

Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in Gebäuden im Einklang mit der Rohstoffverfügbarkeit

– Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates Waldpolitik –
November 2018

Ausgangslage und Ziele

Die Forstwirtschaft in Deutschland handelt nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit und sichert damit langfristig die vielfältigen Funktionen des Waldes. Die Wälder tragen zum Schutz von Klima, Wasser und Boden bei, sind Lebensraum für Tiere und Pflanzen, bieten Raum für Erholung und Naturerleben und liefern den national und weltweit bedeutendsten nachwachsenden Rohstoff Holz.

Die Waldentwicklung in Deutschland belegt, dass die Wälder in den letzten Jahrzehnten so bewirtschaftet und gestaltet wurden, dass sie zahlreiche gesellschaftliche Ansprüche erfüllen und sich insofern das Leistungsangebot der Betriebe kontinuierlich verbessert hat (Englert et al. 2016, WBW 2016). Die Daten der Bundeswaldinventuren (BWI) belegen, dass sich die Waldfläche vergrößert hat. Der Anteil der Laub- und Mischwälder hat sich erhöht, der Vorratsaufbau wurde fortgesetzt und auch die damit verbundene CO₂-Speicherwirkung hat zugenommen, der Totholzanteil ist gestiegen, und die Vorrangflächen des Naturschutzes haben sich vermehrt. Zudem zeigen andere Untersuchungen (Ensinger et al. 2013, Schraml 2009, Kleinhückelkotten 2017), dass sich die Bedeutung der Wälder für Erholungszwecke sowie das Interesse an waldbezogenen Umweltbildungsangeboten gleichermaßen erhöht haben.

Wichtige Treiber dieser Entwicklung waren die zunehmende Ökologisierung der Forstwirtschaft und der naturnahe Waldumbau, die Regeneration der forstlichen Standorte, die Erhöhung der forstlichen Produktivität durch Nährstoffeinträge aus der Luft aber auch die Tatsache, dass die nach dem 2. Weltkrieg und den nachfolgenden Reparationshieben überwiegend mit Fichten und Kiefern wiederbegründeten Waldbestände zunehmend in erntefähige Dimensionen hereingewachsen sind.

Mit Blick auf die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung (BMUB 2016) und den angestrebten Ausbau der Bioökonomie (BMEL 2014) ist in Zukunft mit einem steigenden Rohholzverbrauch in Deutschland zu rechnen. Dies wird zwangsläufig zu einer neuen Gewichtung der Ziele und Ausrichtung der Maßnahmen der Forstwirtschaft im Sinne eines kontinuierlichen Anpassungsprozesses führen. Dem Klimaschutz kommt dabei im Kontext der verschiedenen Waldfunktionen eine besondere Bedeutung zu. Kritische Stimmen werfen der Holzwirtschaft und dem Holzbau vor, dass die für eine Steigerung der Holzverwendung im Bauwesen nötigen Holz mengen in Deutschland nicht vorhanden sind.

In der nachfolgenden Stellungnahme beleuchtet und kommentiert der WBW diese Sachlage und zeigt Möglichkeiten auf, wie sich im Zuge einer Erhöhung der stofflichen Holznutzung durch Holzprodukte in Gebäuden der Klimaschutzbeitrag des Forst- und Holzsektors im Einklang mit der Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung steigern lässt.

