dass sich eine größere Anzahl von Akteuren im Holzbaumarkt engagiert. Falls Aus- und Weiterbildung und die Ausweitungen von Kapazitäten hinter der Nachfragesteigerung nach Holzgebäuden zurückbleiben, können sich potenzielle Herausforderungen für die Qualitätssicherung ergeben: Bei der Planung und Umsetzung komplexer Projekte besteht ein Fehlerrisiko, wenn bei Akteuren Erfahrungen bzw. spezifische Holzbaukompetenzen fehlen. Zwar ermöglicht die Vorfertigung in Werken auf der einen Seite eine hohe Ausführungsqualität, dies setzt aber die Berücksichtigung von Holzbauanforderungen im Planungsprozess voraus, da der Spielraum für Korrekturen im laufenden Bauprozess geringer ist als bei konventionellen Bauweisen (siehe 4.5.1).

In mehreren Interviews wurde als Herausforderung genannt, dass einzelne Negativbeispiele Erwartungen an den Holzbau allgemein beschädigen können, gerade solange die Zahl von Projekten gering ist. Strategien für Qualitätsmanagement wurde daher eine hohe Bedeutung zugemessen. Qualitätssicherung stellt dabei auch für die Aus- und Weiterbildung ein wichtiges Thema dar, zumal auch auf Seiten von Holzbau-Sachverständigen für die Bauüberwachung ein zusätzlicher Bedarf an Fachkräften besteht. Als Bindeglied zwischen Planung und Ausführung könnten Holzbauingenieure nach Schweizer Vorbild eine koordinative Rolle dabei spielen, die Einhaltung holzbauspezifischer Bedürfnisse in der Fachplanung sicherzustellen, selbst wenn erforderliches Detailwissen z. B. zu einer materialgerechten Konstruktion, bauphysikalischen Eigenheiten oder dem Feuchteschutz der Fassade nicht bei allen Fachplanern verfügbar ist (Kaufmann et al., 2017b). Bei Wettbewerben der öffentlichen Hand wurden zudem die Begutachtung von Einreichungen durch Expertengremien oder die Setzung von Anforderungen an die Qualifikationen beauftragter Architekten, Bauingenieure und Fachplaner als Optionen genannt.

Rahmenbedingungen zur Qualitätssicherung werden selbstverständlich auch durch das Bauordnungsrecht gesetzt. Für hochfeuerhemmende Holzbauteile sind etwa nach M-HFHolzR 2004 Verwendbarkeits- und Übereinstimmungsnachweise zu erbringen, wobei die Ausstellung von Übereinstimmungszertifikaten durch anerkannte Zertifizierungsstellen erfolgen muss und u. a. eine werkseigene Produktionskontrolle sowie eine Fremdüberwachung voraussetzt (Gräfe und Winter, 2013). Eine über geltendes Recht hinausgehende Differenzierung von Qualitätsanforderungen nach Bauweisen wurde in mehreren Interviews als nicht sachgerecht beurteilt. Allerdings könnten Holzbauunternehmen und Planer freiwillig Qualitätssicherungssysteme umsetzen, die über bauaufsichtliche Anforderungen hinausgehen, um im Wettbewerb eine hohe Ausführungsqualität von Holzgebäuden hervorzuheben.

## 4.6 Ressourcenmobilisierung

Bei der Mobilisierung von Ressourcen für das Innovationssystem „Bauen mit Holz“ spielen zwei Dimensionen eine besondere Rolle: die Verfügbarkeit von qualifizierten Fachkräften sowie die langfristige Rohstoffverfügbarkeit (Hafner et al., 2017, S. 101 f., S. 106 f.). In Interviews wurden Gesprächspartner um die Einschätzung von Entwicklungen gebeten und zu prioritären Handlungsbedarfen befragt.

### 4.6.1 Verfügbarkeit von Fachkräften

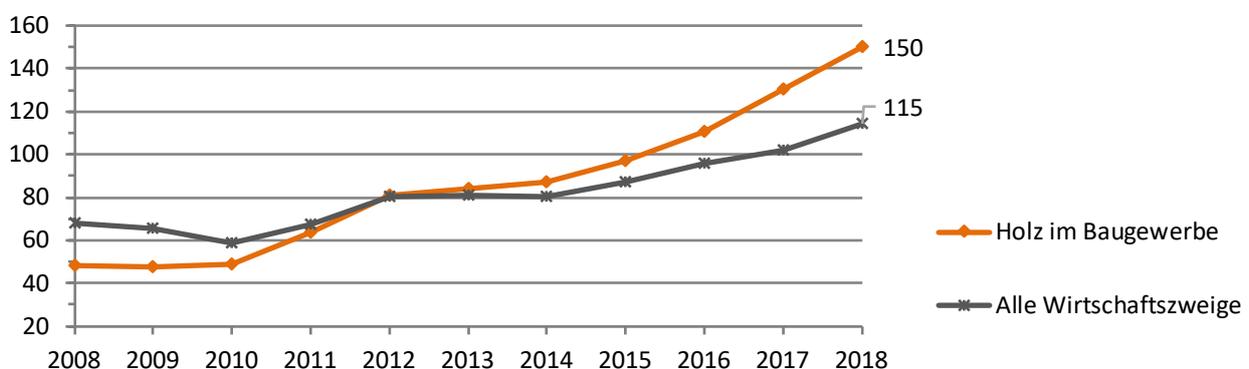
Bei der Fachkräfteverfügbarkeit treffen zwei Probleme aufeinander. Zum einen spielt in der Ausbildung von Architekten und Bauingenieuren die Fachrichtung Holzbau gegenüber den Fachrichtungen Massiv- und Stahlbau in der Regel eine untergeordnete Rolle (Hafner et al., 2017). Nicht alle Hochschulen bieten holzbauspezifisches Detailwissen an; wenn Angebote vorhanden sind, ist z. T. die Lehre dem Umfang nach eingeschränkter als bei etablierteren Bauweisen. Darüber hinaus wird der Bausektor allgemein durch Fachkräftemangel geprägt, d. h. im Verhältnis zu Stellenangeboten stehen zu wenig passend qualifizierte oder Stellenanforderungen entsprechend qualifizierbare Arbeitskräfte zur Verfügung (Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2019a). Auch wenn die konjunkturelle Entwicklung im Jahr 2019 an Dynamik verloren hat, blieb die Baukonjunktur gut, begünstigt durch eine langanhaltende Niedrigzinsphase. Eine hohe Auslastung von

Betrieben spiegelt sich in einer hohen Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften wieder. Die Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit stellt vor diesem Hintergrund vor allem bei Handwerks- und Bauberufen eine weitere Anspannung der Situation fest (Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2019a).

Durchschnittliche Vakanzeiten, d. h. die Zeiträume zwischen gewünschten Besetzungsterminen und der Abmeldung von Stellen, vermitteln einen Eindruck von der Entwicklung der Fachkräfteverfügbarkeit im Zeitverlauf (Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2019a). Bedingt durch die günstige konjunkturelle Entwicklung der letzten Jahre steigen Vakanzeiten sowohl im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt als auch im Cluster Forst & Holz kontinuierlich an. Vakanzeiten für Fachkräfte-, Spezialisten- und Expertenstellen in der Branchengruppe „Holz im Baugewerbe“ liegen in den letzten Jahren dabei sowohl über dem Durchschnitt aller Wirtschaftszweige, als auch über dem Durchschnitt anderer Clusterbranchen (Purkus et al., 2019a). 2018 dauerte es durchschnittlich 150 Tage und damit 20 Tage länger als 2017, bis Stellen im Holzbau (inkl. Innenausbau) bei der Bundesagentur für Arbeit abgemeldet wurden (siehe Abb. 8). Dabei liegen keine Daten vor, ob der Grund für die Abmeldung eine erfolgreiche Stellenbesetzung war.

Im Ausbildungsmarkt ist gesamtwirtschaftlich über das letzte Jahrzehnt hinweg ein rückläufiger Trend bei der Bewerberzahl zu beobachten, dem ein Anstieg bei der Zahl gemeldeter Ausbildungsstellen entgegensteht (Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2019b). Insbesondere in Handwerksberufen, darunter Bau- und baunahen Berufen lag 2018/2019 die Zahl der gemeldeten betrieblichen Ausbildungsstellen deutlich höher als die Zahl gemeldeter Bewerberinnen und Bewerber. Der Tischlereibereich gehört dabei allerdings zu den Berufsgruppen, in denen es weniger Ausbildungsstellen als Bewerbungen gab (Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2019b). Bei der Zimmerei zeigen sich regionale Unterschiede: So bestand etwa in Bayern und Baden-Württemberg 2018/2019 ein Ausbildungsstellenüberhang, während in Schleswig-Holstein ein Bewerberüberhang auftrat (siehe Bundesagentur für Arbeit, 2020). In der gesamten Branchengruppe „Holz im Baugewerbe“ lag der Anteil der gemeldeten Berufsausbildungsstellen, die zum Ende des Berichtsjahres 2017/2018 noch nicht besetzt werden konnten, bei 11,2 %, und damit leicht über dem Durchschnitt aller Wirtschaftszweige von 10,2 % (Purkus et al., 2019a; Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2018a).

**Abbildung 8:** Durchschnittliche abgeschlossene Vakanzeit von Fachkräftestellen in der Branchengruppe „Holz im Baugewerbe“



Anm.: Erfasst werden gemeldete Fachkräfte-, Spezialisten- und Expertenstellen in den Wirtschaftsunterklassen Zimmerei und Ingenieurholzbau, Errichtung von Fertigteilmontagen sowie Bautischlerei und -schlosserei. Wirtschaftsunterklassen mit weniger als 60 Fällen im Stellenabgang werden bei der Durchschnittsberechnung in den jeweiligen Jahren nicht berücksichtigt.

Quelle: eigene Berechnungen nach Daten der Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2018b)

In den Experteninterviews wurde der Bereich Aus- und Weiterbildung als ein wesentlicher Einflussfaktor für die zukünftige Marktausweitung des Holzbaus betrachtet. Neben Weiterentwicklungsbedarf in den Bereichen Hochschulausbildung, Berufsausbildung und Weiterbildung wurden Handlungsstrategien für Unternehmen im Wettbewerb um Fachkräfte diskutiert.

### **Hochschulausbildung**

Handlungsbedarf im Bereich Hochschulausbildung wurde vor allem darin gesehen, den Holzbau möglichst flächendeckend in Lehrangeboten für Architekten, Bauingenieure und Fachplaner an Fachhochschulen und Universitäten zu verankern. Entwicklungen der letzten Jahre wurden in Interviews teils unterschiedlich beurteilt. Einerseits wurde von einer größeren Offenheit gegenüber dem Holzbau berichtet, die sich in einer Ausweitung entsprechender Lehrinhalte niederschlägt; andererseits wurde gerade beim Ausbau spezialisierter Holzbauprofessuren noch kein positiver Trend gesehen. Ein Mehrbedarf an Lehrangeboten wurde zudem nicht nur bei Holzbauinhalten angemerkt, sondern auch beim nachhaltigen Bauen insgesamt, sowie bei Ökobilanzierung, BIM und integrierten Planungsprozessen. Relevant ist hierbei, dass Hochschulen ihre Lehrinhalte zwar eigenständig entwickeln, aber am wahrgenommenen Bedarf des Marktes ausrichten. Solange Marktanteile des mehrgeschossigen Bauens mit Holz gering sind, wird ggf. kein Bedarf einer Ausweitung entsprechender Lehrangebote gesehen – bei Fachkräftemangel kann dies jedoch im Umkehrschluss das Potenzial für zukünftiges Marktwachstum deutlich beeinträchtigen.

Um mit diesem Problem umzugehen, wurden in Interviews Stiftungsprofessuren als Ansatzpunkt genannt, die etwa im Rahmen von Landesinitiativen (siehe Holzbau-Offensive Baden-Württemberg, 2020) oder auch durch die Wirtschaft finanziert werden könnten. Unsicherheit besteht hier allerdings hinsichtlich der langfristigen Finanzierung entsprechender Professuren (Mostovova und Hetze, 2018). Auf der Ebene von Lehrinhalten kann die Entwicklung von Lehrmodulen, die flexibel in konventionelle Architektur- und Bauingenieurstudiengänge integriert werden können, Hilfestellung bieten, unterstützt z. B. durch Clusterinitiativen oder Bildungsnetzwerke. Auch verstärkte Kooperations- oder Informationsangebote von Seiten der Holzbaubranche wurden als Strategie genannt, um auch bei Studenten ein erhöhtes Interesse am Holzbau zu wecken (siehe z. B. proHolz BW, 2020). Allgemein wird das Engagement von Wettbewerbsbranchen in diesem Bereich bislang als deutlich höher beurteilt, teils bedingt durch die klein- und mittelständische Branchenstruktur des Holzbaus (siehe Kap. 4.1). Die strategische Relevanz von Holzbauthemen für Universitäten kann zudem durch den Aufbau von regionalen Clusterstrukturen positiv beeinflusst werden (siehe 4.2.2). Hierbei stellt nicht nur die Vernetzung von Forschung, Lehre, beruflicher Bildung und Praxis im Bereich des Holzbaus eine relevante Dimension dar, sondern auch Konzepte, die verschiedene Wertschöpfungsstufen des Clusters Forst und Holz integrieren, oder andere Aspekte des nachhaltigen Bauens (z. B. aus dem Bereich erneuerbare Energien/TGA).

### **Berufliche Ausbildung**

Im Bereich der beruflichen Ausbildung wurde das Potenzial des Zimmererhandwerks, Bewerber für Ausbildungsstellen zu motivieren, als gut betrachtet – Einflussfaktoren sind etwa, dass am Klimaschutzinteresse handwerklich interessierter Schulabsolventen angeknüpft werden kann, sowie die Vereinbarkeit mit einer beruflichen Weiterentwicklung Richtung Bauingenieurwesen, Architektur oder Fachplanung. Ausbildungsansätze, bei denen der berufliche Aus- und Weiterbildungsbereich mit Hochschulen kooperiert, können die Breite beruflicher Perspektiven stärken (siehe z. B. Holzbau Baden-Württemberg Bildungszentrum, 2020). Allerdings wird die Tatsache, dass nur ein gewisser Anteil der ausgebildeten Zimmerer tatsächlich im Zimmererhandwerk tätig wird, auch als Problem betrachtet. Angesichts des Fachkräftemangels in der gesamten

Baubranche gehen auch Zimmerer, die sich in Bauingenieur- oder Architekturstudiengängen fortbilden, oftmals der Holzbaubranche verloren. Der Aufbau von Planungsabteilungen in Holzbauunternehmen wurde hierbei als Option genannt, um Fachkräften nach Ausbildung und Studium eine Perspektive bieten zu können (siehe 4.5.1). Insgesamt wird zudem im Bereich der Ausbildungsinhalte eine kontinuierliche Prüfung für nötig gehalten, ob Anforderungen des modernen Holzbaus angemessen abgebildet werden.

### **Fortbildung**

Um mit der aktuellen Entwicklungsdynamik des Holzbaus Schritt zu halten, wurden zudem umfangreiche Weiterbildungsmaßnahmen für bereits in der Praxis stehende Architekten, Bauingenieure, Fachplaner aber auch handwerkliche Berufsgruppen für nötig gehalten. Nach Einschätzung der Experten hat sich zwar die Zahl von Tagungen und Fortbildungsangeboten und auch das Interesse hieran bereits deutlich erhöht (siehe 4.3.2). Weiterentwicklungsbedarf besteht aber bei Fortbildungskursen, die detailliertes Holzbauwissen vermitteln. So sind Mitglieder von Architekten- und Ingenieurkammern zwar verpflichtet, sich regelmäßig fortzubilden, der erforderliche Umfang wird jedoch nicht als ausreichend erachtet, um hinreichende Ausführungskompetenzen für mehrgeschossige Holzbauprojekte zu erwerben. Neben der Nachfrageentwicklung wurden Qualifikationsanforderungen in Ausschreibungen, die sich auch generell auf Kompetenzen im nachhaltigen Bauen beziehen können, als Weg gesehen, um Anreize für Fortbildungsaktivitäten zu setzen.

### **Handlungsstrategien für Unternehmen**

Neben dem Angebot an Fachkräften wurde in Interviews auch auf der Nachfrageseite Handlungsbedarf gesehen, um die Verfügbarkeit von Fachkräften langfristig zu sichern. Hierzu gehören verstärkte Anstrengungen, Nachwuchs für berufliche Perspektiven im Holzbau zu interessieren, z. B. durch Informations- und Praktikumsangebote in Schulen und an Universitäten oder Engagement in regionalen Praxisvortragsreihen oder auf Berufsmessen. In mehreren Interviews wurde hervorgehoben, dass es dabei in der Kommunikation gilt, ein traditionell geprägtes Holzbau-Image zu überwinden, und aufzuzeigen, dass es sich um zukunftsfähige, teils hochtechnisierte Arbeitsplätze in einem nachhaltigkeitsorientierten Kontext handelt. Als herausfordernd wurde zudem angesehen, dass in anderen Branchen teils höhere Löhne für ein vergleichbares Ausbildungsniveau erzielt werden können. Entsprechend wurde es als wichtig erachtet, Konzepte zur Schaffung eines attraktiven Arbeitsumfelds zu entwickeln, wobei hier auch weiche Faktoren wie Unternehmenskultur oder Arbeitszeitmodelle eine Rolle spielen. Insbesondere ein hoher Vorfertigungsgrad kann sich dabei auch positiv auf die Attraktivität von Arbeitsplätzen aufweisen, da Montagezeiten deutlich kürzer ausfallen als bei nicht vorgefertigten Bauweisen und Möglichkeiten gerade für ältere Arbeitnehmer bestehen, im Betrieb statt auf Baustellen zu arbeiten. Aufgrund der häufig ländlichen Verortung von Betrieben wurde jedoch auch die infrastrukturelle Entwicklung ländlicher Räume als wichtiger Faktor bei der Gewinnung von Arbeitskräften angesehen. Langfristig wurde auch das internationale Werben um Nachwuchs als wichtige Strategie gesehen, ebenso wie das Werben um Fachkräfte in Branchen, die strukturwandelbedingt von einem Abschwung betroffen sind.

## 4.6.2 Rohstoffverfügbarkeit

Bei der Bewirtschaftung und Weiterentwicklung von Wäldern gilt es, diverse gesellschaftliche Ansprüche zu berücksichtigen (BMELV, 2011). Die Bundeswaldinventur (BWI), die alle zehn Jahre durchgeführt wird, dokumentiert die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten in Deutschland (BMEL, 2016a). Ergebnisse der letzten BWI von 2012 werden dabei durch die Kohlenstoffinventur 2017 ergänzt, die für die internationale Treibhausgas-Berichterstattung erstellt wird (Schmitz, 2019). Im Folgenden wird ein knapper Überblick über die aktuelle Waldentwicklung gegeben. Eine Schätzung des Mehrbedarfs an Holz, der aus einer deutlichen Ausweitung des Holzbaus folgen würde, wurde 2018 vom Wissenschaftlichen Beirat für Waldpolitik vorgenommen. Eine Ergebniszusammenfassung wird ergänzt durch eine Übersicht zu Strategien zum Umgang mit Unsicherheiten, die sich aus den Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald und potenziellen Nachfrageentwicklungen ergeben.

