

# Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden

Beitrag des Holzbaus zum Klimaschutz - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt »THG-Holzbau«

Prof. Dr.-Ing. Annette\* Hafner, Bochum,  
Dr. Sebastian Rüter\*\*, Hamburg

Der Bausektor ist für einen Großteil unseres Ressourcenverbrauchs und unserer Treibhausgasemissionen verantwortlich. Deshalb kann der Bausektor dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen deutlich zu senken. Obwohl neue Gebäude durch die Verschärfung der Energieeffizienzverordnung immer energieeffizienter im Gebäudebetrieb wurden, werden weitere Energieeinsparungen im Gebäudebetrieb nicht ausreichen, um die in den Klimaschutzvereinbarungen festgelegten Reduktionsziele zu erreichen. Deshalb rückt der Kohlenstoff-Fußabdruck der Baumaterialien in den Mittelpunkt des Interesses.

Nicht zuletzt aufgrund der Anrechenbarkeit der stofflichen Nutzung von Holz seit der 2. Verpflichtungsperiode unter dem Kyoto-Protokoll ist die Verwendung von Holz im Bausektor für den Klimaschutz interessant geworden. Der vermehrte Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen kann wesentlich dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen des Bausektors langfristig zu senken.

Das durch den Waldklimafonds des BMEL / BMUB geförderte Forschungsprojekt „THG-Holzbau“ setzt genau hier an. Es wurde von der Arbeitsgruppe „Ressourceneffizientes Bauen“ an

\*Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner (annette.hafner@rub.de) ist Architektin und Junior-Professorin für ressourceneffizientes Bauen an der Ruhr-Universität Bochum.  
\*\*Dr. Sebastian Rüter (sebastian.rueter@thuenen.de) ist Dipl.-Forstingenieur und leitet den Arbeitsbereich „Auswirkungen der Holznutzung auf Umwelt und Klima“ am Thünen-Institut für Holzfor-

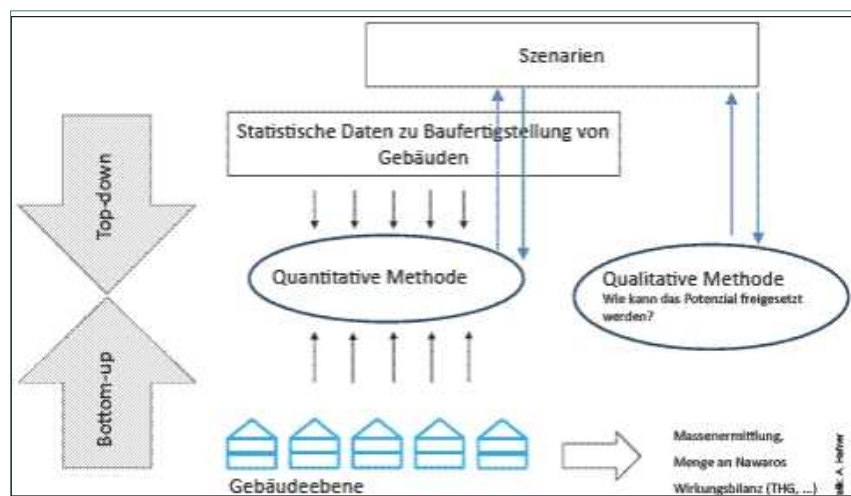


Abbildung 1 Verknüpfung der Bearbeitungsebenen und methodische Vorgehensweise  
Grafik: A. Hafner

der Ruhr-Universität Bochum, dem Arbeitsbereich „Auswirkungen der Holznutzung auf Umwelt und Klima“ des Thünen-Instituts für Holzfor-

## Ansatz und Umfang des Projekts „THG-Holzbau“

Das Forschungsprojekt „THG-Holzbau“ [1] stellt dar, welchen Einfluss Bauen mit Holz im Rahmen des Klimaschutzes auf nationaler Ebene haben kann. Hierzu wurden Ökobilanzdatensätze zur Beschreibung der ökologischen Qualität von Holzhäusern mit statistischen Daten zu Gebäudefertigstellungen und Szenarien zur Entwicklung des Wohnungsneubaus [2] verknüpft.

Von dem momentanen Marktanteil des Holzbaus als Referenz ausgehend,

wurden denkbare Szenarien einer erhöhten Holzbauquote für Deutschland untersucht. Der mögliche Beitrag von Bauen mit Holz zum Klimaschutz – durch die Substitution von mineralischen Gebäuden mit Holzgebäuden und die mit dem Holzeinsatz einhergehende biogene Kohlenstoffspeicherwirkung – konnte so auf großer Maßstabsebene dargestellt werden.