Klimaschutzwirkung im Forst- und Holzsektor

Die Klimaschutzleistung des Sektors Forst und Holz basiert sowohl auf dem Erhalt und dem Ausbau der Kohlenstoffspeicherung in produktiven Wäldern als auch auf einer effizienten Verwendung von Holz aus diesen Wäldern in langlebigen Produkten, vor allem in Gebäuden. Wälder gehören aufgrund ihrer großflächigen Ausdehnung und ihrer hohen Kohlenstoffspeicherung zu den wirksamsten terrestrischen Kohlenstoffsinken. In der ober- und unterirdischen Biomasse, im Totholz und der organischen Bodensubstanz sind bedeutende Mengen an Kohlenstoff festgelegt. In Deutschland waren im Jahr 2012 insgesamt ca. 1.169 Mio. t Kohlenstoff in lebenden Bäumen und im Totholz gebunden. Zusätzlich waren in der Humusaufgabe und im Mineralboden bis 30 cm Tiefe weitere ca. 850 Mio. t Kohlenstoff gespeichert (Bauhus et al. 2017). Das entspricht einer Menge von durchschnittlich ca. 660 t CO₂-Äq je ha Wald. Für die Treibhausgasberichterstattung gemäß den Vorgaben der Klimarahmenkonvention ist allerdings die aktuelle Rate der Kohlenstofffestlegung wichtiger als die vorhandenen Speicher. Die jährliche Senkenleistung der bundesdeutschen Wälder beträgt gegenwärtig ca. 58 Mio. t CO₂-Äq (Umweltbundesamt 2018). Die Klimaschutzwirkungen des genutzten Holzes beruhen sowohl auf der Speicherung von biogenem Kohlenstoff in Holzprodukten als auch auf indirekten Effekten durch die Vermeidung energieintensiver hergestellter Alternativprodukte auf mehrheitlich konventioneller Rohstoffbasis (stoffliche Substitution), und dem Ersatz fossiler Energieträger durch Holz (energetische Substitution). Ersetzen die Holzprodukte in der Anwendung Produkte aus anderen Rohstoffen, deren Herstellung bzw. Nutzung meist mit höheren Treibhausgasemissionen verbunden sind (z. B. Werner und Richter 2007, Würdehoff et al. 2011, 2017), so werden stoffliche und energetische Substitutionspotenziale wirksam, die gemäß verschiedener Studien mittel- bis langfristig höher liegen als die Speicherwirkungen im Wald (z. B. Taverna et al. 2007). In einem gemeinsamen Gutachten „Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung“ (Weingarten et al. 2016) haben die Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE)

und für Waldpolitik (WBW) beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgezeigt, dass der Beitrag des Forst- und Holzsektors zum Klimaschutz im Jahr 2014 durch die Speicherung von Kohlenstoff in Wäldern und Holzprodukten sowie über stoffliche und energetische Substitutionseffekte eine Vermeidung der THG Emissionen in Höhe von ca. 127 Mio. t CO₂-Äq. bewirkte.

Klimaschutzwirkung stofflicher Holznutzung auf Gebäudeebene

Der Gebäudesektor ist für einen großen Teil der Treibhausgasemissionen und des Primärenergieverbrauchs verantwortlich (EU 2014). Durch die Verbesserung der Energieeffizienz im Betrieb von Gebäuden wird bereits ein großer Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs und den damit einhergehenden Treibhausgasemissionen geleistet. Nachdem an die Energieeffizienz für den Neubau und die Sanierung von Gebäuden inzwischen sehr hohe Anforderungen gestellt werden (EnEV2016¹), können zukünftig weitere THG-Einsparungen primär über die Material- /Konstruktionswahl in der Herstellungs- und Entsorgungsphase der Gebäude erzielt werden. Von König (2017) wurde anhand eines Wohngebäudes nachgewiesen, dass zusätzliche Energieeffizienzsteigerungen (hin zu „Fast-Null-Energie-Gebäuden“) sowie die stoffliche und energetische Verwendung von erneuerbaren Rohstoffen zu einer weiteren Reduzierung von THG-Emissionen beitragen. Die Schritte zur Reduktion der Umwelteinträge sollten weiterhin zuerst eine Reduktion des gesamten Energiebedarfs über den Lebenszyklus sein und dann die Deckung der Restenergie für Nutzungsphase aus erneuerbaren Ressourcen beinhalten.

Um Aussagen über die Potenziale von Holz als Baustoff und dessen Einfluss auf die THG-Emissionen treffen zu können, müssen diese auf valide Daten über die Verfügbarkeit des Holzes in Form geeigneter Sortimenten gestützt sein, und auf normkonformen Ökobilanzen für einen Vergleich von Holzhäusern und konventionellen Häusern unter Einbeziehung der vor- und nachgelagerten Ketten, der technischen Gebäudeausrüstung und der Nutzungsdauer der Häuser aufbauen.

Die relevanten Ökobilanznormen im Baubereich definieren baustoffunabhängig (Ökobaudat, Rüter u. Diederichs 2012) die methodischen Grundlagen, wie Berechnungen durchgeführt und die Zuordnungen der Umweltwirkungen nach Lebenszyklusabschnitten der Gebäude vorgenommen werden. Zusätzlich wird in der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden auch ein Nachweis² gefordert, dass das Holz aus einer nachhaltigen Nutzung stammt.