### Ergebnisse der Kohlenstoffinventur 2017 zur Waldentwicklung

Laut Kohlenstoffinventur 2017 umfasst die Waldfläche in Deutschland 11,4 Mio. ha, was 32 % der Landesfläche entspricht (Schmitz, 2019; Riedel und Hennig, 2019). In der Summe ist die Waldfläche dabei seit 2002 etwa konstant geblieben. Im Zuge des Waldumbaus erhöht sich der Anteil von Laub- und Mischwäldern; die Anteile von Nadelbäumen (55 %) und Laubbäumen (45 %) an der mit Bäumen bestandenen Waldfläche nähern sich an (Hennig et al., 2019a; WBW, 2018).<sup>6</sup> Nach der BWI 2012 lässt sich inzwischen die Hälfte des deutschen Waldes als Mischwald bezeichnen (FNR, 2019c).

In der Inventurperiode 2012 – 2017 hat sich der Trend zu steigenden Holzvorräten fortgesetzt – 2017 belief sich der Holzvorrat insgesamt auf 3,9 Mrd. m<sup>3</sup> (Vorratsfestmeter), was im Vergleich zu 2012 einer Steigerung um 6 % entspricht (Hennig et al., 2019b). Der Zuwachs lag sowohl bei allen Nadel- als auch Laubbaumartengruppen über dem Abgang: Insgesamt betrachtet beliefen sich Holznutzung und natürliches Absterben von Bäumen in der Periode 2012-2017 auf 76 % des Zuwachses (Hennig et al., 2019b; Schmitz, 2019). Der Anstieg des Holzvorrats hat sich dabei im Vergleich zur Periode 2002 – 2012 aufgrund einer niedrigeren Holznutzung weiter beschleunigt, wobei vier Fünftel des Vorratsanstiegs bei dicken Bäumen ab 50 cm Brusthöhendurchmesser stattfand (Hennig et al., 2019b). Auch Totholz mengen sowie die CO<sub>2</sub>-Speicherwirkung der Wälder haben weiter zugenommen (Schmitz, 2019). Die Entwicklung von Nutzungseinschränkungen, zu denen auch Vorrangflächen für den Naturschutz gehören, wurde in der Kohlenstoffinventur, die auf kleineren Stichproben als die Bundeswaldinventuren basiert, nicht untersucht. Auf Basis vorangegangener Inventuren wurde festgestellt, dass Nutzungseinschränkungen tendenziell zunehmen (WBW, 2018; BMEL, 2016a).

Die Holznutzung ist in der Periode 2012 – 2017 insbesondere bei der Fichte zurückgegangen (Hennig et al., 2019b). Der Rückgang in der Nutzung dieser inländischen Rohstoffquelle wurde durch eine Steigerung in der Einfuhr ausgeglichen: Die deutschen Netto-Importe von Nadelrohholz betragen zwischen 2003 und 2012 durchschnittlich 0,2 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr, 2013 bis 2017 waren es jährlich 5,5 Mio. m<sup>3</sup> (Schmitz, 2019, auf Grundlage der Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes). Angesichts des hohen Anfalls von Kalamitätsholz in den Jahren seit 2017 ist allerdings eine Trendwende hin zu einem Nettoexport von Nadelholz zu erwarten. Betrachtet man den gesamten deutschen Außenhandel mit Holz und Produkten auf Basis von

---

<sup>6</sup> Anteile beziehen sich auf die bestockte Holzbodenfläche. Der Holzboden umfasst „alle mit Forstpflanzen bestockten Flächen größer 0,1 ha und einer Mindestbreite von 10 m außerhalb bebauter Gebiete, inklusive Lücken und Blößen“ und macht ca. 97 % der Waldfläche aus (Riedel und Hennig, 2019).

Holz, war Deutschland mit Stand 2017 gemessen an der Menge in Rohholzäquivalenten ein Nettoimporteur, in den Jahren 2015, 2016 und 2017 aber mit abnehmender Tendenz (mit Nettoimporten in Höhe von 2,4 Mio. m<sup>3</sup> Rohholzäquivalenten in 2017, siehe Weimar, 2018).

### **Rohholzverfügbarkeit bei einer deutlichen Steigerung der Holzbauquote**

Im Zuge des naturnahen Waldumbaus werden zukünftig Flächenanteile von Laubbäumen weiter zunehmen und die von Nadelbäumen weiter abnehmen. Das seit drei Jahrzehnten verfolgte Ziel besteht darin, Fichten- und Kiefernwälder kontinuierlich zu standortgerechten Laub- und Mischwäldern weiterzuentwickeln (BMEL, 2019a; BMELV, 2011; FNR, 2019c). Der Waldumbau verändert allerdings die Rohstoffbasis der Holzwirtschaft. In Gebäuden verwendete, konstruktive Holzprodukte werden bislang aufgrund der Holzeigenschaften überwiegend aus Nadelholz gefertigt. Der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik (WBW, 2018) hat sich vor diesem Hintergrund mit der Frage beschäftigt, inwiefern sich eine Ausdehnung der Holznutzung für den konstruktiven Holzbau auf Basis der zukünftig zu erwartenden, nationalen Rohholzvorkommen darstellen ließe. Als Basis hierfür dienten Szenarien des Projekts THG-Holzbau (Hafner et al., 2017), Daten der Bundeswaldinventur 2012 (BMEL, 2016a) und Ergebnisse der darauf aufbauenden Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) (BMEL, 2016b).

Als maximales Szenario wurde der Mehrbedarf an Holz untersucht, der sich aus einer Erhöhung der Holzbauquote auf 55 % bei Ein- und Zweifamilienhäusern und 15 % bei Mehrfamilienhäusern ergibt (in Relation zu einem Referenzszenario mit gleichbleibender Holzbauquote und einer Fortschreibung des Status quo der Jahre 2011-2015). Der zusätzliche projizierte Rohholzbedarf wird auf durchschnittlich 1,9 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr geschätzt, was 4 % des rechnerischen Jahresgesamtverbrauchs an Rohholz für die Herstellung von Holzhalbwaren (Schnittholz und Holzwerkstoffe) entspricht (Hafner et al., 2017; WBW, 2018). Aufgrund eines Vergleichs mit den in Deutschland vorhandenen und prognostizierten Vorräten an stärkerem Nadelholz (ab 30 cm Brusthöhendurchmesser) wurde festgestellt, dass die nationalen Rohholzvorkommen im Prognosezeitraum bis 2050 zur Deckung des zusätzlichen Holzbedarfs durch den Holzbau ausreichen. Die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung wird dabei gewahrt. Aufgrund der hohen Holzvorräte, eines laufend hohen Zuwachses und des Altersklassenaufbaus der Wälder hält das Gutachten entsprechend fest, dass in den nächsten Jahrzehnten ausreichend Nadelholz für eine vermehrte Verwendung im Bau von Gebäuden zur Verfügung steht.

### **Strategien für den Umgang mit Unsicherheiten**

Unsicherheiten ergeben sich derzeit aus Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldentwicklung. 2018 und 2019 haben Stürme, Dürre und Borkenkäferbefall Waldschäden in erheblichem Umfang verursacht. Das BMEL geht auf Grundlage der Daten für 2018 und 2019 sowie der zu erwartenden Schäden für 2020 von einem Schadholzanfall von 160 Millionen m<sup>3</sup> (Erntefestmeter ohne Rinde) aus (BMEL, 2020). Eine Fläche von 245.000 ha muss wiederbewaldet werden. Auswirkungen auf Holznutzung, Holzvorrat und die Baumartenzusammensetzung werden sich in der nächsten, 2022 durchzuführenden Bundeswaldinventur zeigen. Durch den Klimawandel werden zukünftig häufigere Extremwetterereignisse und ein erhöhter Druck durch Schaderreger erwartet (Schimmelpfennig et al., 2018). Die langfristige Weiterentwicklung der Wälder in Richtung naturnahe, artenreiche Mischwälder, die gegenüber klimatischen Veränderungen resilienter und anpassungsfähiger sind, stellt dementsprechend ein wichtiges Ziel dar, das in die Entwicklung der Waldstrategie 2050 einfließt (BMEL, 2019a). Gleichzeitig wird zukünftig mit einem steigenden Rohholzverbrauch in Deutschland gerechnet, um verstärkt stoffliche und energetische Substitutionspotenziale zu nutzen und

hierdurch zum Klimaschutz beizutragen (WBW, 2018). Die Holznachfrage wird dabei auch durch Entwicklungen bei innovativen Bioökonomieanwendungen beeinflusst, z. B. bei der Nutzung als kreislauffähiges Verpackungsmaterial als Plastikersatz, als Textilfaser oder als Rohstoff für Plattformchemikalien im Rahmen von Bioraffineriekonzepten (Winkel, 2017). Vor diesem Hintergrund empfiehlt es sich, auch bei aktuell hoher Rohstoffverfügbarkeit integrierte Nutzungskonzepte mit hoher Ressourceneffizienz zu entwickeln, etwa durch eine verstärkte Kaskadennutzung von Holz mit mehrfacher stofflicher und abschließend energetischer Verwertung (Hafner et al., 2017; WBW, 2018). Auch für den Holzbau wird empfohlen, Konstruktionen nicht allein auf eine Maximierung der Kohlenstoffspeicherung auszurichten, sondern Erfordernisse einer effizienten Holzverwendung zu beachten und Konzepte zu entwickeln, die für die jeweilige Bauaufgabe optimiert sind; hier können z. B. auch Hybridbauten eine wichtige Rolle spielen (Hafner und Schäfer, 2018). Auch gilt es, frühzeitig Konzepte für die Recyclingfähigkeit und Nutzungskaskaden am Lebensende von Gebäuden zu entwickeln.

Zudem muss die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung auch bei steigender Nachfrage gewährleistet sein. Rahmenbedingungen für die Legalität von Holzeinschlag und Holzimporten werden durch die EU-Holzhandelsverordnung (EU Timber Regulation (EUTR), Verordnung EU Nr. 995/2010 vom 20. Oktober 2010) gesetzt, die Marktteilnehmer, die innerhalb der EU Holz oder Holzprodukte erstmalig in den Verkehr bringen, zur Einhaltung bestimmter Sorgfaltspflichten verpflichtet (BMEL, 2019b). In Deutschland wird die EUTR-Verordnung durch das Holzhandels-Sicherungs-Gesetz (HolzSiG) umgesetzt. Darüber hinaus gehende Nachweise einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung werden etwa durch den „Gemeinsamen Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten“ des Bundes gefordert, sowie teils in Beschaffungsregeln von Ländern und Kommunen, in bestimmten Förderprogrammen oder im Rahmen der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden (siehe 4.4.4, WBW, 2018). Um einen entsprechenden Nachweis zu erbringen, ist derzeit die freiwillige Zertifizierung der Waldbewirtschaftung das wichtigste Instrument (BMEL, 2018b). Nach dem Gemeinsamen Leitfaden zum Gemeinsamen Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten können Unternehmen, die öffentliche Aufträge erhalten, den Nachweis durch ein anerkanntes forstliches Chain-of-Custody (CoC) Zertifikat oder einen Einzelnachweis erbringen (BMEL, 2017). Im Rahmen der CoC-Zertifizierung können sich holzbearbeitende bzw. Holzverarbeitende Unternehmen einzeln zertifizieren lassen oder zu Gruppen zusammenschließen. Im Rahmen des Einzelnachweises können Unternehmen, die nicht CoC-zertifiziert sind, durch eine unabhängig geprüfte, gesonderte Dokumentation nachweisen, das eingesetzte Holz bzw. Holzprodukte aus FSC- oder PEFC-zertifizierten oder gleichwertigen nachhaltigen Beständen stammen.

Auch in den Experteninterviews wurden Strategien für den Umgang mit Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Rohstoffsituation diskutiert. Importe wurden dabei eher nicht als Lösungsstrategie betrachtet, wengleich eine stärkere Integration forst- und holzwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten im europäischen Binnenmarkt einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten könnte. Für den Holzbau wurde insbesondere auch der Handel mit Nachbarländern als relevant eingestuft. Eine strategisch wichtige Perspektive wurde darin gesehen, verstärkt Laubholzarten in das Bausystem einzuführen, um die Rohstoffversorgung auch bei fortschreitendem Klimawandel diverser aufzustellen. Allerdings wurden hierbei technische und ökonomische Herausforderungen herausgestellt, die es noch zu lösen gilt, zumal sich Holzeigenschaften je nach Laubbaumart unterscheiden. Jenseits von Nischenanwendungen wird der Wechsel zu Laubholz noch nicht als wirtschaftlich empfunden, auch wenn einige Unternehmen bereits in entsprechende Innovationen investieren, um zukünftig „First Mover“-Vorteile aufbauen zu können. In mehreren Gesprächen wurde es als prioritär betrachtet, in F&E- und Demonstrationsprojekten Erfahrungen zu verschiedenen Laubholz-Optionen zu sammeln, Anpassungsbedarf in Regelwerken und Baupraxis zu identifizieren und die Grundlagen für Normungsprozesse zu legen.

Der hohe Anfall von Kalamitätsholz in den Jahren 2018 und 2019 wirkt sich zudem dämpfend auf Nadelholzpreise aus. Bei überfüllten Holzlagern kann Holz teilweise nicht mehr abgesetzt werden (BMEL, 2019a). In diesem Kontext wurde die langlebige, stoffliche Nutzung des anfallenden Holzes in Gebäuden als wichtige Option erachtet, um die Emission des im Holz während des Baumwachstums eingelagerten Kohlenstoffs zu verzögern, und gleichzeitig die ökonomischen Grundlagen der nötigen Wiederbewaldung und Waldpflege zu verbessern. Für den langfristigen Waldumbau wurde dabei eine standortgerechte Mischung von Laub- und Nadelholzarten als sinnvoll erachtet, um beim konstruktiven Holzbau verschiedene Qualitäten von Hölzern kombinieren zu können. Auch im Rahmen einzelner Holzbauteile sind Kombinationen möglich (z. B. beim Hybrid-Brettschichtholz, siehe Informationsdienst Holz, 2017). 2018 wurden fast zwei Drittel des Laubrohholzes direkt energetisch verwendet (siehe Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, 2019b), so dass innovative Laubholzanwendungen bedeutende Chancen für eine Ausweitung der stofflichen Holzverwendung und die Nutzung entsprechender Speicher- und Substitutionspotenziale bieten.

Um mit Unsicherheiten bei der Waldentwicklung umzugehen, wurde zudem die Bedeutung von Dialogprozessen wie der Charta für Holz 2.0 hervorgehoben, die den Austausch zwischen Forstwirtschaft und nachgelagerten Wertschöpfungsketten erleichtern. Aber auch die Notwendigkeit, Anforderungen des Naturschutzes an die Waldentwicklung zu beachten, wurde betont. Unter Beachtung des Vorsorgeprinzips kann es sich dabei empfehlen, den Aufbau eines zu hohen Nutzungsdrucks zu vermeiden, und parallel zum Holz auch weitere Optionen des klimaverträglichen Bauens zu erkunden. Auch die Bedeutung, beim Holzbau frühzeitig kaskadenfähige Lösungen zu entwickeln und Informationen zur Qualität des in Gebäuden verbauten Holzes zu dokumentieren, wurde in Interviews betont (siehe 4.4.4). Die Zertifizierung nachhaltiger Waldbewirtschaftung wurde insbesondere im Rahmen öffentlicher Beschaffungsvorgänge oder dem Einsatz von Förderinstrumenten als wichtiges Instrument beurteilt. Bei der Ausgestaltung wurde allerdings die Verhältnismäßigkeit entsprechender Kosten als bedeutender Punkt genannt, da ein hoher Zertifizierungsaufwand gerade für kleine Betriebe ein Hindernis sein kann, an öffentlichen Ausschreibungen teilzunehmen. Einzelnachweissysteme oder auch die Möglichkeit der Gruppenzertifizierung wurden hier potenziell als vielversprechende Ansätze beurteilt.

## 4.7 Legitimität

Für die Verbreitung von Innovationen wie dem mehrgeschossigen Bauen mit Holz spielen die gesellschaftliche Akzeptanz und die Kompatibilität mit maßgeblichen institutionellen Rahmenbedingungen eine wichtige Rolle (siehe Tab. 1, Kap. 3.1). Wenn eine breite Koalition relevanter Akteursgruppen eine Innovation als wünschenswert einstuft, hilft dies, auf eine gegenseitige Anpassung von institutionellen Rahmenbedingungen und Innovationssystem hinzuwirken und Widerständen von Seiten etablierter Wettbewerber zu begegnen (Bergek et al., 2008b; Jacobsson und Lauber, 2006). In Interviews erwiesen sich zwei Aspekte als besonders relevant – zum einen die Rolle, die Bauen mit Holz in Akteurs- und Interessenskoalitionen im Kontext des nachhaltigen Bauens spielen kann, zum anderen Kommunikationsstrategien der Holzbaubranche.

### 4.7.1 Rolle des Holzbaus in Akteurskoalitionen für nachhaltiges Bauen

In Interviews wurde deutlich, dass die steigende gesellschaftliche Bedeutung, die dem Klimaschutz zugemessen wird, in den letzten zwei Jahren ein steigendes Interesse an den Klimawirkungen von Bauentscheidungen ausgelöst hat. Neben der Fridays for Future-Bewegung wurde als Einflussfaktor auch ein steigendes Bewusstsein für die eigene, zukünftige Betroffenheit durch den Klimawandel genannt, etwa vor dem Hintergrund der von Trockenheit und Hitzeperioden gekennzeichneten Sommer 2018 und 2019. Der Klimaschutzdiskurs, der in die Weiterentwicklung von Klimaschutzplänen und -gesetzen einfließt, trifft dabei auf Debatten um bezahlbaren Wohnraum insbesondere im städtischen Raum – in Konsequenz steigt auch das politische Interesse an Bauen mit Holz als Option, um die mit Neubauten verbundenen Klimawirkungen zu reduzieren. Die in Kap. 4.4.1 diskutierten Entwicklungen im Bauordnungsrecht illustrieren den politischen Willen, sachlich ungerechtfertigte Hemmnisse auszuräumen und entsprechende Beiträge der Holzbauweise zu Klimaszutzzielen zu ermöglichen. Entsprechende Unterstützung findet sich dabei oftmals parteiübergreifend – zur Begründung wurde in Interviews angeführt, dass sich neben Klima- und Ressourcenschutz Synergien zu weiteren Zielen ergeben, wie die Sicherung regionaler und lokaler Wertschöpfung durch die Forst- und Holzwirtschaft und die Realisierung von technologiepolitischen Industrie 4.0-Konzepten. Zudem wird Bauen mit Holz als Klimaschutzoption mit vergleichsweise geringen Opportunitätskosten angesehen.