Des Weiteren wurden die Herausforderungen für eine Vergrößerung des Holzanteils im Baubereich systematisch beschrieben. Die einzelnen Ergebnisse können im Abschlussbericht nachgelesen werden: [http://www.ruhr-uni-bochum.de/reb/mam/content/thg\\_bericht-final.pdf](http://www.ruhr-uni-bochum.de/reb/mam/content/thg_bericht-final.pdf)

Das Projekt wurde auf unterschiedlichen Ebenen bearbeitet, die miteinander verknüpft sind (Abbildung 1).

In einem Bottom-up-Ansatz wurden zunächst Ökobilanzen real existierender und repräsentativer Gebäude norm-

konform nach DIN EN ISO 14040:2009 erstellt. Auf Basis der Daten der funktionell äquivalenten Gebäude wurde anschließend ein ökobilanzieller Vergleich zwischen mineralischen und Holzgebäuden gemäß DIN EN 15978:2012 durchgeführt. Die Berechnungen wurden über ein begleitendes „Critical Review“ nach DIN EN ISO 14044:2006 und DIN CEN ISO/TS 14071 verifiziert, um vergleichende Aussagen auf Grundlage einer Ökobilanz veröffentlichen zu können.

Diese ermittelten Sachbilanzdaten und Ökobilanzergebnisse stellen zugleich die Eingangsdaten für die Abschätzung des möglichen Beitrags einer veränderten Holznutzung im Segment der Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) für den Klimaschutz bis 2030 dar. Mittels eines Top-down-Ansatzes wurden die Daten auf Gebäudeebene mit den bereits erwähnten Informationen verknüpft, so dass ein quantitativer Abgleich möglicher Klimaschutzeffekte abgeleitet werden konnte. Hierfür wurden neben einem Referenzszenario (REF) auf Basis des prognostizierten Wohnungsbedarfs in den Bundesländern [2], welches eine Fortschreibung der Anteile von Gebäuden mit dem jeweils vornehmlich verwendeten Baustoff bei den Gebäudefertigstellungen vorsieht, zwei in der Entwicklung der Holzbauquote abweichende Szenariengruppen bis 2030 festgelegt: Neben einem Entwicklungspfad, der eine bundesweite Erhöhung der Holzbauquote auf das Niveau des Bundeslandes mit der für EZFH und MFH jeweils höchsten Holzbauquote beschreibt (BL<sub>MAX</sub>), wurde in einem zweiten Szenarioset (55/15) die Anhebung der Holzbauquote für EZFH auf 55 % und für MFH auf 15 % unterstellt. Für beide Szenari-

gruppen wurden zudem Effekte einer sofortigen als auch einer stetigen Erhöhung des Holzhausanteils auf die Zielquote berechnet. Neben der Analyse der mit der stofflichen Holzverwendung verbundenen klimarelevanten Effekte beinhaltet die Analyse auf Ebene der Bundesländer auch eine Quantifizierung des für die Erreichung der definierten Szenarien erforderlichen Holzeinsatzes für die Verarbeitung von Rohholz zu Holzbauprodukten.

Die unterschiedlichen Szenarien der Holzbauquoten wurden in einem dritten Projektteil verknüpft mit einer qualitativen Beurteilung, wie sich das Potential von vermehrtem Holzbau in der Praxis freisetzen lässt bzw. welche Hemmnisse hierfür zu überwinden sind.

Um die tatsächlichen Potentiale der Holzverwendung für den Klimaschutz auf nationaler Ebene abschätzen zu können, ist der gesamte Bausektor relevant. Hierbei wird zwischen Neubau und Sanierung unterschieden, wobei nach Angaben des Bundesamtes für Bauen, Stadtentwicklung und Raumplanung (BBSR) 70 % des zukünftigen Potentials in der Sanierung liegen [3]. Weiter wird in Wohnungsbau und Nichtwohnungsbau unterschieden. Im Rahmen des Projektes wurde aus Kapazitätsgründen nur der Anteil des Wohnungsneubaus untersucht. Alle Hochrechnungen beziehen sich ausschließlich auf diesen Bereich. Wichtig zu erwähnen ist, dass die in dem Projekt auf Gebäudeebene ermittelten Substitutionsfaktoren keinesfalls auf den gesamten Bausektor übertragen werden können.