¹ EnEV (2016) EnEV (2016): <http://www.bmu.de/themen/bauen/energieeffizientes-bauen-und-sanieren/energieeinsparverordnung/>, heruntergeladen 28.03.2018

² Z.B. nach BNB: Kriterium 1.1.7 Nachhaltige Materialgewinnung /Biodiversität (Bürogebäude, Unterrichtsgebäude)

Vergleiche auf Basis normkonformer Ökobilanzen auf Gebäudeebene, die nach dem aktuellen Normungsrahmen realistische Substitutionspotentiale abbilden können, wurden bisher nur in dem Waldklimafondsprojekt „Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden“ (THG-Holzbau) (Hafner et al. 2017) gerechnet. Dabei wurden die Umweltauswirkungen real existierender Gebäude auf Basis verfügbarer und normkonformer Ökobilanzdatensätze von Bauprodukten unter Einbeziehung eines critical reviews abgeschätzt. Der Vergleich bezieht sich allerdings nur auf den Bereich des Wohnungsneubaus. Substitutionspotentiale (s. Abb. 1) wurden hierbei zum einen für die Konstruktion (Tragwerk) und zum anderen für den Ausbau (Fenster, Türen, Innenausbau) ausgewiesen (Hafner u. Schäfer 2017a). Das Substitutionspotenzial „Konstruktion“ ist anzuwenden, wenn das Tragwerk in Holzbauweise anstelle in konventioneller Bauweise ausgeführt wird. Das Substitutionspotenzial „Ausbau“ kann für alle Gebäudearten umgesetzt werden und hat damit eine sehr hohe Anwendungsbreite.

Wertekorridore Substitutionsfaktoren Wohnungsneubau über den Lebenszyklus

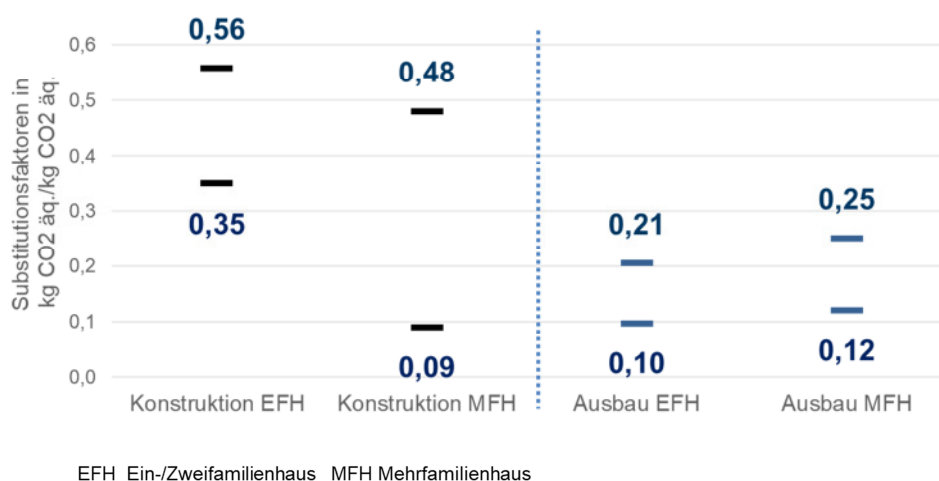


Abbildung 1: Wertekorridore der Substitutionsfaktoren (Modul A+C) für Ein-/Zweifamilienhäuser (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) im Vergleich (Hafner et al. 2017)

Klimaschutzwirkung stofflicher Holznutzung auf nationaler Ebene

Die Quantifizierung der Auswirkung eines verstärkten stofflichen Holzeinsatzes auf die THG-Bilanz, die auf Gebäudeebene im Rahmen der Ökobilanzierung von Gebäuden ausgewiesen wird, ist auch auf nationaler Ebene von großer Bedeutung. Im Rahmen der nationalen Treibhausgasberichterstattung wird die biogene Kohlenstoffbilanzierung der Wälder auf Basis der methodischen Vorgaben des Weltklimarates fortlaufend erfasst (vgl. IPCC 2006 und IPCC 2014). Damit kann festgestellt werden, ob die Wälder eines Landes in der Summe eine Quelle oder eine Senke von atmosphärischem CO₂ darstellen (Umweltbundesamt 2018). Seit dem Jahr 2015 wird im Rahmen der Berichterstattung auch die Kohlenstoffspeicherwirkung der

stofflichen Holznutzung bei der Berechnung der biogenen CO₂-Emissionen des Landnutzungssektors im Rahmen der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) und dem Kyoto-Protokoll berücksichtigt. Danach ist auch der nach den Vorgaben des IPCC berechnete Produktspeicher mit einer Senkenwirkung in Höhe von -2 Mio. t CO₂ im Jahr 2014 verbunden (Rüter 2016).