In mehreren Interviews wurde dabei herausgestellt, dass eine Ausweitung des Bauens mit Holz nur ein Bestandteil einer Transformation zu nachhaltigerem Bauen sein kann. Zum einen ergeben sich rohstoffseitige Grenzen durch vielfältige Ansprüche an Holznutzungen und den Wald, zum anderen benötigen Anpassungsprozesse z. B. bei der Aus- und Weiterbildung qualifizierter Fachkräfte Zeit. Ein Risiko wurde darin gesehen, dass Erwartungen einer sehr schnellen, großmaßstäblichen Ausweitung des mehrgeschossigen Bauens die Dauer entsprechender Anpassungsprozesse unterschätzen – dies könnte sich u. U. negativ auf die öffentliche Wahrnehmung auswirken, z. B. wenn die Beteiligung an öffentlichen Ausschreibungen geringer ausfällt als erwartet. Hier wird es als wichtig erachtet, transparent Gründe und Lösungsoptionen für den Umgang mit Engpässen zu diskutieren (siehe auch Kap. 4.1.1; Ohnesorge et al., 2019). Auch Branchenstrategieprozesse, die diskutieren, welcher Beitrag zu gesellschaftlichen Zielen in welchem Zeitrahmen geleistet werden kann, könnten dieses Risiko vermindern.

Auch wenn im Bausektor und bei der Grundstoffherstellung ein breites Portfolio an Dekarbonisierungsoptionen notwendig sind (siehe Agora Energiewende und Wuppertal Institut, 2019), wurde in Interviews dennoch betont, dass Holzbauprojekte eine wichtige Leuchtturmwirkung entfalten und zur Bewusstseinsbildung für nachhaltiges Bauen beitragen können. Hieraus ergibt sich eine Chance für die Holzbaubranche, sich als Vorreiter des nachhaltigen Bauens zu positionieren. Dies kann als Ausgangspunkt für Koalitionen mit Akteuren in Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Zivilgesellschaft dienen, um die Weiterentwicklung von Rahmenbedingungen zu unterstützen, die bauweisenübergreifend Signale für Nachhaltigkeitsverbesserungen setzen. Auch die Vernetzung mit der konventionellen Bauwirtschaft kann dazu beitragen, Synergien im Kontext des nachhaltigen Bauens zu identifizieren und mitunter konträre Interessenspositionen aufzubrechen.<sup>7</sup> Im Kontext des Bauordnungsrechts wurde positiv hervorgehoben, dass zunehmend ein Dialog z. B. zwischen Brandschutzspezialisten und Holzbaupraxis stattfindet, der für sehr wichtig gehalten wird, um gegenseitiges Verständnis aufzubauen.

---

<sup>7</sup> Auf die Vorstellung der Baden-Württemberger Holzbau-Offensive Ende 2018 reagierte etwa die Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau (DGfM) mit der Ankündigung rechtlicher Schritte (EUWID, 2019).

### 4.7.2 Kommunikationsstrategien der Holzbaubranche

Auch wenn bereits ein positiv besetzter öffentlicher Diskurs um klimaverträgliches Bauen geführt wird, maßen interviewte Experten der Branchenkommunikation eine wichtige Bedeutung zu. Zu beachten ist hier die beobachtete begrenzte Rolle, die ökologische Nachhaltigkeitserwägungen bislang in Bauentscheidungen spielen (siehe 4.4.3). Einer positiven Wahrnehmung von Klimaschutzbeiträgen können bei Auftraggebern beispielsweise Unsicherheiten hinsichtlich von Brandschutz oder Schallschutz entgegenstehen – eine Lösungsmöglichkeit wurde hier in der weiteren Verbreitung von Erfahrungen aus Beispielprojekten gesehen. Auf Branchenebene wurden zudem Chancen darin gesehen, dass der Holzbau als Anbieter von Lösungen für gesellschaftliche Problemen auftreten kann – neben klimaverträglichen Beiträgen zur Schaffung von Wohnraum, insbesondere im Rahmen der innerstädtischen Nachverdichtung, wurde Potenzial darin gesehen, Beiträge zum energieeffizienten Bauen aufzuzeigen und ressourceneffiziente End of Life-Konzepte zu entwickeln. Darüber hinaus wurde es für wichtig erachtet, dass neben ökologischen Zielbeiträgen nicht ökonomische, soziokulturelle und funktionale Qualitätsaspekte vernachlässigt werden sollten, und dass im mehrgeschossigen Bereich die ökonomische Wettbewerbsfähigkeit gestärkt werden sollte.

Als Thema, welches Erwartungen zur Entwicklung des Holzbaus negativ beeinträchtigen könnte, wurde zum einen die Debatte um VOC-Emissionen genannt (siehe 4.5.3). Hemmnisse könnten resultieren, wenn in der Diskussion keine differenzierte Betrachtung zwischen natürlichen und synthetischen Emissionen stattfindet. In diesem Kontext wurde die Bedeutung einer gesundheitlichen Bewertung auf Basis von wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Toxizität für nötig befunden, sowie die Entwicklung abgestimmter Baustoff- und Lüftungskonzepte zur Sicherung der Innenraumluftqualität (siehe Bodemer et al., 2017). Zum anderen beeinflusst die weitere Entwicklung des Waldzustands die gesellschaftliche Debatte – Risiken bestehen hier, falls sich Waldschäden durch Trockenheit, Schadinsekten und Stürme ausweiten. In mehreren Interviews wurde es als wichtig angesehen, in der Kommunikation zu vermitteln, dass die Nutzung des anfallenden Holzes einen Beitrag dazu leistet, die Grundlagen nachhaltiger Waldbewirtschaftung zu sichern. Als wichtig für die Akzeptanz gilt vor diesem Hintergrund, ein Verständnis dafür zu schaffen, dass der ökologische Waldumbau zu standortangepassten Baumbeständen mit höheren Laubbaumanteilen voranschreitet, dies jedoch langfristige Prozesse sind (siehe BMEL, 2016a). Als Herausforderung für die Kommunikation wurde gesehen, dass die Forst- und Holzwirtschaft viele unterschiedliche Interessen umfasst, die in vielfältigen, oft regionalen Verbänden und Initiativen organisiert sind. Dementsprechend wurde koordinierten Kommunikationsstrategien eine hohe Bedeutung zugemessen, um im nationalen oder auch europäischen Kontext mit gemeinsamen Kernbotschaften auftreten zu können.

## 5 Zusammenfassung und Einordnung von Aktivitäten im Rahmen der Charta für Holz 2.0

Abschließend werden Entwicklungen und noch bestehende Handlungsbedarfe zusammengefasst, die sich aus der Analyse der Funktionen des Innovationssystems „Bauen mit Holz“ ergeben. Zudem findet eine Einordnung statt, in welchen Bereichen Aktivitäten, die im Rahmen des Charta-Prozesses umgesetzt werden, bereits zu einer Stärkung der Funktionen beitragen. Diese Einordnung erfolgt auf Grundlage der Statusberichte zur Charta für Holz 2.0, die von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) herausgegeben werden, sowie der Charta-Webseite (FNR, 2018b; 2019b; 2020b). Der Schwerpunkt liegt dabei auf Aktivitäten der Charta-Arbeitsgruppen in verschiedenen Handlungsfeldern (HF).

### 5.1 Unternehmerische Aktivitäten

Die **klein- und mittelständische Struktur der Holzbaubranche** ist mit Herausforderungen für die Realisierung mehrgeschossiger Holzbauten verbunden, die mit höheren technischen und planerischen Anforderungen sowie höheren Vorfinanzierungserfordernissen und finanziellen Risiken einhergehen als etablierte Geschäftsbereiche. Experten beobachten in den letzten Jahren strukturelle Veränderungen in der Branche, die dem Ziel dienen, neue Marktsegmente zu erschließen. So planen nach Holzbau Deutschland (2019a) ca. ein Viertel der Betriebe Erweiterungsinvestitionen. Aktivitäten wie die Stärkung der Vorfertigung, Investitionen in Kapazitätsausweitungen und der Eintritt in neue Geschäftsfelder nehmen allerdings Zeit in Anspruch. Zum Teil wird von lokalen Kapazitätsengpässen berichtet, zumal die Auslastung auch bei etablierten Tätigkeiten im Ein- und Zweifamilienhausbau oder bei Bauaufgaben im Bestand hoch ist. Ein kritischer Engpass wird weniger bei Produktionskapazitäten als bei der Fachkräfteverfügbarkeit beobachtet. Dies betrifft sowohl Fertigungs- und Montagebereiche als auch die Verfügbarkeit von Planern mit Holzbaukompetenzen.

Um den Kapazitätsausbau in Unternehmen zu ergänzen, wird eine **verstärkte Arbeitsteilung** innerhalb der Branche als Option diskutiert, um vorhandene Kapazitäten und Fachkräfte effizienter einzusetzen. So können etwa die Zusammenarbeit mit spezialisierten Abbundzentren oder der Zukauf von Holzbauerelementen kleinen Zimmereien einen Fokus auf Veredelung und Montage ermöglichen. Voraussetzung für arbeitsteilige Projektstrukturen ist dabei, dass auf Seiten der Projektplanung und -koordination Holzbaukompetenzen vorhanden sind. Auch eine stärkere unternehmensübergreifende Standardisierung kann arbeitsteilige Spezialisierungen erleichtern. **Kooperationen** stellen eine weitere Option dar, um größere Bauvorhaben aus einer klein- und mittelständigen Branchenstruktur heraus zu bewältigen. Experten beobachten ein verstärktes Interesse an neuen Formen der Zusammenarbeit, auch wenn eine praktische Umsetzung noch nicht in der Breite erfolgt. Insbesondere der hiermit verbundene administrative Zusatzaufwand sowie Risiken, die sich bei Arbeitsgemeinschaften aus einer gesamtschuldnerischen Haftung ergeben, stellen Hemmnisse dar. Der Zusammenarbeit in Netzwerken und Verbänden wird eine wichtige Rolle zugesprochen, um geeignete Partner zu identifizieren, gegenseitiges Vertrauen aufzubauen und Erfahrungen zu geeigneten Kooperationsformen auszutauschen.

Darüber hinaus können eine **Diversifizierung konventioneller Bauunternehmen** und eine **Europäisierung der Holzbaubranche** Beiträge dazu leisten, eine steigende Nachfrage nach Gebäuden in Holzbauweise zu bedienen. Bei konventionellen Bauunternehmen existieren einige Beispiele für Unternehmen, die Holzbau-

firmen übernehmen oder eigene Abteilungen aufbauen; für eine Abschätzung, ob sich ein Trend zur Diversifizierung abzeichnet, erscheint es aber zu früh. Aus dem europäischen Raum beteiligen sich derzeit insbesondere Holzbauunternehmen aus der Schweiz und Österreich an deutschen Ausschreibungen. In der Harmonisierung von Produkt- und Bemessungsnormen im Bauwesen sehen Experten Chancen für eine weitere Europäisierung des Holzbaumarktes. Um mit nationalen Anforderungen, die teils durch unterschiedliche Baukulturen begründet sind, umzugehen, können Kooperationen zwischen überregionalen und regionalen Unternehmen eine Option darstellen.

## 5.2 Wissensentstehung

Bei der Wissensentstehung bestehen Herausforderungen insbesondere in der **Koordination von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten**. Die wissenschaftliche Holzbau-Community gilt national, europäisch und international als gut vernetzt. Ein erhöhter Abstimmungsbedarf wird aber bei geplanten Forschungen sowie auf der Ebene verschiedener Förderinitiativen auf Bundes- und Landesebene gesehen, um Doppelungen zu vermeiden und Synergien zwischen Forschungsprojekten zu stärken. Handlungsbedarf wird hier insbesondere durch den Wegfall der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e. V. (DGfH) begründet, die bis 2009 aktiv war. Teils wurde in Interviews beobachtet, dass sich eine Verbesserung bei der Forschungskoordination abzeichnet, u. a. durch die Gründung einer Koordinierungsstelle für Forschung und Entwicklung im Holzbau durch verschiedene Verbände und Organisationen Anfang 2019.

Weiterer Handlungsbedarf wird insbesondere bei der **Abstimmung zwischen Wissenschaft und Industrie** gesehen, und zwar sowohl bei der Definition von Forschungsthemen, der Einbindung von Praxispartnern und dem Transfer von Ergebnissen. Eine Herausforderung besteht dabei in der klein- und mittelständischen Unternehmensstruktur, welche die Bereitstellung von Finanzmitteln und F&E-Personal erschwert. Um Innovationsaktivitäten in KMU zu stärken, wird eine stärkere Beteiligung in Forschungsverbänden mit Forschungsinstituten, Universitäten sowie weiteren Praxispartnern als wichtiges Handlungsfeld angesehen. Auch die Bildung von regionalen Holzbauclustern kann dazu beitragen, Netzwerkbeziehungen zwischen Unternehmen, Forschung und Lehre zu stärken und Synergien sowohl im F&E-Bereich als auch bei der Gestaltung von Wertschöpfungsketten zu erschließen. Bedarf wurde in Interviews zudem bei einer strategischen Richtungsdiskussion zu zukünftigen Betätigungsschwerpunkten der Holzbaubranche und prioritären Forschungsfeldern gesehen, sowie bei einer strukturierten Auswertung der bereits geleisteten Forschung.

Auch der Charta für Holz 2.0-Dialogprozess wird für die **Abstimmung zwischen Wissenschaft, Praxis und Fördermittelgebern** als hilfreicher Ansatz betrachtet. Identifizierter Forschungsbedarf kann im Rahmen von FNR-Fachgesprächen zu themenspezifischen Förderaufrufen weiterentwickelt werden. Beispielsweise organisierte im Juni 2018 die FNR in Kooperation mit dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) ein Seminar zum Landwirtschaftliches Bauen mit Holz, bei dem Vertreter aus Holzbauunternehmen, kommunalen Behörden, Branchenverbänden, Politik und Wissenschaft Zukunftsperspektiven diskutierten. Ergebnisse zum Forschungsbedarf flossen in einen im Herbst 2018 veröffentlichten BMEL-Förderaufruf zum Thema ein. Gleichzeitig fließen Ergebnisse aus Forschungsprojekten, die etwa im Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ des BMEL sowie dem Waldklimafonds von BMEL und BMU gefördert werden, in Arbeiten im HF „Bauen mit Holz in Stadt und Land“ ein – dazu zählen etwa Projekte zur gesundheitlichen Bewertung von VOC-Emissionen aus Holz und Holzprodukten, zur Optimierung des Building Information Modelling (BIM) für den Holzbau oder Projekte im Förderschwerpunkt „Neue Materi-

alkombinationen mit Holz“ im Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“. Die Förderung der Innovations- und F&E-Kultur ist zudem ein Ziel im Charta-HF „Cluster Forst & Holz“, das etwa durch die Organisation einer Start Up-Zukunftswerkstatt auf der LIGNA unterstützt wird. Auch hieraus können sich potenziell Impulse für die Wissensentstehung in der Holzbaubranche ergeben.

### 5.3 Wissensverbreitung

Wichtige Dimensionen für die Wissensverbreitung sind der Wissenstransfer von F&E-Ergebnissen in die Anwendungspraxis, sowie die Verfügbarkeit und Qualität von Informations- und Beratungsangeboten für Fachplaner und nicht fachspezifische Entscheidungsträger. Auch Aus- und Weiterbildungsangebote, die sich direkt auf die Fachkräfteverfügbarkeit auswirken, spielen eine wichtige Rolle (siehe 5.6). Beim **Transfer von F&E-Wissen** wird als positiv beurteilt, dass wissenschaftliche Ergebnisse häufig in branchenrelevanten Fachzeitschriften und Broschüren für ein breites Fachpublikum zugänglich gemacht werden. Allerdings wird ein verstärktes Aufgreifen wissenschaftlicher Ergebnisse durch praxisnahe Organisationen für nötig befunden, um Informationen zielgruppengerecht aufzubereiten. Bei Handlungsleitfäden für die öffentliche Verwaltung kann die Bundesebene eine wichtige koordinierende Funktion einnehmen und dazu beitragen, Unsicherheiten zu reduzieren. Die Beschaffung von Holzprodukten oder das nachhaltige Bauen sind Beispiele für Themenbereiche, in denen Leitfäden auf Bundesebene eine Vorbildwirkung für Länder und Kommunen entfaltet haben. Um Zugangsbarrieren zu F&E-Wissen für Praxisakteure zu verringern und die Koordination von Forschungsaktivitäten zu erleichtern, könnte der Aufbau eines zentralen Webportals für Holzbauforschung eine Option darstellen. Eine wichtige Aufgabe für Netzwerke wird derweil darin gesehen, persönlichen Austausch zwischen Wissenschaft und Branchenakteuren zu ermöglichen. Die Vernetzung zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft kann zudem dazu beitragen, Forschungsergebnisse verstärkt in gesellschaftliche Debatten einzubringen.

Die **Wissenslage bei Auftraggebern, Fachplanern und Bauverwaltungen** hat sich nach der Einschätzung der interviewten Experten in den letzten Jahren verbessert, in der Breite werden aber weiterhin Informationsdefizite gesehen. Unsicherheiten bezüglich grundlegender Eigenschaften des Holzbaus sind weiterhin verbreitet, wenngleich die Nachfrage nach Informationen zunimmt. Umfängliche Informationsmaterialien, die sich an die Öffentlichkeit oder verschiedene Zielgruppen richten, sind verfügbar, ebenso wie Fachberatungsangebote mit niedrigen Zugangsbarrieren. Um Holzbau stärker in der Wahrnehmung zu verankern, wird Leuchtturmprojekten weiterhin eine wichtige Rolle zugeordnet. Aber auch die verstärkte Medienberichterstattung der letzten Jahre und eine steigende Zahl regionaler Holzbaupreise wirkt sich hier positiv aus.