Aus diesem Grund werden weitere Kategorien des Bausektors, wie Neubau

Fortsetzung auf Seite 169



# Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden

Fortsetzung von Seite 168

Nichtwohnbau und Sanierung (Wohnen und Nichtwohnen) – in einem separaten Projekt (HolzImBauDat) gefördert durch das BMEL – in analoger Vorgehensweise untersucht.

THG-Einsparpotentiale gegenüber dem mineralischen Pendant. Genau so gilt: Je mehr Bauteile aus Holz im mineralischen Gebäude verbaut sind (z.B. Dachstuhl), desto geringer fällt der SFG aus.

## Betrachtung einzelner Gebäude

Auf Gebäudeebene wurden Substitutionsfaktoren für die Bereiche Neubau von EZFH und MFH ermittelt. Diese wurden auf Basis des Indikators Treibhauspotential berechnet. Hierzu wurden Substitutionsfaktoren für funktionell äquivalente Gebäude unterschiedlicher Konstruktionen (Holzbau, mineralische Bauweise) über den Gebäudelebenszyklus erstellt.

In Modul A werden die biogenen Kohlenstoffmengen auf das Produktsystem des Gebäudes übertragen, um im Modul C am Ende des Gebäudelebenszyklus den definierten Systemraum wie-

Zusätzliche THG-Einsparmöglichkeiten können aus dem Ausbau generiert werden. Der Ausbau beinhaltet vor allem Bodenbeläge, Fenster, Türen sowie eine mögliche Fassadenbekleidung in Holz und ist unabhängig von dem verwendeten Tragwerk, das heißt dem vornehmlich verwendeten Baustoff, der für Aussagen zur Holzbauquote herangezogen wird. Da im Bereich des Ausbaus entlang des Lebenszyklus eines Gebäudes mehrfach Bauprodukte und -teile ausgetauscht werden, ist der Einfluss des Ausbaus auf die Umweltwirkungen für ein Gebäude groß. Die in der Untersuchung unterstellten Austauschzyklen basieren auf den Angaben

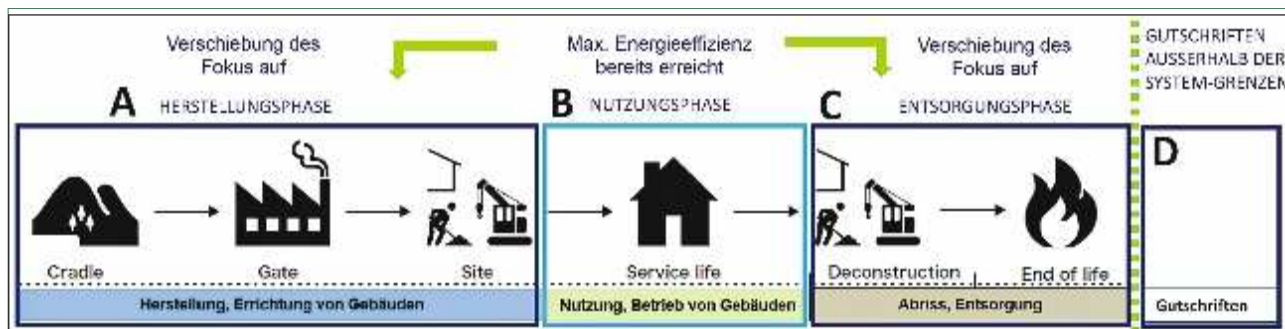


Abbildung 2 Modulare Darstellung des Lebenszyklus eines Gebäudes nach DIN EN 15978:2012

Grafik: A. Hafner

den gesamten Projektionszeitraum von 2016 bis 2030 wäre mit klimapositiven Einspareffekten zwischen knapp 5,0 (Szenario BL<sub>MAX</sub> steigend) und 42,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-äq (Szenario 55/15 ab sofort) zu rechnen. Hierbei sind die mit dem Ausbau verbundenen THG-Einsparpotentiale – ebenso wie die mit der Entscheidung für eine Konstruktion aus Holz verbundenen Substitutionseffekte, die im Laufe des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes anfallen und

des kontinuierlich steigenden Szenarios BL<sub>MAX</sub>/steigend im Vergleich zu REF und im Verhältnis zur Gesamtproduktion nur geringe zusätzliche Mengen an Stamm- und Industrieholz benötigt würden (durchschnittlich 430 000 m<sup>3</sup>), fällt der zusätzlich projizierte Rohholzbeford beim Szenario 55/15/steigend mit durchschnittlich 1,9 Mio m<sup>3</sup> bereits merklich höher aus.