Im Rahmen des Projektes „THG-Holzbau“ (Hafner et al. 2017) stellten reale Sachbilanzdaten und Ökobilanzergebnisse auf Gebäudeebene die Eingangsdaten für die Abschätzung des möglichen Beitrags einer veränderten Holznutzung im Wohnungsneubau für den Klimaschutz bis 2030 dar. Mittels eines Top-down Ansatzes wurden die Daten auf Gebäudeebene mit statistischen Informationen zu Baufertigstellungen und Szenarien über die zukünftige Bautätigkeit auf Basis von Wohnungsmarktprognosen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR 2015) so verknüpft, dass unter der Annahme verschiedener Holzverwendungsszenarien³ ein quantitativer Abgleich möglicher Klimaschutzeffekte abgeleitet werden konnte. Neben der Analyse der mit der stofflichen Holzverwendung verbundenen klimarelevanten Effekte schloss die Untersuchung auch eine Quantifizierung des erforderlichen Holzeinschlags für die Verarbeitung zu Holzbauprodukten mit ein.

Im Ergebnis zeigt sich, dass je nach Szenario³ in dem gewählten Projektionszeitraum (2016-2030) die Atmosphäre allein durch eine gesteigerte Holzverwendung (Szenario ‚55/15 steigend‘) bei der Konstruktion von Wohnungsneubauten um jahresdurchschnittlich 1,43 Mio. t CO₂-Äq entlastet werden könnte. Über den gesamten Projektionszeitraum von 2016 bis 2030 wäre mit klimapositiven Einspareffekten zwischen knapp 5,0 (Szenario ‚BL_{MAX} steigend‘) und ca. 21,5 Mio. t CO₂-Äq (Szenario ‚55/15 steigend‘) zu rechnen. Dabei sind in diesen Zahlen die mit dem (Innen-)Ausbau verbundenen THG-Einsparpotentiale und Substitutionseffekte in der Instandhaltung über den Betrachtungszeitraum hinaus noch nicht enthalten. Letztere machen im gewichteten Durchschnitt aller Bundesländer ca. 14 % der Substitutionseffekte aus, die mit der Verwendung von Holz in der Gebäudekonstruktion verbundenen sind.

Während für die Realisierung des Szenarios (‚BL_{MAX} steigend‘, d. h. Anstieg der Holzbauquote in allen Bundesländern bis 2030 bis zu der Höhe der momentan höchsten Holzbauquote in einem Bundesland) im Vergleich zum Referenzszenario ‚REF‘ (d. h. Fortschreibung des Status-quo der Jahre 2011-2015) nur geringe zusätzliche Mengen an Stamm- und Industrieholz jährlich benötigt würden (durchschnittlich 430.000 m³/a), fällt der zusätzliche projizierte Rohholzbedarf beim maximalen Szenario (‚55/15 steigend‘) mit jährlich durchschnittlich 1,9 Mio. m³ bereits merklich höher aus (Hafner et al. 2017). Dies entspricht jedoch nur ca. 4 %

³ Holzverwendungsszenarios sind „BLmax“ und „55/15“. „BLmax“ bedeutet, dass die Holzbauquote in allen Bundesländern erhöht wird, auf die Quote des Bundeslandes mit der höchsten Quote (also 25,8% Ein-/Zweifamilienhäuser und 1,9% Mehrfamilienhäuser); „55/15“ bedeutet, dass die Holzbauquote auf eine definierte Quote von 55% Ein-/Zweifamilienhäuser und 15% Mehrfamilienhäuser erhöht wird (bezugnehmend auf die Holzbauverwendung in Skandinavien). Die Erhöhung der Holzbauquote wird immer in Relation zu einem Referenzszenario „REF“ (gleichbleibende Holzbauquote, Fortschreibung des Status-quo der Jahre 2011-2015) betrachtet.