Zur **Verbreitung von Fachplanungs- und Ausführungswissen** tragen neben Tagungen und Fortbildungen Informationsdienste, Fachberatungen, Online-Bauteilkataloge sowie Netzwerke bei. Die Zahl der Fachplaner, die über holzbauspezifisches Detail- und Planungswissen verfügt, wird angesichts der Nachfrageentwicklung allerdings weiterhin als zu gering beurteilt. Die hohe allgemeine Auslastung im Bausektor dämpft dabei Anreize, sich in neuen Anwendungsfeldern fortzubilden. Verstärkte Kooperationen mit Handwerks-, Architekten- und Ingenieurskammern können ein Ansatz sein, um Fachplaner und ausführendes Handwerk in größerer Zahl zu erreichen. Schulungsbedarf ergibt sich zudem bei öffentlichen Verwaltungen, die Bauplanungs- und Genehmigungsprozesse begleiten. Insbesondere dezentrale Vor-Ort-Schulungen werden hier als geeignetes Mittel zur Wissensverbreitung betrachtet. Regionale Holzbau-Netzwerke mit Akteuren aus

Praxis und Wissenschaft bieten zudem Plattformen für Erfahrungsaustausch und die Konzeption von Bildungsangeboten. Sowohl hier als auch beim Wissenstransfer wird verstärkter Koordinationsbedarf gesehen, um Synergien zu nutzen und Standardisierungsbestrebungen zu unterstützen.

Die Wissensverbreitung wird durch verschiedene Initiativen im Charta-Prozess unterstützt. Im HF „Bauen mit Holz in Stadt und Land“ wurde im Oktober 2018 ein Statusworkshop zum Thema Fachberatung organisiert, mit Vertretern von Fachberatungen und Cluster-Netzwerken aus 7 Bundesländern. Ziel des Workshops war, die Grundlage für eine bessere Vernetzung und den Ausbau einer bundesweiten, zielgruppengerechten Fachberatung zu legen. Hierdurch kann ein wichtiger Beitrag zur verbesserten Koordination regionaler Initiativen geleistet werden. Um Wissensdefizite im Kontext des öffentlichen Bauens mit Holz zu adressieren, organisieren FNR und der Deutsche Städte- und Gemeindebund (DStGB) gemeinsam eine Seminarreihe, um auf kommunaler und Landesebene Möglichkeiten des Holzbaus u. a. im Hinblick auf Klimaschutz und Nachhaltigkeit aufzuzeigen. Die Initiative schließt sich an die Veranstaltung „Charta für Holz 2.0 im Dialog“ im Dezember 2018 an, deren Fokus auf dem Bauen mit Holz lag. Nach einer Pilotveranstaltung im Februar 2020 sind regionale Seminare geplant. Die Optimierung des Technologie- und Wissenstransfers wird als Thema schwerpunktmäßig im HF „Potenziale von Holz in der Bioökonomie“ verfolgt. Ziel ist hier die verbesserte Bündelung und Abstimmung von Forschungsaktivitäten und industriellen Lösungsansätzen, wobei u. a. die Schaffung von F&E-Datenbanken zu den diskutierten Maßnahmen zählt. Hier bestehen Anknüpfungsmöglichkeiten für Wissenstransferplattformen für den Holzbau. Die Verbesserung der Branchenvernetzung wird zudem im HF „Cluster Forst & Holz“ verfolgt, z. B. durch den Aufbau eines interaktiven Online-Informationssystems. Zur Vernetzung verschiedener Clusterinitiativen, Landesbeiräte, Fachberatungen, Fachverbände und Kompetenzzentren tragen zudem Cluster-Konferenzen bei, die vom BMEL in Kooperation mit der Plattform Forst & Holz ausgerichtet werden.

## 5.4 Suchrichtung

Aus dem Zusammenspiel von Faktoren wie der artikulierten Nachfrage nach nachhaltigen Bauoptionen, politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, Strategien und Preisentwicklungen ergibt sich eine Lenkungswirkung für Such- und Lernprozesse und den Ressourceneinsatz. Die resultierende Suchrichtung beeinflusst wesentlich die weitere Marktentwicklung des Bauens mit Holz.

Eine wichtige Richtungswirkung kommt dem **Bauordnungsrecht** zu, da es die Bandbreite ordnungsrechtlich zulässiger Lösungen definiert. Die Grundlage für die Erweiterung des Holzbau-Einsatzbereichs über Gebäude geringer Höhe hinaus wurde bereits mit der Musterbauordnung (MBO) 2002 in Verbindung mit der Muster-Holzbaurichtlinie (HFHHolzR) 2004 gelegt, sowie der Umsetzung in Landesrecht. Anforderungen entsprechen jedoch nicht mehr dem Stand der Technik, was die projektspezifische Beantragung von Abweichungen erforderlich macht und zu Wettbewerbsnachteilen für den mehrgeschossigen Holzbau führt. In den letzten fünf Jahren haben eine wachsende Zahl von Bundesländern Landesbauordnungen weiterentwickelt, um eine geregelte Anwendung der Holzbauweise in der Gebäudeklasse 5 zu ermöglichen und Barrieren in der Gebäudeklasse 4 abzubauen. Im September 2019 beschloss die Bauministerkonferenz eine entsprechende Anpassung der MBO. Zudem wurde Mitte 2019 ein Anhörungsverfahren für eine neue Muster-Holzbaurichtlinie (MHolzBauRL) gestartet, die Anforderungen an Bauteile als technische Regel konkretisieren soll. Nach Einschätzung der interviewten Experten geht von bereits erfolgten Öffnungen bei Landesbauordnungen eine wichtige Signalwirkung aus – das Bestreben, eine gleichwertige Behandlung zwischen Holz-

bauweisen und mineralischen Bauweisen herzustellen, stärkt positive Erwartungen von Auftraggebern, Ausführenden, Planern und Bauverwaltungen. Um in der Praxis Vereinfachungen zu bewirken, ist die Konkretisierung von Anforderungen an die Verwendbarkeit brennbarer Baustoffe in Technischen Baubestimmungen ein weiterer wichtiger Schritt, da in der Praxis nach wie vor Einzelfallzulassungen und Abweichungen von der M-HFHolzR 2004 beantragt werden müssen. Eine neue Muster-Holzbaurichtlinie kann hier einen wichtigen Beitrag leisten. Hervorgehoben wird die Notwendigkeit, zeitnahe Anpassungen an den jeweiligen Stand der Technik vorzunehmen, der in Forschungsvorhaben zur Nachweiserbringung dokumentiert wird.

Entwicklungen im Bauordnungsrecht werden durch das Charta-HF „Bauen mit Holz in Stadt und Land“ reflektiert und begleitet. Im November 2019 wurden Empfehlungen der AG zur Novellierung der MBO und ihrer einheitlichen Umsetzung in Landesrecht veröffentlicht (AG Bauen mit Holz in Stadt und Land, 2020). Auch wurden Stellungnahmen zur Muster-Holzbaurichtlinie kommentiert. In der Anfangsphase des Charta-Prozesses wurde im Herbst 2017 zudem ein Workshop zum „Abbau von Hemmnissen im mehrgeschossigen Holzbau“ organisiert, um Handlungsbedarfe im Baurecht sowie in weiteren Themenbereichen abzuleiten.

In politischen **Strategieprozessen** gewinnen Grundsätze des nachhaltigen und klimaverträglichen Bauens an Gewicht. Klimaschutzpläne oder Klimaschutzgesetze einiger Bundesländer und auch das Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung weisen der öffentlichen Hand hier eine Vorbildfunktion zu, die es etwa bei der Weiterentwicklung der Städtebauförderung oder der öffentlichen Beschaffung zu berücksichtigen gilt. Auch hier sind wichtige Signalwirkungen sowohl für kommunale als auch private Bauentscheidungen zu erwarten. In der Breite wird der Fokus von Strategieprozessen im Gebäudebereich jedoch vorwiegend noch auf der Nutzungsphase gesehen. Als relevant erweist sich hier u. a., dass Emissionen, die mit der Produktion von Baustoffen oder Bauteilen verbunden sind, dem Sektor Industrie zugerechnet werden, was die klimapolitische Gesamtbedeutung des Gebäudesektors weniger gut sichtbar macht. Perspektivisch wird die Koordination zwischen verschiedenen Ressorts als wichtiges Handlungsfeld betrachtet, da die Gestaltung von Rahmenbedingungen für nachhaltiges Bauen nicht nur eine Abstimmung zwischen Bund, Ländern und Kommunen, sondern auch zwischen Bau-, Wirtschafts-, Umwelt-, Land- und Forstwirtschafts-, Bildungs- sowie Forschungsressorts erfordert. Die Charta für Holz 2.0 kann dabei einen wichtigen Beitrag leisten, Zielbeiträge des Bauens mit Holz in verschiedenen relevanten Strategieprozessen zu verankern. Der Austausch in Arbeitsgruppen und bei Veranstaltungen wie Fachgesprächen, Charta-Statustagungen oder der „Charta für Holz 2.0 im Dialog“-Tagung tragen zu Abstimmungs- und Lernprozessen bei und helfen, bestehende Handlungsbedarfe zu priorisieren. Impulse aus dem Charta-Prozess fließen zudem in die Arbeit von Gremien wie der Agrarministerkonferenz, Umweltministerkonferenz und Bauministerkonferenz ein.

Auch **Trends bei der privaten und öffentlichen Nachfrage** spielen eine wichtige Rolle für die Suchrichtung. Bei Nichtwohngebäuden spielen Preise für die Baustoffwahl tendenziell eine wichtigere Rolle als bei Wohngebäuden, wo subjektiven oder nicht quantifizierbaren Faktoren größere Bedeutung zukommt. Qualitative Aspekte, wie Energieeffizienz, geringes Gewicht oder konstruktive Flexibilität bei Aufstockungen werden von Praxisexperten als wichtige Motivationen für den Holzbau genannt. Auch ökologische Aspekte spielen eine Rolle – die Bereitschaft, hierfür Mehrkosten in Kauf zu nehmen, wird aber als begrenzt beurteilt. Dies stärkt die Bedeutung technischer und wirtschaftlicher Wettbewerbsvorteile für die Marktausweitung. Bei Auftraggebern der öffentlichen Hand wird eine zunehmende Beschäftigung mit den Klimawirkungen von Bauprojekten beobachtet. Die umweltverträgliche öffentliche Beschaffung stellt dabei ein wichtiges Instrument dar. Unsicherheiten bestehen allerdings noch bei der Ausgestaltung von Vergabeprozessen im Bereich des nachhaltigen Bauens und des Bauens mit Holz.

Unmittelbar wird die Auswahl von Bauweisen und -materialien durch die kombinierten Anreize und Vorgaben beeinflusst, die der **politische Instrumentenmix für klimaverträgliches und ressourceneffizientes Bauen** setzt. Für Instrumente, welche sich unterstützend auf die Nischenbildung im Bereich des mehrgeschossigen Holzbaus auswirken, existieren bereits verschiedene Anwendungsbeispiele. Hierzu zählen die Förderung von Leuchtturmprojekten, Instrumente der Bebauungsplanung, Konzeptausschreibungen zur Vergabe städtischer Baugrundstücke oder die umweltverträgliche öffentliche Beschaffung von Bauleistungen. Beim Neubau von Bundesbauten kommt etwa das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) zum Einsatz, das z. T. auch von Ländern oder Kommunen übernommen wird. Hinsichtlich der Wirkung für den Klimaschutz wird jedoch Weiterentwicklungsbedarf bei der Kriteriengewichtung gesehen. Einige Bundesländer haben zudem Prüfaufträge etabliert, ob sich öffentliche Bauten in Holzbauweise oder z. B. unter Verwendung von Recyclingbaustoffen realisieren lassen. Neben einer breiteren Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der öffentlichen Beschaffung, Grundstücksvergabe oder Bebauungsplanung haben Förderprogramme für nachhaltiges Bauen sowie Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden im Gebäudeenergiegesetz eine direkte Wirkung auf die Nachfrage nach klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen. Da mit zunehmender Energieeffizienz in der Nutzungsphase die Relevanz der energiebedingten Aufwendungen für Herstellung, Instandsetzung sowie Abbruch, Rückbau und Entsorgung von Gebäuden steigt, gilt die Ausgestaltung lebenszyklusorientierter Förderkriterien oder Mindestanforderungen als wichtige Weiterentwicklungsperspektive. Der Wettbewerb zwischen Bauoptionen wird zudem durch Instrumente beeinflusst, die Umweltkosten internalisieren oder durch Informations- oder Verwertungsanforderungen den Innovationsdruck im Bausektor allgemein erhöhen. Mögliche Instrumentenoptionen werden in den Bereichen Klimapolitik (z. B. CO<sub>2</sub>-Bepreisung), Ressourceneffizienzpolitik (z. B. Primärbaustoffsteuern), Produktpolitik (z. B. Umsetzung der Grundanforderung 7 der Bauproduktenverordnung) sowie der Abfall- und Kreislaufwirtschaftspolitik (z. B. Anforderungen an die Verwertung von Baustoffen im KrWG) diskutiert.

Weiterentwicklungsperspektiven für den Instrumentenmix im Bereich des klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauens werden auch im Charta-HF „Bauen mit Holz in Stadt und Land“ entwickelt. Ein Schwerpunktthema sind Ansätze für die Erschließung von THG-Minderungspotenzialen bei der Erstellung und dem Rückbau von Gebäuden im Gebäudeenergiegesetz, einhergehend mit einer Ausdehnung der Ökobilanzierung auf den gesamten Gebäudelebenszyklus. Weitere relevante Aktivitäten bestehen in einer Überprüfung von Bundesrichtlinien für nachhaltiges Bauen im Hinblick auf eine stärkere Berücksichtigung von Klimaschutzaspekten, sowie die Erarbeitung von Vorschlägen, wie durch die Anpassung von Planungsprozessen Ausschreibungen beim öffentlichen Bauen mit Holz erleichtert werden könnten. Im breiteren Bioökonomie-Kontext wird die Rolle der Ökobilanzierung für den Klimaschutz auch im HF „Potenziale von Holz in der Bioökonomie“ untersucht.

## 5.5 Marktentstehung

Im Ein- und Zweifamilienhausmarkt konkurrieren Holzbauten bereits erfolgreich mit mineralischen Bauweisen um Marktanteile. Dasselbe gilt für niedriggeschossige Gebäude in einigen Segmenten des Nichtwohngesamts, z. B. bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden oder Hotels und Gaststätten. Entscheidungen werden davon beeinflusst, wie gut Nachfrager über Kosten und Qualitätsmerkmale unterschiedlicher Bauoptionen informiert sind bzw. mit welchem Aufwand die Informationsbeschaffung verbunden ist. Inwiefern Informationen zu Umweltwirkungen verfügbar gemacht werden, hängt dabei auch von rechtlichen und

politischen Rahmenbedingungen ab. Der Bereich mehrgeschossiger Wohn- und Nichtwohngebäude stellt hingegen bislang einen Nischenmarkt dar. Die zentrale Herausforderung besteht demnach in der **verstärkten Diffusion innovativer Holzbauweisen**. Die Marktausweitung wird etwa durch Entwicklungen bei der Branchenkapazität, die verbesserte Verfügbarkeit von Informations- und Beratungsangeboten oder die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften unterstützt. Auch die Entwicklung des Bauordnungsrechts sowie Instrumente, welche Suchprozesse nach klimaverträglichen und ressourceneffizienten Bauoptionen verstärkt in Bauentscheidungen verankern, sind hier relevant.

An marktlichen Rahmenbedingungen erweist sich die **Umsetzung integraler Planungsprozesse** als bedeutsam für die Diffusion mehrgeschossiger Holzbauweisen. Konventionelle Planungsprozesse sehen eine klare Trennung von Planung und Ausführung vor. Bei Holzbauprojekten müssen hingegen bereits in der Vorplanungs- und Entwurfsphase konkrete Inhalte bezüglich der Konstruktion und Herstellung vorgefertigter Bauteile berücksichtigt werden, um Mehrkosten und Verzögerungen durch Umplanungen zu vermeiden. Nach der Einschätzung befragter Experten fangen Veränderungen in Planungsprozessen allmählich an, sich am Markt bemerkbar zu machen. Insbesondere private Auftraggeber zeigen sich bereit, hiermit einhergehende Verschiebungen innerhalb der Leistungsbilder der Honorarordnung für Architekten- und Ingenieursleistungen (HOAI) zu verhandeln. Bei öffentlichen Auftraggebern bestehen jedoch oftmals Unsicherheiten, welche Anpassungen mit vergaberechtlichen Anforderungen vereinbar sind. Ähnlich wie bei der umweltverträglichen öffentlichen Beschaffung ergibt sich Handlungsbedarf bei der Ausarbeitung von Leitfäden und bei Schulungen.

Auch eine **verstärkte Standardisierung innerhalb der Holzbauweise** kann zur Vereinfachung von Planungsprozessen und zu Kostensenkungen beim mehrgeschossigen Holzbau beitragen. Die hohe Diversität an Ausführungsmöglichkeiten stellt hohe Wissensanforderungen nicht nur an Planer, sondern auch an Genehmigungsbehörden. Standardisierte Lösungen können zudem gerade kleinen Unternehmen den Marktzugang erleichtern, wenn die Notwendigkeit zur Erstellung von Verwendbarkeitsnachweisen entfällt. Dynamik ergibt sich durch Initiativen wie dataholz.eu (2020) als Online-Katalog für geprüfte bzw. zugelassene Baustoffe und Bauteile. Zu beobachten bleibt, wie sich die Nutzung des Angebots in der Praxis entwickelt.

Um den aktuellen Stand der Technik abzubilden, ist eine fortlaufende **Weiterentwicklung der Normung** nötig. Die Überarbeitung des Eurocode 5 „Bemessung und Konstruktion von Holzbauten“ trägt dazu bei, vereinfachte und an den Stand der Technik angepasste Regelungen bereitzustellen. Aber auch thematisch weiter gefasste Normungsprozesse z. B. in den Bereichen Elektrotechnik, Schallschutz oder Innenraumluft können bedeutende Auswirkungen auf den Holzbau entfalten. Herausforderungen können sich daraus ergeben, dass sich Normen parallel zu etablierten Bauoptionen entwickelt haben. Gleichzeitig wird die persönliche Kapazität für die Beteiligung an breit gefächerten Normungsprozessen für die klein- und mittelständisch geprägte Holzbaubranche als geringer eingeschätzt als bei Wettbewerbern. Unabhängig von der Bauweise erweisen sich aktuell Verzögerungen bei der Freigabe von Normtiteln auf EU-Ebene als Problem.

Mit der Marktausweitung steigt die Zahl der Akteure, die sich im Holzbau engagieren. Wenn Erfahrungen bzw. spezifische Holzbaukompetenzen fehlen, kann sich bei der Planung und Umsetzung komplexer Projekte ein Fehlerrisiko ergeben. Gerade in der Marktwachstumsphase können einzelne Negativbeispiele Erwartungen an den Holzbau beschädigen. Der Begleitung der Marktentwicklung durch **Qualitätssicherungsmaßnahmen und -strategien** wurde daher in Interviews eine hohe Bedeutung zugemessen.