Bei einer sofortigen Realisierung des Szenarios 55/15 würde der jährliche Mehrbedarf im Durchschnitt der ersten fünf Jahre des Projektionszeitraums auf durchschnittlich knapp 4,5 Mio m<sup>3</sup> ansteigen [1]. Zwar entspricht dies in etwa 10 % der Stamm- und Industrieholzproduktion des Durchschnitts der Jahre 2011 bis 2015, doch scheinen auch diese zusätzlich benötigten Holzmengen gegenüber den zumeist nachfragebedingten interannuellen Schwankungen des historischen Einschlags von Stamm- und Industrieholz realisierbar zu sein.

Auch zeigen Abschätzungen auf Basis der BBSR-Wohnungsmarktprognose 2030 und den statistischen Daten zu den Gebäudefertigstellungen nach vornehmlich verwendetem Baustoff, dass ein hoher zukünftiger Wohnungsbedarf vor allem in Ländern mit bereits heute schon hoher Holzbauquote zu finden ist. Zugleich ist der Einfluss einer für die Zukunft unterstellten oder angestrebten Holzbauquote auf den potentiellen Klimaschutzbeitrag auch maßgeblich davon abhängig, wie hoch die aktuelle Holzbauquote und der prognostizierte Wohnungsbedarf in jeweiligen Bundesländern überhaupt ist.

So konnte auf Basis der Prognose des zukünftigen Bedarfs an Wohnungen auf Kreisebene in den Bundesländern gezeigt werden, dass für das Segment Wohnungsneubau rund 60 % der Substitutionseffekte allein in vier Bundesländern erreicht werden können. Gerade in Nordrhein-Westfalen kann schon bei moderater Steigerung der Holzbauquote ein hohes Substitutionspotential freigesetzt werden. Bundesweit liegt das größte Potential im EZFH-Bereich, da hier die Einsparpotentiale am höchsten sind und mengenmäßig noch die größte Neubautätigkeit zu erwarten ist. Für relevante Effekte im Bereich der MFH müsste die Quote deutlich über 15 % gesteigert werden. Hier kann der Ausbau eine entscheidende Rolle spielen. Durch dessen Berücksichtigung kann

sich der Klimaschutzbeitrag aller Voraussicht nach mehr als verdoppeln – hierzu ist jedoch weitere Forschung notwendig.

Da sich die Höhe der möglichen THG-Einsparung aus dem spezifischen Einsparpotential und dem Marktvolumen zusammensetzt, können auch Bauwerksgruppen oder Teilssegmente des Bauens mit einer geringen spezifischen Einsparung eine große Wirkung entfalten.

Durch das Projekt „THG-Holzbau“ konnte exemplarisch für die Kategorie Wohnungsneubau gezeigt werden, dass aufgrund des großen Bedarfs an neuem Wohnraum vor allem in den nächsten Jahren ein großes Klimaschutzpotential durch die Substitution eines Teils der mineralischen Baustoffe durch Holz und durch die damit verbundene Erhöhung des biogenen Kohlenstoffspeichers besteht. Um die Potentiale voll ausschöpfen zu können, ist insgesamt eine zügige und deutliche Steigerung der Holzverwendung im Wohnungsneubau notwendig (Abbildungen 3+4). Gerade vor dem Hintergrund ambitionierterer Klimaschutzziele im Bausektor könnten daher über die Materialwahl beim Bauen relativ einfach und ab sofort vorhandene THG-Einsparpotentiale genutzt werden.