des rechnerischen Jahresgesamtverbrauchs an Rohholz für die Herstellung von Holzhalbwaren (Schnittholz und Holzwerkstoffe). Der überwiegende Teil der in diesen Gebäuden verwendeten konstruktiven Holzprodukte wird aus Nadelholz gefertigt. Laubholz spielt im Wohnungsneubau aufgrund der Holzeigenschaften trotz wachsender Nutzungspotenziale im Wald bislang nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Holzverfügbarkeit aus dem deutschen Wald

Eine bedeutende Entscheidungshilfe für die Ausgestaltung von waldbezogenen Politikprogrammen und zur Ausrichtung der künftigen Waldnutzung stellen die Ergebnisse der Bundeswaldinventur (BWI) und die darauf aufbauende Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) dar (Spellmann und Fischer, 2016).

Nach der BWI 2012 betrug der gesamte Derbholzvorrat in Deutschland im Jahre 2012 rund 3,6 Mrd. Vorratsfestmeter. Davon entfielen über 80 % auf die Baumartengruppen Eiche, Buche, Fichte und Kiefer. Die Daten der Bundeswaldinventur dienen als verlässliche Datengrundlage, um mit dem Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodell „WEHAM“ die künftige Waldentwicklung und das daran gekoppelte Holzaufkommen abzuschätzen (BMEL 2016). Mit den Einstellungen des Basisszenarios werden die in den einzelnen Bundesländern praktizierten waldbaulichen Konzepte sowie die Entwicklung des potenziellen Rohholzaufkommens und der Holzvorräte abgebildet. Nach den Szenariorechnungen steigt der Vorrat des stärkeren Rohholzes ab 30 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) bei den im Baubereich vorrangig eingesetzten Nadelholzarten Fichte und Kiefer von ca. 1.295 Mio. Vorratsfestmeter m. R. im Jahre 2012 auf ca. 1.540 Mio. Vorratsfestmeter m. R. im Jahre 2052 (s. Abb. 2). Gleichzeitig steigen die jährlichen Nutzungsmöglichkeiten in diesem Durchmesserbereich von ca. 35 Mio. Vorratsfestmeter m. R. im Jahr 2012 auf ca. 43 Mio. Vorratsfestmeter m. R. im Jahre 2052 (s. Abb. 3). Vergleicht man die für eine gesteigerte stoffliche Holznutzung im Wohnungsbau benötigte zusätzliche Rohholzmenge in Höhe von jährlich 1,9 Mio. m³ mit den in Deutschland vorhandenen und prognostizierten Vorräten an stärkerem Nadelholz, so kann festgestellt werden, dass die nationalen Rohholzvorkommen im Prognosezeitraum bis 2050 zur Bedarfsdeckung des Holzbaus vollkommen ausreichen.