Um zur Überwindung der Barrieren für eine Marktausweitung beizutragen, werden im Charta-HF „Bauen mit Holz in Stadt und Land“ Vorschläge zur Standardisierung unter Beachtung der Erfordernisse der nationalen und europäischen Normung erarbeitet. Vorschläge werden zum einen zur Standardisierung von Planungsprozessen erstellt, u. a. anknüpfend an einen holzbaugerechten Einsatz von BIM als Planungsmethode. Zum anderen sollen Maßnahmen entwickelt werden, um die Standardisierung technischer Aspekte voranzutreiben und Herausforderungen im Bereich der Normung zu adressieren.

## 5.6 Ressourcenmobilisierung

Bei der Mobilisierung von Ressourcen für das Innovationssystem „Bauen mit Holz“ spielt die Fachkräfteverfügbarkeit sowie die langfristige Rohstoffverfügbarkeit eine Rolle. Die **Verfügbarkeit von Fachkräften** mit spezifischem Holzbauwissen stellt aktuell einen relevanten Engpass für die Marktausweitung dar. Vakanzzeiten für Fachkräftestellen liegen in der Branchengruppe „Holz im Baugewerbe“ deutlich über dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Allgemein wird der Bausektor durch Fachkräftemangel geprägt, mit einer hohen Auslastung von Betrieben und einer hohen Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften.

Im Bereich **Hochschulbildung** werden weitere Anstrengungen für nötig gehalten, um den Holzbau möglichst flächendeckend in Lehrangeboten für Architekten, Bauingenieure und Fachplaner zu verankern. Potenziell können Stiftungsprofessuren im Rahmen von Landes- oder Wirtschaftsinitiativen hier Impulse setzen und zur Stärkung von anwendungsorientierter Forschung beitragen. Auch die Entwicklung von Holzbau-Lehrmodulen, die in bestehende Architektur- und Bauingenieurstudiengänge integriert werden können, oder verstärkte Kooperations- und Informationsangebote von Seiten der Holzbaubranche können sich als hilfreich erweisen. Ein Mehrbedarf an Lehrangeboten wird allerdings auch beim nachhaltigen Bauen insgesamt, sowie bei Themen wie Ökobilanzierung oder BIM gesehen.

Bei der **beruflichen Ausbildung** wurde das Potenzial des Zimmererhandwerks, Bewerber für Ausbildungsstellen zu motivieren, als gut betrachtet, u. a. aufgrund vielfältiger beruflicher Weiterentwicklungsperspektiven. Herausforderungen wurden darin gesehen, ausgebildete Zimmerer in der Branche zu halten. Hier können duale Studiengänge mit Holzbaufokus eine Option darstellen. Im Bereich der **Fortbildung** steigen Angebot und Nachfrage nach Kursen. Weiterentwicklungsbedarf wird aber insbesondere bei umfangreicheren Angeboten, die Planern detaillierte Holzbaukompetenzen vermitteln, gesehen. Branchenseitig können verstärkte Anstrengungen, Nachwuchs in Schulen oder Universitäten für berufliche Perspektiven im Holzbau zu interessieren, einen Beitrag zur langfristigen Sicherung der Fachkräfteverfügbarkeit leisten. Im Wettbewerb mit anderen Branchen spielt zudem die Schaffung eines attraktiven Arbeitsumfelds eine Rolle – im Bausektor können sich dabei hohe Vorfertigungsgrade mit kurzen Montagezeiten als Vorteil erweisen.

Zur inhaltlichen Untersetzung des Themas Bildung werden im Charta-HF „Bauen mit Holz in Stadt und Land“ Grundlagen für ein Konzept einer Marktstudie zur Ermittlung des Status quo in der Holzbauausbildung entwickelt. Ziel könnte sein, Angebote und Bedarfe in Ausbildung und Lehre zu analysieren, Mindeststandards zu entwickeln und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Im August 2019 wurde zudem im HF „Cluster Forst & Holz“ ein Expertengespräch zum Fachkräftemangel durchgeführt, bei der die Notwendigkeit von branchenübergreifenden Informationsangeboten zu Berufsmöglichkeiten im Cluster festgestellt wurde. Zur Umsetzung der Empfehlung erstellt das Kompetenz- und Informationszentrum Wald und Holz (KIWUH) der FNR ein Online-Angebot zu Berufsbildern, Ausbildungs-, Studiums- und Weiterbildungsmöglichkeiten im Cluster Forst & Holz.

Hinsichtlich der **Rohstoffverfügbarkeit** weisen die Bundeswaldinventur 2012 und die Kohlenstoffinventur 2017 eine stabile Waldflächenentwicklung, steigende Holzvorräte und Totholz mengen sowie eine zunehmende CO<sub>2</sub>-Speicherwirkung der Wälder aus. Auch der Waldumbau hin zu Laub- und Mischwäldern schreitet voran. Ein Rückgang bei der inländischen Nutzung insbesondere der Fichte wurde zuletzt durch Steigerungen bei der Einfuhr von Nadelrohholz ausgeglichen. Aufgrund des derzeitigen hohen Anfalls von Kalamitätsholz entwickelt sich Deutschland allerdings tendenziell zu einem Nettoexporteur von Nadelrohholz. Zukünftig werden im Zuge des Waldumbaus Flächenanteile von Laubbäumen weiter zunehmen und die von Nadelbäumen abnehmen, was die Rohstoffbasis der Holzwirtschaft verändert. In einem Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik wurde 2018 die Frage untersucht, inwiefern sich eine Ausweitung der Holznutzung für den Holzbau auf Basis der zukünftig zu erwartenden, nationalen Rohholzvorkommen darstellen ließe. Aufgrund der hohen Holzvorräte, eines laufend hohen Zuwachses und des Altersklassenaufbaus der Wälder kommt das Gutachten zu dem Schluss, dass selbst bei einer deutlichen Ausdehnung der Holzbauquote auf 55 % bei Ein- und Zweifamilienhäusern und 15 % bei Mehrfamilienhäusern in den nächsten Jahrzehnten ausreichend Nadelholz für die Deckung des zusätzlichen Holzbedarfs zur Verfügung steht. Die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung wird dabei gewahrt.

Unsicherheiten ergeben sich dadurch, dass durch den Klimawandel zukünftig häufigere Extremwetterereignisse und ein erhöhter Druck durch Schaderreger erwartet werden. Die Weiterentwicklung der Wälder in Richtung artenreicher, resilienterer Mischwälder stellt daher ein wichtiges Ziel dar, dass in die Entwicklung der Waldstrategie 2050 einfließt. Gleichzeitig wird zukünftig mit einer steigenden Rohholznachfrage gerechnet, um verstärkt stoffliche und energetische Substitutionspotenziale zu nutzen und hierdurch zum Klimaschutz beizutragen. Für den **Umgang mit Unsicherheiten** können Dialogprozesse wie die Charta für Holz 2.0 eine wichtige Rolle spielen, um den Austausch zwischen Forstwirtschaft und verschiedenen holzbasierten Wertschöpfungsketten zu erleichtern. Zudem wird empfohlen, auch bei aktuell hoher Rohstoffverfügbarkeit frühzeitig Nutzungskonzepte mit hoher Ressourceneffizienz zu entwickeln. Im Gebäudebereich können hierzu etwa optimierte Hybridbaukonzepte oder eine verstärkte Kaskadennutzung von Holz am Lebensende von Gebäuden beitragen. Auch die verstärkte Einführung von Laubholzarten ins Bausystem wird als strategisch wichtige Perspektive betrachtet, wenngleich es noch technische und ökonomische Herausforderungen zu lösen gilt. Im Bereich der Nachhaltigkeitssicherung von Importen werden Anforderungen der EU-Holzhandelsverordnung durch die freiwillige Zertifizierung der Waldbewirtschaftung ergänzt. Anforderungen an den Nachweis einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung werden etwa im Rahmen öffentlicher Beschaffungsvorgänge, bei Förderinstrumenten für nachhaltiges Bauen oder im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden gestellt.

Ansätze, die für die langfristige Sicherung der Rohstoffbasis für das Bauen mit Holz relevant sind, werden in mehreren Charta-Handlungsfeldern verfolgt. Im HF „Ressource Wald und Holz“ werden Maßnahmen zur Sicherung der nachhaltigen Rohstoffversorgung entwickelt. Um langfristige Nutzungspotenziale zu erhöhen und die Anfälligkeit gegenüber Schadereignissen zu begrenzen, werden z. B. Maßnahmen zum Kompetenzaufbau im Bereich Forstpflanzenzüchtung entwickelt. Die FNR führte verschiedene begleitende Expertenworkshops und Statusseminare durch, etwa zur Sicherung der Nadelrohholzversorgung im Klimawandel, zur Verwendung von Kalamitätsholz oder zur Forstpflanzenzüchtung (mit anschließendem Förderaufruf in 2019). Vor dem Hintergrund des Waldumbaus ist zudem geplant, Konzepte zur Bewirtschaftung von Nadelhölzern in Mischung mit Laubgehölzen zu entwickeln. Im HF „Material- und Energieeffizienz“ stellt die Etablierung einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft ein Schwerpunktthema dar. Ziel ist es, im Spannungsfeld zwischen dem aktuell hohen Schadhölzanfall und einer langfristig erwarteten Steigerung der

Holznachfrage praxisrelevante Empfehlungen zum effizienten Umgang mit der Ressource Holz zu entwickeln. Hierzu wird der Stand der Wissenschaft und Technik bewertet und ein Empfehlungspapier zur Kaskadennutzung erarbeitet. Auf Seiten der Forschungsförderung veröffentlichte die FNR 2018 einen Förderaufruf zur Material- und Energieeffizienz in der Holzverwendung. Für eine verstärkte Laubholzverwendung im Bauwesen sind zudem Arbeiten im HF „Potenziale von Holz in der Bioökonomie“ relevant, insbesondere zur Optimierung von Wertschöpfungsketten und -kreisläufen in der Laubholzindustrie sowie zur Entwicklung innovativer Produkte und Verfahren. Um die Ableitung von Handlungsbedarfen zu unterstützen, wurde etwa im November 2019 ein Statusworkshop zum Thema „Wertschöpfungsketten für neue Werkstoffe aus Massivholz, unter Berücksichtigung von Laubholz“ durchgeführt.

## 5.7 Legitimität

Für die Verbreitung von Innovationen wie dem mehrgeschossigen Bauen mit Holz spielen die gesellschaftliche Akzeptanz und die Kompatibilität mit maßgeblichen institutionellen Rahmenbedingungen eine wichtige Rolle. Vor dem Hintergrund des Klimaschutzdiskurses und der Debatten um bezahlbaren Wohnraum in wachsenden Städten lässt sich in den letzten Jahren eine steigende politische Relevanz des klimaverträglichen Bauens beobachten. Damit ist auch ein wachsendes Interesse am Holzbau verbunden. Die Ausweitung des Bauens mit Holz kann allerdings nur ein Bestandteil einer **Transformation zu einem nachhaltigeren Bauen** sein, aufgrund vielfältiger Ansprüche an Holznutzungen und den Wald. Bei Erwartungen an die Geschwindigkeit, mit der mehrgeschossiges Bauen mit Holz ausgeweitet werden kann, ist darüber hinaus der Zeitbedarf für Anpassungsprozesse zu berücksichtigen, z. B. bei der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften. Gleichwohl können Holzbauprojekte bereits jetzt eine wichtige Leuchtturmwirkung entfalten und zur Bewusstseinsbildung für nachhaltiges Bauen allgemein beitragen. Dies bietet Chancen für die Holzbaubranche, sich als Vorreiter des nachhaltigen Bauens zu positionieren. Im Rahmen von Koalitionen mit Akteuren in Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Zivilgesellschaft lässt sich die Weiterentwicklung von Rahmenbedingungen unterstützen, die bauweisenübergreifend Signale für Nachhaltigkeitsverbesserungen setzen.

Auch bei **Kommunikationsstrategien** bestehen Chancen für den Holzbau darin, sich als Anbieter von Lösungen für gesellschaftliche Probleme zu etablieren, etwa durch das Aufzeigen klimaverträglicher Beiträge zur innerstädtischen Nachverdichtung oder zum energieeffizienten Bauen sowie durch die Entwicklung ressourceneffizienter End of Life-Konzepte. Allerdings wurde in Interviews auch betont, dass neben ökologischen Zielbeiträgen ökonomische, soziokulturelle und funktionale Qualitätsaspekte nicht vernachlässigt werden sollten, um gerade im mehrgeschossigen Bereich die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Da die Forst- und Holzwirtschaft und auch die Holzbaubranche in vielfältigen Verbänden und Initiativen organisiert sind, wurde Handlungsbedarf insbesondere bei der Formulierung koordinierter Kommunikationsstrategien und gemeinsamer Kernbotschaften gesehen. Für diese Aufgabe wurde im Charta-HF „Wald und Holz in der Gesellschaft“ Anfang 2020 ein Workshop durchgeführt, um eine Stärken- und Schwächenanalyse vorzunehmen und auf dieser Basis eine Kommunikationsstrategie für die Branche zu konzipieren und Kernbotschaften abzuleiten. Ergebnisse des Workshops werden in einem Agenturbriefing umgesetzt, das als Grundlage für die Fortführung des Prozesses innerhalb der Branche dienen soll. Weitere Themen im HF, die für die Stärkung der Legitimationsfunktion relevant sind, bestehen in der Förderung des gesellschaftlichen Dialogs sowie dem Ausbau der Verbraucherkommunikation. Im Charta-Prozess steht dabei neben vielfältig sichtbaren Kommunikationsaktivitäten die Veranstaltungsreihe „Charta im Dialog“ beispielhaft für den konstruktiven Austausch und die branchen- und organisationsübergreifende Vernetzung von Akteuren.

# Anhang

## Anhang 1 Hemmnisse für das Bauen mit Holz

**Tabelle A1:** Hemmnisse für das Bauen mit Holz: Ergebnisübersicht aus dem Projekt „THG-Holzbau“

Nr.	Akronym	Bezeichnung
H1	Integrale Planung	Fehlender integraler Planungsprozess
H2	Holzbaustrategie	Fehlende nationale Holzbaustrategie
H3	Branchenkapazität	Fehlende Kapazität der klein- und mittelständischen Unternehmen zur Realisierung des mehrgeschossigen Holzbaus
H4	Aktuelle Normung	Widerspiegelung des neuesten Stands der Technik innerhalb der Normung
H5	Standardisierung	Fehlende Standardisierung innerhalb der Holzbauweise
H6	Integration TGA	Fehlende frühe Integration der technischen Gebäudeausrüstung (TGA)
H7	Umsetzung der MBO	Fehlende einheitliche Umsetzung der Musterbauordnung (MBO)
H8	Holzbau in GK5	Unzulässigkeit von Holzbau in GK5 innerhalb der meisten Landesbauordnungen (LBO)
H9	Muster-Holzbaurichtlinie	Einschränkungen und Unzulässigkeiten durch die M-HFH HolzR
H10	Biogene Dämmstoffe	Einschränkungen bei der Verwendbarkeit biogener Dämmstoffe
H11	Verwendbarkeitsnachweise	Notwendigkeit und Komplexität bei der Erstellung von Verwendbarkeitsnachweisen
H12	Klimaschutzbeitrag Nawaro	Geringe Berücksichtigung des klimapositiven Beitrags von nachwachsenden Rohstoffen (Nawaro) bei der Planung von Gebäuden
H13	EoL-Szenarien	Fehlende Szenarien-Entwicklung der weiteren Verwendung von Holzprodukten am Lebensende eines Gebäudes (End of Life-Szenarien)
H14	Fachkräftemangel	Spezifischer Fachkräftemangel aufgrund geringer Ausbildungsangebote für Architekten und Fachplaner im Holzbau
H15	Fachinformationsangebot	Geringe Informations-/Beratungsangebote zu Detail- und Ausführungslösungen für Fachplaner
H16	Weiterbildungsangebot	Geringe Informations-/Weiterbildungsmöglichkeiten nicht fachspezifischer Entscheidungsträger
H17	Emissionen im Innenraum	Fehlende Differenzierung zwischen natürlichen und synthetischen Emissionen aus Holzprodukten
H18	Forschungskoordination	Das Fehlen einer übergeordneten Institution zur Förderung/Koordination der Wissenschaft und Forschung im Holzbau
H19	Rohstoffverfügbarkeit	Unsichere Rohstoffverfügbarkeit aufgrund von Fehlallokation, geringer Kaskadennutzung und Transformation von Forst und Markt

Quelle: Hafner et al., 2017, S. 85 f.

## Anhang 2 Interviewleitfaden

### Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz – Interviewleitfaden

*Anmerkung: Bei der Durchführung der Interviews wurde der Leitfaden an den inhaltlichen Schwerpunkt und organisatorischen Hintergrund der Interviewpartner angepasst.*

#### Branchenentwicklung und marktliche Rahmenbedingungen

- 1) Holz im Baugewerbe verzeichnet seit der Wirtschaftskrise stetige Umsatzzuwächse. Der Bereich mehrgeschossiger Holzbauten gilt dabei als wichtiger zukünftiger Wachstumsmarkt. Inwiefern beobachten Sie vor diesem Hintergrund **Veränderungen in der Struktur der Branche**?
  - Veränderungen in der Kapazität zur Realisierung von mehrgeschossigen Projekten in der von KMU dominierten Branche? Wer ist Innovationstreiber?
  - Neue (auch „holzfremde“) Akteure? Rolle von Kooperationen?
  - Unterschiede im Wohngebäude-/Nichtwohngebäudebereich bzw. in Unterbereichen?
- 2) An den Stand der Technik angepasste Normen können die Anwendung von Holzbauprodukten erleichtern. Welche aktuellen **Entwicklungen in der Normung** betrachten Sie für den Holzbau als besonders relevant?
  - Veränderungen bei der Repräsentanz des Holzbaus?
  - Prioritärer Weiterentwicklungsbedarf?
- 3) Wie beurteilen Sie die Entwicklung der **Standardisierung innerhalb der Holzbauweise** in den letzten 5 Jahren?
- 4) Holzbauprojekte zeichnen sich im Vergleich zu konventionellen Bauweisen durch eine detailliertere Vorplanung aus. Inwiefern lässt sich am Markt eine **Anpassung von Planungsprozessen** an die Erfordernisse der Holzbauweise beobachten?
  - Rolle von Building Information Modelling (BIM)?
  - Anpassung von Leistungsphasen innerhalb der Honorarordnung für Architekten- und Ingenieurleistungen (HOAI)?
  - Welche Akteure sind bei der Einforderung holzbaugerechter Planungsprozesse am relevantesten?
  - Unterschiede zwischen privaten und öffentlichen Auftraggebern, oder Gebäudekategorien?
- 5) Was sind in Ihrer Erfahrung die wichtigsten Einflussfaktoren, die bestimmen ob und in welchem Umfang **Nachhaltigkeitskriterien bei Baumentscheidungen** miteinbezogen werden?
  - Wichtige Akteure?
- 6) Welche Maßnahmen sehen Sie als prioritär an, um mittel- bis langfristig die **Rohstoffverfügbarkeit** für das Bauen mit Holz sicherzustellen?