## Literatur:

- [1] Hafner, A.; Rüter, S.; Ebert, S.; Schäfer, S.; König, H.; Cristofaro, L.; Diederichs, S.; Kleinhenz, M.; Krechel, M. (2017): Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden - Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau). Forschungsprojekt: 28W-B-3-054-01 Waldklimafonds. BMEL/BMUB; [http://www.ruhr-uni-bochum.de/reb/mam/content/thg\\_bericht-final.pdf](http://www.ruhr-uni-bochum.de/reb/mam/content/thg_bericht-final.pdf).
- [2] BBSR (2015) Wohnungsmarktprognose 2030. In: Held T, Waltersbacher M. Bonn, BBSR-Analysen Kompakt 07/2015
- [3] BBSR (2016) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) 2016: Struktur der Bestandsmaßnahmen im Hochbau. BBSR-Analysen Kompakt 01/2016.
- [4] Rüter, S. (2013) Der Umweltbeitrag der Holznutzung. In: Cheret P., Schwane K., Seidel A. (Eds). Urbaner Holzbau - Chancen und Potenziale für die Stadt. DOM Publishers, Berlin. S 86-97.
- [5] BMUB (2011) Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), [http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff\\_gebauedaten/Erlaeuterungen\\_BNB-Tabelle\\_Nutzungsdauern\\_2011-07-07.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff_gebauedaten/Erlaeuterungen_BNB-Tabelle_Nutzungsdauern_2011-07-07.pdf)

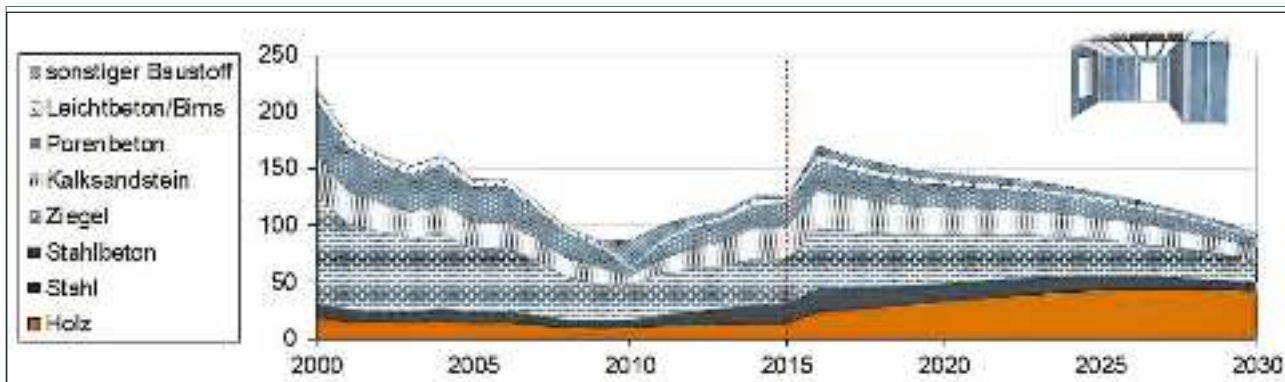


Abbildung 3 Historische und projizierte Fertigstellung von Wohngebäuden in Deutschland [1000 m<sup>3</sup> BRI]. Das Ergebnisbeispiel stellt das Szenario 55/15 mit einer ab 2015 stetig steigenden Holzbauquote dar, die bis 2030 für EZFH 55 % und für MFH 15 % der Gebäudefertigstellungen erreicht. Ebenso wie beim Referenzszenario REF, das einen gleichbleibenden Anteil von Gebäudetypen nach vorwiegend verwendetem Baustoff unterstellt, wird davon ausgegangen, dass der vom BBSR prognostizierte Wohnungsneubaubedarf realisiert wird.

Grafiken: S. Rüter (2)

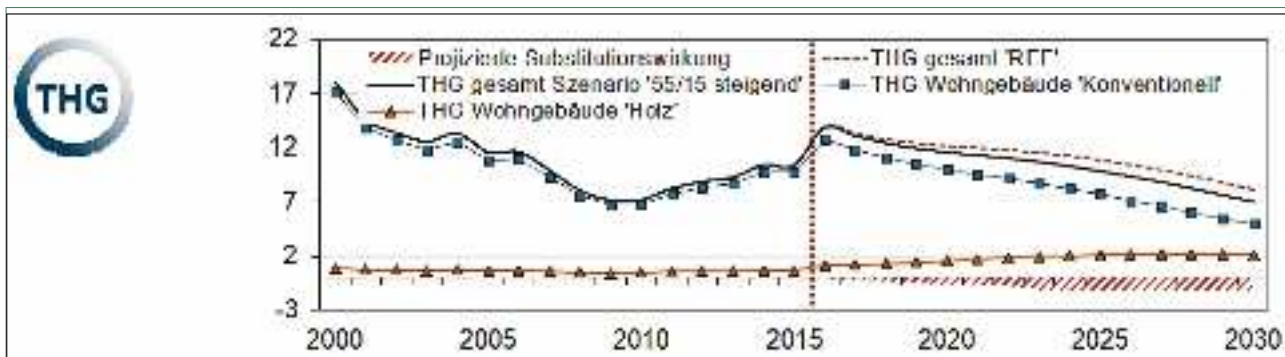


Abbildung 4 Historische und projizierte THG-Emissionen bei der Errichtung von Wohngebäuden [Mio t CO<sub>2</sub>e]. Das Beispiel zeigt die potentiellen Verschiebungseffekte der mit dem Szenario 55/15 auftretenden Reduzierung von THG-Emissionen gegenüber dem Szenario REF.