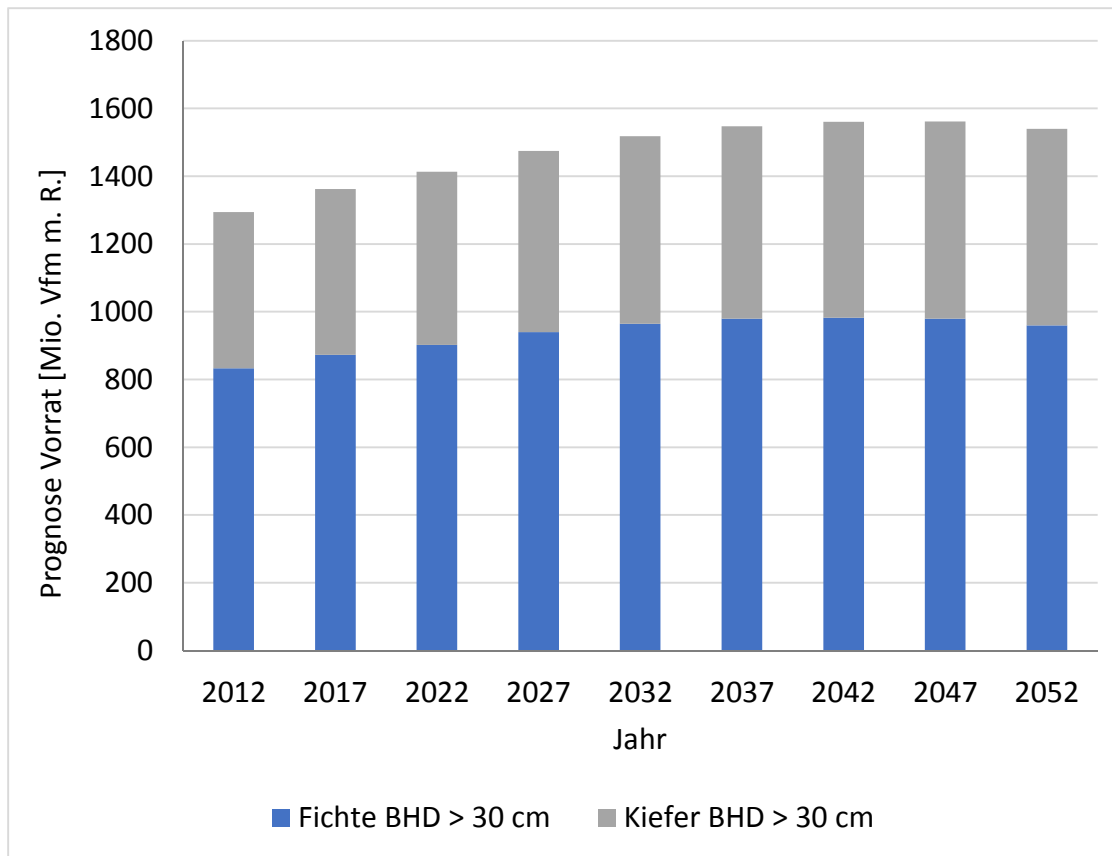


Abbildung 2: Prognostizierter Derbholzvorrat in den Baumartengruppen Fichte und Kiefer ab 30 cm Brusthöhendurchmesser in Deutschland

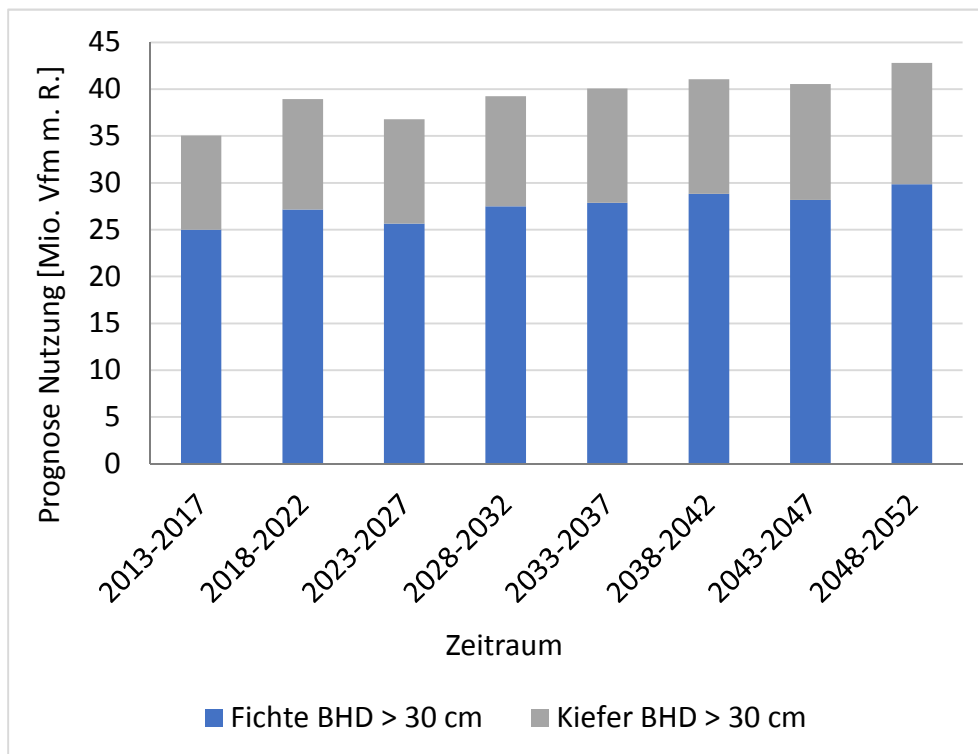


Abbildung 3: Prognostizierte jährliche Nutzungsmenge in den Baumartengruppen Fichte und Kiefer ab 30 cm Brusthöhendurchmesser in Deutschland

Folgerungen

Aufgrund der hohen Vorräte, des laufend hohen Zuwachses und des Altersklassenaufbaus der deutschen Wälder kann in den nächsten Jahrzehnten ausreichend Nadelholz für eine vermehrte Verwendung im Gebäudebau bereitgestellt werden. Der sich daraus ergebende jährliche Mehrbedarf in Höhe von 1,9 Mio. m³ kann bei Wahrung der Nachhaltigkeit ohne weiteres gedeckt werden.