### Rechtliche und politische Rahmenbedingungen

- 7) Bei der Bauministerkonferenz Ende September wurde eine Anpassung der MBO vereinbart, um den Holzbau bis zur Hochhausgrenze zu vereinfachen. Bundesländer wie Baden-Württemberg, Berlin, Hamburg, Hessen und Nordrhein-Westfalen waren bei **Anpassungen der Landesbauordnungen** bereits vorausgegangen und haben dabei unterschiedliche Ansätze gewählt. Welche Erfahrungen haben Sie mit den geänderten Landesbauordnungen gemacht?
  - Einschätzung zur aktuellen Weiterentwicklung der Muster-Holzbaurichtlinie?
  - Herausforderung, bei Ausführungsbestimmungen praktikable Lösungen zu finden?
- 8) Was sind aus Ihrer Sicht prioritäre Ansätze, um die Berücksichtigung von **Klimaschutzwirkungen** bei Bauentscheidungen zu stärken?
  - Ökobilanzierung vs. holzspezifische Ansätze?
- 9) Welche Rahmenbedingungen haben in Ihrer Erfahrung den größten Einfluss darauf, ob die **Recyclingfähigkeit bzw. weitere Verwertbarkeit von Baustoffen** am Lebensende von Gebäuden bei Bauentscheidungen berücksichtigt werden?
- 10) Welche Erfahrungen haben Sie mit der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der **öffentlichen Beschaffung** von Bauleistungen gemacht?
  - Hemmnisse bei Verwaltungen/Auftragnehmern? Lösungsstrategien?
- 11) Wie hat sich aus Ihrer Sicht die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten des Bauens in **politischen Strategieprozessen** entwickelt?
  - Welche Akteure/Politikprozesse sind besonders relevant?
  - Veränderungen bei der Koordination zwischen Politikbereichen/Politikinstrumenten?

### Forschung, Aus- und Weiterbildung

- 12) Wie beurteilen Sie die **Koordination der Forschung im Holzbaubereich**?
  - Adressiert die Forschungsförderung relevante Themen? Wie wird der Zugang zu Informationen über aktuelle Forschungsergebnisse eingeschätzt?
- 13) Wie hat sich in den letzten 5 Jahren die Verfügbarkeit und Qualität von **Informations- und Beratungsangeboten** entwickelt?
  - Veränderung der Wissenslage bei eigenen Abteilungen bzw. Marktpartnern?
  - Rolle von Netzwerken?
  - Relevanz regionaler, nationaler bzw. Europäischer Initiativen?
- 14) Welche Maßnahmen sind für Sie prioritär, um eine ausreichende **Verfügbarkeit von Fachkräften** im Holzbaubereich sicherzustellen?

### Abschluss

- 15) Sind für Sie **weitere Änderungen in den Rahmenbedingungen** für Bauen mit Holz relevant, jenseits der bereits angesprochenen?

## Anhang 3 Übersicht der durchgeführten Experteninterviews

**Tabelle A2:** Übersicht der Interviewpartner

<b>Interviewpartner</b>	<b>Funktion und Organisation</b>
Prof. Ludger Dederich	Lehr- und Forschungsgebiet Holzbau, Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Dr. Stefan Diederichs	Fachreferent Nachhaltiges Bauen, Behörde für Umwelt und Energie der Freien und Hansestadt Hamburg
Bernd Gammerl	Referent im Referat Bauordnungsrecht, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg
Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner	Lehrstuhl für Ressourceneffizientes Bauen, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Christoph Jost	Geschäftsführer und Fachberater der proHolzBW GmbH
Henning Klattenhoff	Fachbereichsleiter Holzbauplanung, ASSMANN BERATEN + PLANEN AG
Holger König	Architekt, Geschäftsführer von Ascona – Gesellschaft für ökologische Projekte GbR, Geschäftsführer der LEGEP Software GmbH, Auditor nach DGNB und BNB
Georg Lange	Geschäftsführer des Bundesverbands Deutscher Fertigtbau e. V. (BDF)
Barbara Metz	Stellvertretende Bundesgeschäftsführerin der Deutschen Umwelthilfe e.V. (DUH)
Johannes Niedermeyer	Geschäftsführer des Holzbau Deutschland-Instituts e.V.
Hansjörg Pohlmeier	Manager des Holzbau-Clusters Rheinland-Pfalz
Erik Preuß	Leiter des Holzbauzentrums Nord (HBZ*Nord)
Prof. Eike Roswag-Klinge	Leiter des Natural Building Labs, Fachgebiet Konstruktives Entwerfen und Klimagerechte Architektur, Technische Universität Berlin, Institut für Architektur; Geschäftsführer von ZRS Architekten Ingenieure
Wolfgang Schäfer	Geschäftsführer Technik bei HOLZBAU Baden-Württemberg und Leiter des Bereichs Technik & Normung beim Deutschen Holzfertigtbau-Verband e. V.
Thomas Schwilling	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, Fachbereich Kreislaufwirtschaft und umweltverträgliche Beschaffung
Heiko Seen	Geschäftsführender Gesellschafter der HU-Holzunion GmbH
Manfred Stieglmeier	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Professur für Entwerfen und Holzbau, Technische Universität München, Fakultät für Architektur
Stefan Torno	Cluster-Management im Bereich Laubholzinnovationen, Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern gGmbH
Dr. Jan Wenker	Projektleiter für Forschung, Entwicklung, Innovation, Brüninghoff GmbH & Co. KG
Harald Wetzell	Leiter des Geschäftsbereichs Clusterinitiative Forst und Holz – Holzbau-Offensive – Technikum Laubholz, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Technische Universität München, Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt

## Literaturverzeichnis

- AG BAUEN MIT HOLZ IN STADT UND LAND (2019): Empfehlungen der Arbeitsgruppe Bauen mit Holz in Stadt und Land zur Novellierung der MBO und einheitlichen Umsetzung in Landesrecht, Arbeitsgruppe 1 Bauen mit Holz in Stadt und Land der Charta für Holz 2.0 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, URL: [https://www.charta-fuer-holz.de/fileadmin/charta-fuer-holz/dateien/aktivitaeten/Empfehlungen\\_Charta\\_AG\\_Bauen\\_zur\\_Umsetzung\\_MBO\\_in\\_Landesrecht.pdf](https://www.charta-fuer-holz.de/fileadmin/charta-fuer-holz/dateien/aktivitaeten/Empfehlungen_Charta_AG_Bauen_zur_Umsetzung_MBO_in_Landesrecht.pdf) [Abrufdatum: 14.04.2020].
- AGORA ENERGIEWENDE, WUPPERTAL INSTITUT (2019): Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement, Berlin.
- BAUGB: Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 587) geändert worden ist.
- BAUMINISTERKONFERENZ (2019a): Anhörung zum Entwurf der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 – M-HolzBauRL, Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), München.
- BAUMINISTERKONFERENZ (2019b): Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 – M-HolzBauRL (Stand des Entwurfs: 23.05.19).
- BBSR (2017): Aktuelle Trends der Wohnungsbautätigkeit in Deutschland – Wer baut wo welche Wohnungen?, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn.
- BDF (2019): Wirtschaftliche Lage der deutschen Fertigungsbauindustrie 2018. Bundesverband Deutscher Fertigungsbau e.V. (BDF), Bad Honnef, URL: <https://www.fertigungsbau.de/bdf/unsere-branchen/index.html#&panel1-1&panel2-1> [Abrufdatum: 12.02.2020].
- BECHER G (2016): Clusterstatistik Forst und Holz. Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2014, Thünen Working Paper 67, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- BEHÖRDE FÜR STADTENTWICKLUNG UND WOHNEN HAMBURG (2018): Bauprüfdienst (BPD) 2018-3. Bauen in Massivholzbauweise (BPD Massivholzbau), Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen, Amt für Bauordnung und Hochbau, Hamburg.
- BERGEK A, JACOBSSON S, CARLSSON B, LINDMARK S, RICKNE A (2008a): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37(3), 407-429.
- BERGEK A, JACOBSSON S, SANDÉN B A (2008b): 'Legitimation' and 'development of positive externalities': Two key processes in the formation phase of technological innovation systems. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5), 575-592.
- BGR (2019): Deutschland – Rohstoffsituation 2018, BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- BICK U (2016): Öffentliche Beschaffung von Holzprodukten in Deutschland. Stand der Regelung in Deutschland und der europäischen Weg. *Holz-Zentralblatt* 142(12), 323-324.
- BLAUER C, GREIFF R, HITTER S, KÖNIG H, MISSALLA-STEINMANN M, NOLD A, TICHELMANN K (2018): Nachwachsende Rohstoffe im Einkauf. Themenheft IV: Öffentliches Bauen & Sanieren, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prüzen.

- BMBF, BMEL (2020): Nationale Bioökonomiestrategie. Kabinettsversion, 15.01.2020, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).
- BMEL (2016a) Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin.
- BMEL (2016b) Wald und Rohholzpotenzial der nächsten 40 Jahre. Ausgewählte Ergebnisse der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2013 bis 2052, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin.
- BMEL (2017): Gemeinsamer Leitfaden zum Gemeinsamen Erlass zur Beschaffung von Holzprodukten vom 22. Dezember 2010 („Beschaffungserlass für Holzprodukte“) der am Erlass beteiligten Bundesministerien – Bek. d. BMEL v. 6.10.2017 – 534-62505/0005. *GMBI*, 2017, Nr. 41/42, S. 778.
- BMEL (2018a): Charta für Holz 2.0. Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen. 3. Auflage, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bonn.
- BMEL (2018b): Beschaffungsregeln der Bundesregierung für Holzprodukte. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin/Bonn, URL: [https://www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/03\\_Holz/\\_texte/Beschaffungsregeln-Holzprodukte.html](https://www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/03_Holz/_texte/Beschaffungsregeln-Holzprodukte.html) [Abrufdatum: 10.03.2020].
- BMEL (2019a): Deutschlands Wald im Klimawandel. Eckpunkte und Maßnahmen. Diskussionspapier zum Nationalen Waldgipfel, 25.09.2019, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin.
- BMEL (2019b): Illegaler Holzeinschlag. URL: [https://www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/Waldpolitik/\\_texte/IllegalerHolzeinschlag.html#2](https://www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/Waldpolitik/_texte/IllegalerHolzeinschlag.html#2) [Abrufdatum: 07.04.2020].
- BMEL (2020): Waldschäden: Bundesministerium veröffentlicht aktuelle Zahlen. Presseerklärung Nummer 40 vom 26. Februar 2020, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin.
- BMELV (2011): Waldstrategie 2020. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn.
- BMI (2018): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Informationsportal Nachhaltiges Bauen des BMI. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), Berlin. URL: <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- BMI (2019): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), Berlin.
- BMI (2020a): Die Wohnraumoffensive. URL: <https://www.die-wohnraumoffensive.de/home/> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- BMI (2020b): Normung zur Nachhaltigkeit im Bauwesen. Informationsportal Nachhaltiges Bauen des BMI. URL: <https://www.nachhaltigesbauen.de/normung-zur-nachhaltigkeit-im-bauwesen/grundlagen-und-ziele.html> [Abrufdatum: 01.04.2020].
- BMI (2020c): ÖKOBAUDAT. URL: <https://www.oekobaudat.de/> [Abrufdatum: 14.04.2020].
- BMUB (2016a): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin.
- BMUB (2016b): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Berlin.

- BMWi (2019a): Energieeffizienzstrategie 2050, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin.
- BMWi (2019b): Das neue Gebäudeenergiegesetz – kurz zusammen gefasst, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin.
- BMWi, BMU (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Berlin.
- BODEMER E, KLEINHENZ M, WINTER S (2017): HOMERA. Gesundheitliche Interaktion von Holz – Mensch – Raum. Abschlussbericht, DBU-Aktenzeichen 33277-25, Technische Universität München, München.
- BOEING N (2019): Holz: Stark wie ein Baum. ZEIT Wissen Nr. 5/2019 vom 20. August 2019. URL: <https://www.zeit.de/zeit-wissen/2019/05/holz-bauen-baeume-architektur-rohstoff-co2-klimaschutz> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- BRAKUS A (2015). *Hemmnisse beim Planen und Bauen von mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise (Masterarbeit)*. Technische Universität München.
- BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2020): Arbeitsmarktmonitor: Faktencheck zum Arbeitsmarkt. Thema: Ausbildungsmarktradar, Beruf: Zimmerer/Zimmerin, Region: Deutschland (alle Bundesländer), Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg. URL: <https://arbeitsmarktmonitor.arbeitsagentur.de/faktencheck/ausbildungsmarkt/karte/515/4010/0/F33/> [Abrufdatum: 10.04.2020]
- BUNDESRAT (2020): Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union. Gesetzentwurf der Bundesregierung. Drucksache des Bundesrats 88/20, 21.02.20.
- BUNDESREGIERUNG (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin.
- BUNDESREGIERUNG (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Fassung von Oktober 2019, Berlin.
- BVERFG (2009): Beschluss des Zweiten Senats vom 12. Mai 2009 - 2 BvR 743/01 -, Rn. (1-74). BVerfGE, 123(132 - 148).
- CARLSSON B, STANKIEWICZ R (1991): On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), 93-118.
- CHERET P, SCHWANER K (2013): Holzbausysteme – eine Übersicht, in: Cheret, P., Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt. Handbuch und Planungshilfe*. Dom Publishers, Berlin.
- CHERET P, SCHWANER K, SEIDEL A (Hrsg.) (2013): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt. Handbuch und Planungshilfe*, Dom Publishers, Berlin. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/> [Abrufdatum: 17.02.2020].
- CHIAPPINELLI O, ZIPPERER V (2017): Öffentliche Beschaffung als Dekarbonisierungsmaßnahme: Ein Blick auf Deutschland. *DIW Wochenbericht*, 84(49), 1125-1135.
- CONRADS A (2018): Landwirtschaftliche Gebäude aus Holz, *Präsentation bei der Fachtagung Landwirtschaftliches Bauen mit Holz, 20. Juni 2018, Dresden*.
- DATAHOLZ.EU (2020): Über dataholz.eu. Holzforschung Austria – Österreichische Gesellschaft für Holzforschung, Wien. URL: <https://www.dataholz.eu/ueber-dataholzeu.htm> [Abrufdatum: 29.02.2020].

- DEDERICH L (2013): Baurechtliche Hemmnisse und Ansatzpunkte zur Überwindung, in: Weimar, H. & Jochem, D. (Hrsg.): *Holzverwendung im Bauwesen - Eine Marktstudie im Rahmen der "Charta für Holz"*. Thünen Report 9. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- DEDERICH L (2018): Integrierter Klimaschutz im Bau? – Hemmnisse der gesetzlichen Rahmenbedingungen, in: DUH, Thünen-Institut für Holzforschung (Hrsg.): *Klimagerecht Bauen und Sanieren. Tagungsband zur Fachkonferenz am 22.03.2018*. Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH), Berlin.
- DEDERICH L (2019). Leitdetails für Konstruktionen in Holzbauweise in den Gebäudeklassen 4 und 5 gemäß der LBO BW (HolzbauRLBW), in: FORUM HOLZBAU (Hrsg.): *Bauen mit Holz im Urbanen Raum. Forum Holzbau Urban Köln, 12. Europäischer Kongress (EBH), 23.-24. Oktober in Köln*. Biel, 201-214.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2017): Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung. Drucksache des Deutschen Bundestags 18/12213, 03.05.2017.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2020): Entwurf eines Gesetzes zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude. Gesetzentwurf der Bundesregierung. Drucksache des Deutschen Bundestags 19/16716.
- DGNB, DUH (2018): Workshop I: Wie kann der Lebenszyklus von Bauprodukten rechtlich berücksichtigt werden? In: DUH, Thünen-Institut für Holzforschung (Hrsg.): *Klimagerecht Bauen und Sanieren. Tagungsband zur Fachkonferenz am 22.03.2018*. Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH), Berlin.
- DIEKMANN T (2019): Diskussion über Bauweisen: Klimarettter Holz? tagesschau24 vom 26. September 2019. URL: <https://www.tagesschau.de/inland/bauen-mit-holz-101.html> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- DIEPES C J, MÜLLER N D (2018): Klimarelevante Handlungsfelder in der verbindlichen Bauleitplanung – Nutzen deutsche Großstädte den ihnen zur Verfügung stehenden Handlungsspielraum für Klimaschutz und Klimaanpassung aus? *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht (ZfU)*, 41(3), 288–323.
- DR. DRESING & PEHL GMBH (2020): f4x Spracherkennung von Interviews (in Kooperation mit Fraunhofer IAIS). Marburg, URL: <https://www.audiotranskription.de/f4x> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- DUH (2019): Stellungnahme der Deutschen Umwelthilfe zum Gesetzesentwurf des Gesetzes zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden – Gebäudeenergiegesetz (GEG), Deutsche Umwelthilfe e. V. (DUH), Berlin.
- EDQUIST C (1997): Systems of innovation approaches – their emergence and characteristics, in: Edquist, C. (Hrsg.): *Systems of innovation. Technologies, institutions and organizations. Reprinted 2005*. Routledge, London/New York.
- EEA (2008): Effectiveness of environmental taxes and charges for managing sand, gravel and rock extraction in selected EU countries. EEA Report No 2/2008, European Environment Agency (EEA), Copenhagen.
- EU-BAUPVO Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates. ABl., L 088, 4.4.2011, S. 5.
- EUROPEAN COMMISSION (2016): *Buying green! A handbook on green public procurement*. 3. Auflage. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EUWID (2019): DGfM droht Holzbauförderung mit rechtlichen Schritten. Meldung vom 07.05.2019. EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH, Gernsbach, URL: <https://www.euwid-holz.de/news/holzprodukte/einzelansicht/Artikel/dgfm-droht-holzbaufoerderung-mit-rechtlichen-schritten.html> [Abrufdatum: 08.04.2020].