der zu verlassen, was einem Nullsummenspiel entspricht [vgl. 4]. Abbildung 2 stellt die einzelnen Module im Lebenszyklus eines Gebäudes nach DIN EN 15978 dar.

Substitutionspotentiale ergeben sich zum einen aus der Konstruktion (Außen-, Innenwände, Decken, Dach, Balkone), zum anderen durch den Innenausbau und die Fassadenbekleidung des Gebäudes. Ausschließlich über die Konstruktion wird ein Gebäude als Holzgebäude oder mineralisches Gebäude klassifiziert. Substitutionspotentiale durch den Innenausbau können unabhängig von der verwendeten Konstruktion entstehen. Der Substitutionsfaktor wird pro m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche des Gebäudes ausgewiesen.

Alle untersuchten Gebäude erzielten bei normkonformer Berechnung nach DIN EN 15978:2012 eine im Sinne des Klimaschutzes positive Substitutionseffekte. Das heißt, wird eine mineralische Konstruktion mit einer Konstruktion aus Holz ersetzt, können im Segment der EZFH zwischen 9 % und 56 % und im Bereich der MFH zwischen 9 % und 48 % der für die Konstruktion anfallenden THG-Emissionen eingespart werden.

Die Höhe des jeweiligen Substitutionsfaktors auf Gebäudeebene ist dabei neben den eingesetzten Baumaterialien abhängig von der Gestaltung der Gebäude, der Gebäudeklasse (Brandchutzanforderungen) und der Art des Gebäudes (ökologisches Musterhaus vs. Standardgebäude). Je materialähnlicher die Gebäude sind, d.h. je mehr mineralische Materialien im Holzgebäude vorhanden sind, desto geringer sind der Substitutionsfaktor (SFG) und die

des BBSR [5]. In der Summe ist das Klimaschutzpotential des Ausbaus daher nicht zu vernachlässigen, da in jedem Gebäude, unabhängig von der Konstruktion, Holzprodukte im Ausbau eingesetzt werden können. Ein weiterer Pluspunkt des Ausbaus ist, dass dieses Potential auch in Bestandsgebäuden freigesetzt werden kann.

## Klimaschutzbeitrag auf nationaler Ebene

Die Abschätzung eines möglichen Klimaschutzbeitrags mittels Sachbilanz- und THG-Daten realer Gebäude aus normkonformen Ökobilanzen in Kombination mit Statistiken zu Baufertigstellungen und Holzhalbwerten stellt eine neue und abgesicherte Methode dar. Zwar deckt die mittels Ökobilanzinformationen realer Gebäude berechnete Holzverwendung in den Gebäudekonstruktionen des Wohnungsneubaus nur ca. 4 % des rechnerischen Jahresgesamtverbrauchs von Holzhalbwerten (Schnittholz und Holzwerkstoffe) in der Referenzperiode 2011 bis 2015 ab, da eine weitergehende Zuordnung des im Ausbau verwendeten Holzes unklar bzw. unabhängig vom verwendeten Baustoff in der Konstruktion ist. Durch das in dem Projekt erstmals angewandte Vorgehen wird jedoch die Basis für ein wissenschaftlich fundiertes Monitoring auch indirekter THG-Effekte gelegt.

Im Ergebnis könnte die Atmosphäre je nach Szenario in dem gewählten Projektionszeitraum jahresdurchschnittlich um bis zu 2,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-äq durch eine verstärkte Verwendung von Holz allein in der Konstruktion von Wohnungsneubauten entlastet werden. Über

über den in dieser Untersuchung definierten Projektionszeitraum hinausgehen – in diesen Zahlen noch nicht enthalten. Letztere machen im gewichteten Durchschnitt aller Bundesländer ca. 14 % der mit der Verwendung von Holz in der Gebäudekonstruktion verbundenen Substitutionseffekte aus. Während für die Realisierung der Holzbauquote

FText4