Grundsätzlich müssen Gebäude gezielt energieeffizient konzipiert und errichtet werden. Die dabei verwendeten Holzprodukte sollten aus einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung stammen. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung von zertifiziertem Holz oder den Nachweis einer Herkunft aus der Region erfolgen, wie dies bereits in der Gebäudezertifizierung und auch in speziellen Förderprogrammen⁴ der Fall ist. Aus Gründen der Materialeffizienz und des Ressourcenschutzes sollten Konstruktionen im Hochbau aber nicht ausschließlich auf eine maximierte Kohlenstoffspeicherung ausgerichtet sein. Eine Kombination von Kohlenstoffspeicherung und effizienter Holzverwendung in für die jeweilige Aufgabe ausgerichteten Konstruktionen (z. B. Hybridbauten) kann den notwendigen Wohnungsbau voranbringen (Hafner u. Schäfer 2017b).

Zusammenfassend stellt der Wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik in dieser Stellungnahme fest, dass die stoffliche Holznutzung durch Holzprodukte in Gebäuden bis Mitte des Jahrhunderts einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten kann. Die Nachlieferung von Holz aus deutschen Wäldern reicht aus, um einer möglicherweise steigenden Rohholznachfrage für den Gebäudebereich Rechnung zu tragen. Hierdurch ließe sich der Klimaschutzbeitrag des Forst- und Holzsektors steigern.

⁴ CO2-Bonus Förderung Stadt München: https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:8c61130f-d4b1-42d2.../fes_richtlinie.pdf; CO2-Bonus Förderung Hamburg: (Wohnungsbau) <https://www.ifbhh.de/wohnraum/mietwohnungen/neubau/mietwohnungsneubau/2-foerderweg/> und (Nichtwohngebäude) https://www.ifbhh.de/fileadmin/pdf/IFB_Download/IFB_Foerderrichtlinien/FoeRi_Mod_NWG.pdf

Literatur

- BBSR (2015): Wohnungsmarktprognose 2030. In: Held T, Waltersbacher M. Bonn, BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2015
- Bauhus J., Rock, J., Spellmann H., Dieter M., Lang F., Richter K., Bolte A., Rüter S., Bösch M., Entenmann S. (2017): Beiträge der Forst- und Holzwirtschaft zum Klimaschutz. AFZ-DerWald 3, 10-14
- BMEL (2014): Nationale Politikstrategie Bioökonomie - Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Eigenverlag, Berlin, 48 S.
- BMEL (2016): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse aus der dritten Bundeswaldinventur. https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/BMEL_Wald_Broschuere.pdf, heruntergeladen 19.03.2018
- BMEL (2016): Wald und Rohholzpotenzial der nächsten 40 Jahre - Ausgewählte Ergebnisse der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2013 bis 2052. Eigenverlag, 64 S.
- BMUB (2016): Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Eigenverlag, Berlin, 91 S.
- BNB: <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/>, heruntergeladen 28.03.2018
- BWI 3: <https://bwi.info/>, heruntergeladen 26.06.2018
- EnEV (2016): <http://www.bmu.de/themen/bauen/energieeffizientes-bauen-und-sanieren/energieeinsparverordnung/>, heruntergeladen 28.03.2018
- Englert, H., Lorenz, M. u. Dieter, M. (2016): Waldstrategie 2020 im Spiegel der dritten Bundeswaldinventur unter Zuarbeit von Lang, F. u. Bauhus, J. zum Thema Bodenschutz. Bericht des Thünen-Instituts, 36 S.
- Ensinger, K., Wurster, M., Selter, A., Jenne, M., Bethmann, S., Botsch, K. (2013) „Eintauchen in eine andere Welt“ – Untersuchung über Erholungskonzepte und Erholungsprozesse im Wald. Allgemeine Forst und Jagdzeitung 184(3):70-83
- EU (2014): Europäische Kommission: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen zum effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor. Brüssel, 2014. In: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/DE/1-2014-445-DE-F1-1.Pdf>, abgerufen am 22.08.2018
- 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. ISBN: 978-3-00-055101-7
- Hafner, A. u. Schäfer, S. (2017a): Comparative LCA study of different timber and mineral buildings and calculation method for substitution factors on building level. Journal of Cleaner Production 2017 (167), S. 630-642, DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.08.203
- Hafner, A. u. Schäfer, S. (2017b): Environmental Aspects of Material Efficiency versus Carbon Storage in Timber Buildings. European Journal of Wood and Wood Products. 2017; DOI: 10.1007/s00107-017-1273-9. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017
- König, H. (2017): Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden - Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten, Endbericht. Bay. Landesamt für Umwelt. 2017
- IPCC (2006): IPCC Guidelines for Greenhouse Gas Inventories - Vol 4 Agriculture, Forestry and other Land Use. In: Eggleston S, et al. (eds) Hayama, Kanagawa, Japan: IEA/OECD, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit
- IPCC (2014): 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. 268 p