- FILIPPI M (2013a): Innenentwicklung von Städten als Marktperspektive für die Holzverwendung, in: Weimar, H. & Jochem, D. (Hrsg.): *Holzverwendung im Bauwesen – Eine Marktstudie im Rahmen der "Charta für Holz". Thünen Report 9*. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- FILIPPI M (2013b): Marketingaspekte der Holzverwendung im Bauwesen, in: Weimar, H. & Jochem, D. (Hrsg.): *Holzverwendung im Bauwesen – Eine Marktstudie im Rahmen der "Charta für Holz". Thünen Report 9*. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- FNR (2018a): Holzhauskonzepte, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prüzen.
- FNR (2018b): Charta für Holz 2.0. Statusbericht 2018, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow-Prüzen.
- FNR (2019a): Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prüzen.
- FNR (2019b): Charta für Holz 2.0. Statusbericht 2019, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow-Prüzen.
- FNR (2019c): Daten, Fakten & Hintergrundinformationen zur aktuellen Waldsituation. Nationaler Waldgipfel, 25.9.2019 in Berlin, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prüzen.
- FNR (2020a): Projektförderung: Aktuelle Förderaufrufe. URL: <https://www.fnr.de/projektfoerderung/aktuelle-foerderaufrufe/> [Abrufdatum: 14.04.2020].
- FNR (2020b): Charta Aktivitäten. URL: <https://www.charta-fuer-holz.de/charta-aktivitaeten/> [Abrufdatum: 14.04.2020].
- GARBRECHT G G (2019). Die Bildung einer Bieter- und Arbeitsgemeinschaft, in: FORUM HOLZBAU (Hrsg.): Bauen mit Holz im Urbanen Raum. Forum Holzbau Urban Köln, 12. Europäischer Kongress (EBH), 23.-24. Oktober in Köln. Biel, 215-222.
- GERYBADZE A, GREDEL D, GRESSE C (2011): Bedeutung der Materialforschung und Stand der Forschung im Bereich des Managements von Werkstoff-Innovationsprojekten, in: Bräutigam, K.-R. & Gerybadze, A. (Hrsg.): *Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber: Mit Beispielen aus der Materialforschung*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- GIURCA A, SPÄTH P (2017): A forest-based bioeconomy for Germany? Strengths, weaknesses and policy options for lignocellulosic biorefineries. *Journal of Cleaner Production*, 153, 51-62.
- GLÄSER J, LAUDEL G (2010): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. 4. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- GRÄFE M, WINTER S (2013): Baurechtliche Grundlagen für den mehrgeschossigen Holzbau, in: Cheret, P., Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt. Handbuch und Planungshilfe*. Dom Publishers, Berlin.
- GRÖGER J, STRATMANN B, BROMMER E (2015): Umwelt-und Kostenentlastung durch eine umweltverträgliche Beschaffung. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, Öko-Institut e.V., Freiburg/Berlin.
- HAFNER A (2017): How building with wood can be linked to sales of building plots: Results from an exemplary site development in Munich, Germany. *Sustainability*, 9, 947.
- HAFNER A, RÜTER S (2018): Method for assessing the national implications of environmental impacts from timber buildings – An exemplary study for residential buildings in Germany. *Wood and Fiber Science*, 50(Special Issue), 139-154.

- HAFNER A, RÜTER S, EBERT S, SCHÄFER S, KÖNIG H, CRISTOFARO L, DIEDERICH S, KLEINHENZ M, KRECHEL M (2017): Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau). Abschlussbericht Forschungsprojekt Waldklimafonds 28W-B-3-054-01, gefördert durch BMEL und BMUB. Ruhr-Universität Bochum, Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, Bochum.
- HAFNER A, SCHÄFER S (2018): Environmental aspects of material efficiency versus carbon storage in timber buildings. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76(3), 1045-1059.
- HEKKERT M P, NEGRO S O (2009): Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(4), 584-594.
- HEKKERT M P, SUURS R A A, NEGRO S O, KUHLMANN S, SMITS R E H M (2007): Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413-432.
- HELD T, WALTERSBACHER M (2015): Wohnungsmarktprognose 2030. BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2015, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn.
- HELLSMARK H, MOSSBERG J, SÖDERHOLM P, FRISHAMMAR J (2016): Innovation system strengths and weaknesses in progressing sustainable technology: The case of Swedish biorefinery development. *Journal of Cleaner Production*, 131, 702-715.
- HENNIG P, SCHNELL S, RIEDEL T (2019a): Produktivität der Wälder. *AFZ-DerWald*, 74(14), 28-31.
- HENNIG P, SCHNELL S, RIEDEL T (2019b): Rohstoffquelle Wald – Holzvorrat auf neuem Rekord. *AFZ-DerWald*, 74(14), 24-27.
- HEPPERLE F, MÜLLER M (2017): Welche Hemmnisse stehen einer nachhaltigeren öffentlichen Beschaffung im Wege – Ergebnisse einer empirischen Erhebung in Baden-Württemberg. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht (ZfU)*, 40(1), 30-58.
- HERMANN A (2019): Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. Aktualisierung Februar 2019. TEXTE 30/2019, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- HILLEBRANDT A (2018): Trend: Urban Mining. Auswirkungen auf Bauplanung und Materialität. *Präsentation bei Charta für Holz 2.0 im Dialog: „Mensch – Stadt – Land – Ressourcen: Wie wollen wir in Zukunft leben?“*, 11. Dezember 2018, Berlin.
- HMBKLISCHG: Hamburgisches Gesetz zum Schutz des Klimas (Hamburgisches Klimaschutzgesetz - HmbKliSchG) vom 20. Februar 2020. Fundstelle: HmbGVBl., 2020, S. 148.
- HOCHSCHULE FÜR FORSTWIRTSCHAFT ROTTENBURG (2020): Entwicklung einer Richtlinie für Konstruktionen in Holzbauweise in den GK 4 und 5 gemäß der LBO BW [HolzbauRLBW]. URL: <https://www.hs-rottenburg.net/forschung/projekte-schwerpunkte/forst-und-holzwirtschaft/aktuelle-projekte/> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- HÖGLMEIER K, WEBER-BLASCHKE G, RICHTER K (2017): Potentials for cascading of recovered wood from building deconstruction—A case study for south-east Germany. *Resources, Conservation and Recycling*, 117, 304-314.
- HOLZBAU-OFFENSIVE BADEN-WÜRTTEMBERG (2020): Weiterbildung und Informationen. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR), Stuttgart, URL: <https://www.holzbauffensivebw.de/de/p/massnahmen-landesregierung/weiterbildung-informationen-1087.html> [Abrufdatum: 14.04.2020].

- HOLZBAU BADEN-WÜRTTEMBERG BILDUNGSZENTRUM (2020). Gemeinnütziges Berufsförderungswerk des Baden-Württembergischen Zimmerer- und Holzbaugewerbes GmbH, Biberach an der Riß, URL: <https://zimmererzentrum.de/> [Abrufdatum: 07.04.2020].
- HOLZBAU DEUTSCHLAND (2018): Keine gesetzliche Verpflichtung zum Einbau der Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung (AFDD). Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V., Berlin. URL: [https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/keine\\_gesetzliche\\_verpflichtung\\_zum\\_einbau\\_der\\_fehlerlichtbogen\\_schutzeinrichtung\\_afdd/](https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/keine_gesetzliche_verpflichtung_zum_einbau_der_fehlerlichtbogen_schutzeinrichtung_afdd/) [Abrufdatum: 07.04.2020].
- HOLZBAU DEUTSCHLAND (2019a): Lagebericht Zimmerer/Holzbau 2019, Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V., Berlin.
- HOLZBAU DEUTSCHLAND (2019b): Koordinierungsstelle für Forschung und Entwicklung im Holzbau eingerichtet. Presseinformation vom 21.01.2019. URL: [https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/koordinierungsstelle\\_fuer\\_forschung\\_und\\_entwicklung\\_im\\_holzbau\\_eingerichtet/](https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/koordinierungsstelle_fuer_forschung_und_entwicklung_im_holzbau_eingerichtet/) [Abrufdatum: 28.02.2020].
- HOLZBAU DEUTSCHLAND (2020): Lagebericht und Statistiken URL: [https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/lagebericht\\_und\\_statistiken/](https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/lagebericht_und_statistiken/) [Abrufdatum: 17.03.2020].
- HURMEKOSKI E, JONSSON R, NORD T (2015): Context, drivers, and future potential for wood-frame multi-story construction in Europe. *Technological Forecasting and Social Change*, 99, 181-196.
- IFB HAMBURG (2020a): Energetische Modernisierung und Holzbau für Nichtwohngebäude. Förderrichtlinie für die energetische Modernisierung der Gebäudehülle, die Energieberatung und die Verwendung von Holz beim Neubau von Nichtwohngebäuden. Gültig ab 01. Mai 2019 (Stand 01.02.2020), Hamburgische Investitions- und Förderbank (IFB), Hamburg.
- IFB HAMBURG (2020b): Neubau von Mietwohnungen 2. Förderweg. Förderrichtlinie für Mietwohnungen in Mehrfamilienhäusern in Hamburg. Gültig ab 01. Januar 2020, Hamburgische Investitions- und Förderbank (IFB), Hamburg.
- INFORMATIONSDIENST HOLZ (2008): Holz als konstruktiver Baustoff. holzbau handbuch Reihe 4 Teil 1 Folge 1, Holzabsatzfonds. Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft, Bonn.
- INFORMATIONSDIENST HOLZ (2017): Konstruktive Bauprodukte aus europäischen Laubhölzern. spezial November 2017, Informationsverein Holz e. V., Düsseldorf.
- INFORMATIONSDIENST HOLZ (2019): Brandschutzkonzepte für mehrgeschossige Gebäude und Aufstockungen. holzbau handbuch, Reihe 5, Teil 2, Folge 2, Holzbau Deutschland - Institut e.V., Berlin.
- IÖR (2020): Bauwerksdaten: Nichtwohngebäude. Informationsportal Bauwerksdaten des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung e. V., URL: <http://ioer-bdat.de/bauwerksdaten/nichtwohngebaeude/> [Abrufdatum 17.03.2020].
- JACOBSSON S, BERGK A (2011): Innovation system analyses and sustainability transitions: Contributions and suggestions for research. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1, 41–57.
- JACOBSSON S, LAUBER V (2006): The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy*, 34(3), 256-276.
- JAFFE A B, NEWELL R G, STAVINS R N (2005): A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological Economics*, 54(2–3), 164-174.

- JOCHEM D, JANZEN N, WEIMAR H (2016): Estimation of own and cross price elasticities of demand for wood-based products and associated substitutes in the German construction sector. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1216-1227.
- KAISER R (2014): *Qualitative Experteninterviews. Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung*. Springer VS, Wiesbaden.
- KAUFMANN H, NERDINGER W (Hrsg.) (2016): *Bauen mit Holz - Wege in die Zukunft*, Prestel Verlag, München.
- KAUFMANN H, KRÖTSCH S, WINTER S (2017a): *Atlas Mehrgeschossiger Holzbau*. Detail, München.
- KAUFMANN H, HUß W, SCHUSTER S, STIEGLMEIER M, GEIER S, LATTKE F (2017b): leanWOOD. Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise, Technische Universität München, Professur für Entwerfen und Holzbau, München.
- KAUFMANN H, SCHUSTER S, STIEGLMEIER M, AMMER C, LATTKE F, AICHER A, PRAUSE G (2019): Holz&BIM - Building Information Modelling (BIM) als Planungsmethode im modernen Holzbau – eine Standortbestimmung zur Identifizierung von Anforderungen und Hemmnissen. Schlussbericht Forschungsprojekt 22001818, gefördert durch das BMEL, Technische Universität München, Professur für Entwerfen und Holzbau, München.
- KfW (2019): KfW-Mittelstandspanel 2019. Jährliche Analyse zur Struktur und Entwicklung des Mittelstands in Deutschland, KfW Bankengruppe, Abteilung Volkswirtschaft, Frankfurt am Main.
- KfW (2020a): Merkblatt Energieeffizient Bauen. Bauen, Wohnen, Energie sparen. KfW, Frankfurt am Main. URL: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000003464\\_M\\_153.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003464_M_153.pdf) [Abrufdatum: 25.03.2020].
- KfW (2020b): Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Baubegleitung. URL: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-Baubegleitung-\(431\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-Baubegleitung-(431)/) [Abrufdatum: 25.03.2020].
- KIWUH (2020): Projekte zu Holz und Gesundheit. Ausgewählte Forschungsvorhaben. Kompetenz- und Informationszentrum Wald und Holz (KIWUH), Gülzow-Prüzen, URL: <https://www.kiwuh.de/wald-und-holz/der-rohstoff-holz/holz-gesundheit/projekte-zu-holz-und-gesundheit/> [Abrufdatum: 07.04.2020].
- KLATTENHOFF H (2019): Holzbausysteme, Baurecht, Hamburger Weg, *Präsentation bei der Holzbau Summer School des Holzbau-Netzwerk Nord e.V., 25. September 2019, Hamburg*.
- KLEINHENZ M, WINTER S, DIETSCH P (2016): Eurocode 5 – A halftime summary of the revision process, *Paper presented at the World Conference on Timber Engineering (WCTE), 22.-25. August 2016, Vienna*.
- KLINGE A, ROSWAG-KLINGE E, RADELJIC L, LEHMANN M (2019): Strategies for circular, prefab buildings from waste wood. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225, 012052.
- KNAUF M, HUNKEMÖLLER R, FRIEDRICH S, BORCHERT H, BAUER J, MAI W (2016): Clusterstudie Forst, Holz und Papier in Bayern 2015, Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern gGmbH, Freising.
- KOHAUS M, STIEGLMEIER M (2019). dataholz.eu - Bibliothek für Bauteile, Baufügungen und Referenzprojekte, in: FORUM HOLZBAU (Hrsg.): Bauen mit Holz im Urbanen Raum. Forum Holzbau Urban Köln, 12. Europäischer Kongress (EBH), 23.-24. Oktober in Köln. Biel, 89-104.
- KÖNIG H (2017): Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden. Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten. Endbericht im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt und des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie. Ascona GbR, Gröbenzell.
- KREISLAUFWIRTSCHAFT BAU (2018): Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016, Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e. V. , Berlin.

- KRISTOF K, SCHMITT M, VON GEIBLER J, LIPPERT F (2007): Zukunfts-Check HolzBau. Ökonomische, soziale und ökologische Erfolgsfaktoren für Unternehmen der Wertschöpfungskette „Bauen und Sanieren mit Holz“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal.
- KRWG Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist.
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN (2017): Förderrichtlinien für das Zuschussprogramm in der Ökologischen Mustersiedlung im Prinz-Eugen-Park. Beschluss der Vollversammlung des Stadtrates vom 21. Oktober 2015, geändert mit Beschluss der Vollversammlung des Stadtrates vom 17.05.2017, Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung, München.
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN (2018): Münchner Förderprogramm Energieeinsparung. Richtlinienheft gültig ab 01.04.2019. Stand 18.12.2018, Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt, München.
- LANDTAG BADEN-WÜRTTEMBERG (2014): Gesetz zur Änderung der Landesbauordnung für Baden-Württemberg vom 11. November 2014. *Gesetzblatt für Baden-Württemberg*, (20), 501-506.
- LAZAREVIC D, KAUTTO P, ANTIKAINEN R (2020): Finland's wood-frame multi-storey construction innovation system: Analysing motors of creative destruction. *Forest Policy and Economics*, 110, 101861.
- LICHTENBERG A, HAGEDORN A, RUDOLPH K (2015): Clusterprozesse in der Bioökonomie. Eine Bestandsaufnahme in den Bereichen Logistik und SCM, Innovations-, Marketing- und Clustermanagement von ausgewählten Bioökonomie-Clustern. HHL Working Paper No. 149, HHL Leipzig Graduate School of Management, Leipzig.
- LIG HAMBURG (2019): Immobilienangebot „Neu-Allermöhe bezahlbares Wohnen (8,00 EUR m<sup>2</sup>) am Fleet“, Landesbetrieb Immobilienmanagement und Grundvermögen (LIG) Hamburg, Hamburg.
- LUDWIG G, GAWEL E (2017): Primärbaustoffsteuern auf Baumineralien – ein ökonomisches Instrument zur Steigerung der Ressourceneffizienz im Bausektor. *Deutsches Verwaltungsblatt*, 132(23), 1468-1474.
- LUDWIG G, PURKUS A, PANNICKE N, GAWEL E (2017): Bauen mit Holz als Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz – Status quo des Rechtsrahmens und Gestaltungsvorschläge. *Die Öffentliche Verwaltung (DÖV)*, 70(23), 985-995.
- LUNDVALL B-A (1992): *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers, London.
- M-HFHOLZR 2004: Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFHolzR (Fassung Juli 2004).
- MAHLER B, IDLER S, GANTNER J (2019): Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung. Endbericht, im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik, Fraunhofer IBP, Stuttgart.
- MANTAU U, DÖRING P, HILLER D (2013): Holzeinsatz im Bauwesen – Verwendungsstrukturen nach Gebäuden und Gewerken, in: Weimar, H. & Jochem, D. (Hrsg.): *Holzverwendung im Bauwesen – Eine Marktstudie im Rahmen der "Charta für Holz"*. *Thünen Report 9*. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- MANTAU U, DÖRING P, WEIMAR H, GLASENAPP S (2018): Rohstoffmonitoring Holz. Mengenmäßige Erfassung und Bilanzierung der Holzverwendung in Deutschland. Schriftreihe nachwachsende Rohstoffe 38, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prüzen.
- MBO (2002): Musterbauordnung – MBO – Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016.

- MEO CARBON SOLUTIONS (2014): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe 34, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prüzen.
- MIL BRANDENBURG (2020): Gesetz zur Änderung der Brandenburgischen Bauordnung. Gesetzentwurf der Landesregierung, Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung (MIL) Brandenburg, Potsdam.
- MINDBAURL: Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie - MIndBauRL). Stand: Mai 2019, *Amtliche Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) 2019/2*, Ausgabe: 13. November 2019.
- MKULNV NRW (2015): Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen. Klimaschutz und Klimafolgenanpassung, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- MLR BADEN-WÜRTTEMBERG (2018): Holzbau-Offensive Baden-Württemberg, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Stuttgart.
- MOSTOVOVA E, HETZE P (2018): Hochschul-Barometer. Lage und Entwicklung der Hochschulen aus Sicht ihrer Leitungen, Ausgabe 2018, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V., Essen.
- MVV TB: Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB). Ausgabe 2019/1. *Amtliche Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) 2019/1*, Ausgabe: 15. Januar 2020.
- NEUBAUER-LETSCH B, TARTSCH K, GERTISER C (2014): Erfahrungen bei Grossprojekten in Holzbauweise. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Aktionsplan Holz, Berner Fachhochschule, Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur, Biel.
- NEUHOFF K, CHIAPPINELLI O (2018): Klimafreundliche Herstellung und Nutzung von Grundstoffen: Bündel von Politikmaßnahmen notwendig. *DIW Wochenbericht*, 85(26), 575-583.
- NEUHOFF K, STEDE J, ZIPPERER V, HAUSSNER M, ISMER R (2016): Ergänzung des Emissionshandels: Anreize für einen klimafreundlicheren Verbrauch emissionsintensiver Grundstoffe. *DIW Wochenbericht*, 83(27), 575-582.
- NIEDERMEYER J (2019). Verwendbarkeitsnachweise für Holzbausysteme im Geschosswohnungsbau, in: FORUM HOLZBAU (Hrsg.): Bauen mit Holz im Urbanen Raum. Forum Holzbau Urban Köln, 12. Europäischer Kongress (EBH), 23.-24. Oktober in Köln. Biel, 159-166.
- OECD (2019): Öffentliche Vergabe in Deutschland: Strategische Ansatzpunkte zum Wohl der Menschen und für wirtschaftliches Wachstum, OECD Publishing, Paris.
- OHNESORGE D, RICHTER P, ROSWAG-KLINGE E, BARTHMUSS K, KLINGE A (2019): Marktstudie zum öffentlichen Bauen mit dem nachwachsenden Baustoff Holz in Berlin, Landesbeirat Holz Berlin-Brandenburg e. V; Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, Berlin.
- ORLOWSKI M (2019). Haftung der Arbeitsgemeinschaft, in: FORUM HOLZBAU (Hrsg.): Bauen mit Holz im Urbanen Raum. Forum Holzbau Urban Köln, 12. Europäischer Kongress (EBH), 23.-24. Oktober in Köln. Biel, 223-230.
- PANNICKE N, GAWEL E, HAGEMANN N, PURKUS A, STRUNZ S (2015): The political economy of fostering a wood-based bioeconomy in Germany. *German Journal of Agricultural Economics*, 64, 224-243.
- PORTER M E (1998): *On Competition*. Harvard Business School Press, Boston.
- PROHOLZ BW (2020): NUTZwerkHOLZ. proHolz BW GmbH, Ostfildern, URL: <http://www.proholzbw.de/partnerschaft/nutzwerkholz/> [Abrufdatum: 07.04.2020].

- PURKUS A, HAGEMANN N, BEDTKE N, GAWEL E (2018): Towards a sustainable innovation system for the German wood-based bioeconomy: Implications for policy design. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3955-3968.
- PURKUS A, LÜDTKE J, BECHER G, JOCHEM D, POLLEY H, RÜTER S, WEIMAR H, MAACK C (2019a): Charta für Holz 2.0 – Kennzahlenbericht 2019 Forst & Holz, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prüzen.
- PURKUS A, LÜDTKE J, BECHER G, DIETER M, JOCHEM D, LEHNEN R, LIESEBACH M, POLLEY H, RÜTER S, SCHWEINLE J, WEIMAR H, WELLING J (2019b): Evaluation der Charta für Holz 2.0: Methodische Grundlagen und Evaluationskonzept, Thünen-Report 68, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- RADDE C-A (2006): 1. Juni 2006 – Ein Jahr Umsetzung der Abfallablagereverordnung/TA Siedlungsabfall. Eine Bestandsaufnahme aus Bundessicht. *Müll und Abfall*, 38(6), 284-289.
- RAMMER C, BEHRENS V, DOHERR T, KRIEGER B, PETERS B, SCHUBERT T, TRUNSCHKE M, VON DER BURG J (2020): Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2019, Mannheim.
- RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (2019): Was Berlin in Sachen nachhaltiger Beschaffung unternimmt. Rat für Nachhaltige Entwicklung, Berlin. URL: <https://www.nachhaltigkeitsrat.de/aktuelles/was-berlin-in-sachen-nachhaltiger-beschaffung-unternimmt/> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- REIN S (2020): Bericht zur Lage und Perspektive der Bauwirtschaft 2020. BBSR-Analysen KOMPAKT 02/2020, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn.
- RICHTER K, LAUTENSCHLÄGER L (2018): Urban Mining – schöne Theorie, aber wie praktisch umsetzen? Altholzmanagement in der urbanen Infrastruktur. Optionen für die Erhöhung der Ressourceneffizienz. *Präsentation bei Charta für Holz 2.0 im Dialog: „Mensch – Stadt – Land – Ressourcen: Wie wollen wir in Zukunft leben?“*, 11. Dezember 2018, Berlin.
- RIEDEL T, HENNIG P (2019): Wald- und Holzbodenfläche unverändert. *AFZ-DerWald*, 74(14), 22-23.
- RÜTER S (2019): Klimaschutz und Steigerung der Ressourceneffizienz im BNB. *Präsentation bei der 30. Sitzung Runder Tisch Nachhaltiges Bauen*, 27. November 2019. Berlin.
- SCHIMMELPFENNIG S, HEIDECHE C, BEER H, BITTNER F, KLAGES S, KRENGEL S, LANGE S (2018): Klimaanpassung in Land- und Forstwirtschaft: Ergebnisse eines Workshops der Ressortforschungsinstitute FLI, JKI und Thünen-Institut, Thünen Working Paper, No. 86, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- SCHMITZ F (2019): Herausragendes aus der Kohlenstoffinventur 2017. *AFZ-DerWald*, 74(14), 34-36.
- SCHORMÜLLER A-K (2014): Klimaschutz und Beschaffung – Potenziale und Handlungsansätze für Kommunen, in: Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz beim Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) (Hrsg.): *Klimaschutz & Beschaffung. Praktische Ansätze für Kommunen zur Förderung einer klimafreundlichen Beschaffung*. Köln.
- SEINTSCH B (2013): Cluster Forst und Holz nach neuer Wirtschaftszweigklassifikation. Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2011, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- SENÜVK BERLIN (2018): Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 (BEK 2030). Umsetzungszeitraum 2017 bis 2021. Konsolidierte Fassung, Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, Berlin.
- STATISTIK DER BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2018a): Seit Beginn des Berichtsjahres gemeldete Berufsausbildungsstellen. Sonderauswertung, Oktober 2018, Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg.
- STATISTIK DER BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2018b): Bestand und Abgang an sozialversicherungspflichtigen Arbeitsstellen nach ausgewählten Wirtschaftsunterklassen der WZ 2008 mit Anforderungsniveau Fachkraft, Spezialist, Experte. Sonderauswertung, September 2018, Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg.

- STATISTIK DER BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2019a): Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt – Fachkräfteengpassanalyse, Statistik/Arbeitsmarktberichterstattung der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg.
- STATISTIK DER BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2019b): Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt – Situation am Ausbildungsmarkt, Statistik/Arbeitsmarktberichterstattung der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018): Bautätigkeit – Fachserie 5 Reihe 1 – 2017. Statistisches Bundesamt (Destatis), URL: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bauen/BautatigkeitWohnungsbau/Bautatigkeit.html> [Abrufdatum: 28.08.2018].
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2019a): Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff – Lange Reihen von 2000 bis 2018. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautatigkeit/baufertigstellungen-baustoff-pdf-5311202.html> [Abrufdatum: 17.01.2020].
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2019b): Baugenehmigungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden nach überwiegend verwendetem Baustoff – Lange Reihen von 1980 bis 2018. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautatigkeit/baugenehmigungen-baustoff-pdf-5311107.html> [Abrufdatum: 17.01.2020].
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2020): Produzierendes Gewerbe. Tätige Personen und Umsatz der Betriebe im Baugewerbe. Fachserie 4 Reihe 5.1. URL: [https://www.destatis.de/GPStatistik/receive/DESerie\\_serie\\_0000067](https://www.destatis.de/GPStatistik/receive/DESerie_serie_0000067) [Abrufdatum: 31.03.2020].
- TUM (2020a): Bauordnungsrechtliche Verwendbarkeit von brennbaren Baustoffen in Deutschland. Technische Universität München (TUM), Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, München, URL: [https://www.bgu.tum.de/fileadmin/w00blj/timpuls/200107\\_ml\\_te\\_Anforderungen\\_bg.pdf](https://www.bgu.tum.de/fileadmin/w00blj/timpuls/200107_ml_te_Anforderungen_bg.pdf) [Abrufdatum: 25.03.2020].
- TUM (2020b): TIMpuls. Brandschutztechnische Grundlagenuntersuchung zur Fortschreibung bauaufsichtlicher Regelungen in Hinblick auf eine erweiterte Anwendung des Holzbaus. Technische Universität München (TUM), Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, München, URL: <https://www.bgu.tum.de/timpuls/startseite/> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- THÜNEN-INSTITUT FÜR INTERNATIONALE WALDWIRTSCHAFT UND FORSTÖKONOMIE (2019a): Clusterstatistik Forst & Holz. URL: <https://www.thuenen.de/de/wf/zahlen-fakten/produktion-und-verwendung/clusterstatistik-forst-holz/> [Abrufdatum: 24.02.2020].
- THÜNEN-INSTITUT FÜR INTERNATIONALE WALDWIRTSCHAFT UND FORSTÖKONOMIE (2019b): Holzeinschlag und Rohholzverwendung. URL: <https://www.thuenen.de/de/wf/zahlen-fakten/produktion-und-verwendung/holzeinschlag-und-rohholzverwendung/> [Abrufdatum: 14.04.2020].
- TICHELMANN K U (2015): Wirtschaftliches Bauen mit Holz, in: Informationsdienst Holz (Hrsg.): *Holzbau für kommunale Aufgaben. INFORMATIONSDIENST HOLZ spezial*. Kooperatives Marketing – Holzbau Deutschland Leistungspartner, Berlin.
- TICHELMANN K U, BLOME D, RINGWALD T, GÜNTHER M, GROß K (2019): Deutschlandstudie 2019. Wohnraumpotenziale in urbanen Lagen. Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden, Technische Universität Darmstadt; ISP Eduard Pestel Institut für Systemforschung e.V.; VHT Institut für Leichtbau, Trockenbau, Holzbau, Darmstadt/Hannover.
- TICHELMANN K U, GROß K, GÜNTHER M (2016): Deutschland-Studie 2015. Wohnraumpotentiale durch Aufstockungen, Technische Universität Darmstadt; ISP Eduard Pestel Institut für Systemforschung e.V., Darmstadt/Hannover.

- TRIPLEWOOD.EU (2020): Triple Wood – Nachhaltige Holzbaukultur im Alpenraum. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg, Stuttgart, URL: <https://www.triplewood.eu/de> [Abrufdatum: 14.04.2020].
- UMWELTBUNDESAMT (2018): EU-Recht für Bauprodukte. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/bauprodukte/eu-recht-fuer-bauprodukte> [Abrufdatum: 31.03.2020].
- UMWELTBUNDESAMT (2019a): Abfallaufkommen. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall> [Abrufdatum: 14.04.2020].
- UMWELTBUNDESAMT (2019b): Verwertung und Entsorgung ausgewählter Abfallarten: Bauabfälle. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/bauabfaelle#verwertung-von-bau-und-abbruchabfallen> [Abrufdatum: 01.04.2020].
- UMWELTBUNDESAMT (2020): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2018. Stand EU-Submission: 15.01.2020. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen> [Abrufdatum: 14.04.2020].
- VAN LANCKER J, WAUTERS E, VAN HUYLENBROECK G (2016): Managing innovation in the bioeconomy: An open innovation perspective. *Biomass and Bioenergy*, 90, 60-69.
- VOL/A: Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen – Teil A (VOL/A). Ausgabe 2009 vom 20. November 2009, BAnz. Nr. 196a vom 29. Dezember 2009.
- VwVBU (2019): Zweite Verwaltungsvorschrift zur Änderung der Verwaltungsvorschrift für die Anwendung von Umweltschutzanforderungen bei der Beschaffung von Liefer-, Bau- und Dienstleistungen (Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU) vom 8. Januar 2019. Anhang 1: Umweltschutzanforderungen bei der Beschaffung (Leistungsblätter).
- WBAE, WBW (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten, Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz beim BMEL (WBAE); Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (WBW), Berlin.
- WBW (2018): Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in Gebäuden im Einklang mit der Rohstoffverfügbarkeit – Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates Waldpolitik. Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (WBW), Berlin.
- WEBER K M, ROHRACHER H (2012): Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive ‘failures’ framework. *Research Policy*, 41(6), 1037-1047.
- WEHRMANN W, TORNO S (2015): Laubholz für tragende Konstruktionen. Zusammenstellung zum Stand von Forschung und Entwicklung, Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern gGmbH, Freising.
- WEIMAR H (2018): Holzbilanzen 2015 bis 2017 für die Bundesrepublik Deutschland und Neuberechnung der Zeitreihe der Gesamtholzbilanz ab 1995, Thünen Working Paper 101, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- WIECZOREK A J, HEKKERT M P (2012): Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39, 74-87.
- WINKEL G (Hrsg.) (2017): Towards a sustainable European forest-based bioeconomy – assessment and the way forward, What Science Can Tell Us 8, European Forest Institute (EFI), Joensuu, Finland.

- WINTER S (2013): Brandschutz im Holzbau, in: Cheret, P., Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt. Handbuch und Planungshilfe*. Dom Publishers, Berlin.
- WINTER S, DIETSCH P (2011): Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauwerken. *Bauingenieur* 86(7/8), 348–355.
- WINTER S, LECHNER M, KÖHLER C, BRECH J, SEGERS M, SCHÜHLE C, NIEMANN A, KAUFMANN H, LAUSS L, SCHÖNER J, GRAMM R, GANTNER J, KIRMAYR T, SCHÄLLER S, FLEISCHMANN S, HERMANN F, BERGHOFER E, AUER T, FRENKLER F (2019): Bauen mit Weitblick – Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- WOLF A, RÜTER S (2019a): Stärkung nachwachsender Rohstoffe am Dämmstoffmarkt. Ergebnisbroschüre, Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH); Thünen-Institut für Holzforschung, Berlin; Hamburg.
- WOLF A, RÜTER S (2019b): Weiterentwicklung der KfW-Förderung – Graue Energie von Bauprodukten berücksichtigen. FactSheet, Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH); Thünen-Institut für Holzforschung, Berlin; Hamburg.
- ZEW (2020): ZEW-Branchenreport Innovation. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim, URL: <https://www.zew.de/de/publikationen/zew-gutachten-und-forschungsberichte/forschungsberichte/innovationen/zew-branchenreport-innovation/> [Abrufdatum: 28.02.2020].

# Thünen Report

Bereits in dieser Reihe erschienene Hefte – *Volumes already published in this series*

1 - 60	siehe <a href="http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/">http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/</a>
61	Meike Hellmich <b>Nachhaltiges Landmanagement vor dem Hintergrund des Klimawandels als Aufgabe der räumlichen Planung - Eine Evaluation im planerischen Mehrebenensystem an den Beispielen der Altmark und des Landkreises Lüchow-Dannenberg</b>
62	Bernd Degen, Konstantin V. Krutovsky, Mirko Liesebach (eds.) <b>German Russian Conference on Forest Genetics - Proceedings - Ahrensburg, 2017 November 21-23</b>
63	Jutta Buschbom <b>Exploring and validating statistical reliability in forensic conservation genetics</b>
64	Anna Jacobs, Heinz Flessa, Axel Don, Arne Heidkamp, Roland Prietz, René Dechow, Andreas Gensior, Christopher Poeplau, Catharina Riggers, Florian Schneider, Bärbel Tiemeyer, Cora Vos, Mareille Wittnebel, Theresia Müller, Annelie Säurich, Andrea Fahrion-Nitschke, Sören Gebbert, Rayk Hopfstock, Angélica Jaconi, Hans Kolata, Maximilian Lorbeer, Johanna Schröder, Andreas Laggner, Christian Weiser, Annette Freibauer <b>Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung</b>
65	Jörn Sanders, Jürgen Heß (Hrsg.) <b>Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft</b>
66	Patrick Küpper, Jan Cornelius Peters <b>Entwicklung regionaler Disparitäten hinsichtlich Wirtschaftskraft, sozialer Lage sowie Daseinsvorsorge und Infrastruktur in Deutschland und seinen ländlichen Räumen</b>
67	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß <b>Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2017 Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2017</b>
68	Alexandra Purkus, Jan Lüdtko, Georg Becher, Matthias Dieter, Dominik Jochem, Ralph Lehnen, Mirko Liesebach, Heino Polley, Sebastian Rüter, Jörg Schweinle, Holger Weimar, Johannes Welling <b>Evaluation der Charta für Holz 2.0: Methodische Grundlagen und Evaluationskonzept</b>
69	Andreas Tietz <b>Bodengebundene Einkommensteuern in einer strukturschwachen ländlichen Gemeinde</b>
70	Susanne Kaul, Stefan Lange (Hrsg.) <b>Politische Ziele und ästhetische Strategien von Umweltdokumentarfilmen Eine interdisziplinäre Annäherung</b>
71	Thomas Schmidt, Felicitas Schneider, Dominik Leverenz, Gerold Hafner <b>Lebensmittelabfälle in Deutschland – Baseline 2015 –</b>
72	Friederike Mennicke, Martin Ohlmeyer, Vera Steckel, Jörg Hasener, Julia Borowka, Joachim Hasch <b>Entwicklung einer Prüfmethode für die schnelle Bestimmung von VOC aus Holzprodukten zur frühzeitigen Ableitung des langfristigen Emissionsverhaltens und Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Holzwerkstoffen</b>



- 73** Thomas Schmidt, Sandra Baumgardt, Antonia Blumenthal, Bernhard Burdick, Erika Claupein, Walter Dirksmeyer, Gerold Hafner, Kathrin Klockgether, Franziska Koch, Dominik Leverenz, Marianne Lörchner, Sabine Ludwig-Ohm, Linda Niepagenkemper, Karoline Owusu-Sekyere, Frank Waskow  
**Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen - Pathways to reduce food waste (REFOWAS)**  
 Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen - Volume 1
- 73** Thomas Schmidt, Sandra Baumgardt, Antonia Blumenthal, Bernhard Burdick, Erika Claupein, Walter Dirksmeyer, Gerold Hafner, Kathrin Klockgether, Franziska Koch, Dominik Leverenz, Marianne Lörchner, Sabine Ludwig-Ohm, Linda Niepagenkemper, Karoline Owusu-Sekyere, Frank Waskow  
**Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen - Pathways to reduce food waste (REFOWAS)**  
 Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen - Volume 2 (Anhang)
- 74** Jan T. Benthien, Susanne Gäckler, Martin Ohlmeyer  
**Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Durchtrittbeständigkeit von Pferdebox-Ausfachungsbohlen sowie Entwicklung von Alternativen zu derzeit verwendeten Ausfachungsmaterialien für den Bau von Pferdeboxen**
- 75** Sophie Drexler, Gabriele Broll, Axel Don, Heinz Flessa  
**Standorttypische Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden Deutschlands**
- 76** Mirko Liesebach (ed.)  
**Forstpflanzenzüchtung für die Praxis, 6. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 16. bis 18. September 2019 in Dresden, Tagungsband**
- 77** Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß  
**Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2018**  
**Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2018**
- 78** Alexandra Purkus, Jan Lüdtko, Dominik Jochem, Sebastian Rüter, Holger Weimar  
**Entwicklung der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Deutschland: Eine Innovationssystemanalyse im Kontext der Evaluation der Charta für Holz 2.0**





THÜNEN

### **Thünen Report 78**

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

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

ISBN 978-3-86576-213-9



9 783865 762139