Kleinhüchelkotten, S., Gardemin, D., Schmidt, N. (2017). Fokus Naturbildung. Naturwahrnehmung und -erleben von Jugendlichen. Ecolog, Berlin und Bonn.
https://www.sdw.de/cms/upload/Waldpaedagogik/Fokus_Naturbildung/Fokus_Naturbildung_Bericht_Vollversion.pdf, Zugriff am 17.09.2018

Ökobau.dat 2016; <http://oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat.html>

Schraml, U. (2009) Erholung und Tourismus als Themen einer Zukunftsstrategie für die Waldnutzung in Deutschland.: In: Seintsch B., Dieter M. (Hrsg) (Gesamtwaldstrategie 2020: Tagungsband des BMELV-Symposiums, 10.-11.Dez. 2008, Berlin. Landbauforschung - vTI agriculture and forestry research, Sonderheft 327, Braunschweig), S. 17-25.

Rüter, S. (2016): Holzprodukte (4.G.). In: Gniffke, P. (Ed) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2014. Dessau, Climate Change 23/2016, S. 650 - 654

Rüter, S. u. Diederichs, S. (2012): Ökobilanz-Basisdaten für Bauprodukte aus Holz. Hamburg, 316 p, Thünen-Institute of Wood Research Report No: 2012/01

Rüter S., Werner F., Forsell N., Prins C., Vial E., Levet A.-L. (2016): ClimWood2030, Climate benefits of material substitution by forest biomass and harvested wood products: Perspective 2030 – Final Report. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 42, DOI:10.3220/REP1468328990000

Umweltbundesamt (2018) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2017 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2016. In: Gniffke P. (Ed) Umweltbundesamt, Climate Change, 12/2018, 959 p.

WBW 2016: Die Waldstrategie 2020 im Spiegel der dritten Bundeswaldinventur, Kurzstellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik, 6 S.,
<https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Waldpolitik/StellungnahmeWBW-Waldstrategie.pdf>. heruntergeladen 20.08.2018

Weingarten, P., Bauhus, J., Arens-Azevedo, U., Balmann, A., Biesalski, H.K., Birner, R.; Bitter, A. W., Bokelmann, W., Bolte, A., Bösch, M., Christen, O., Dieter, M.; Entenmann, S., Feindt, M., Gauly, M., Grethe, H., Haller, P., Hüttl, R.F., Knierim, U., Lang, F., Larsen, J.B., Latacz-Lohmann, U., Martinez, J., Meier, T., Möhring, B., Neverla, I., Nieberg, H., Niekisch, M.; Osterburg, B., Pischetsrieder, M., Pröbstl-Haider, U., Qaim, M., Renner, B., Richter, K., Rock, J., Rüter, S., Spellmann, H., Spiller, A., Taube, F., Voget-Kleschin, L., Weiger, H. (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 222, DOI: <http://dx.doi.org/10.12767/buel.v222i1.149.g295>

Spellmann H., Fischer, Ch. (2016): Starkholz – Potenziale und Verfügbarkeiten. AFZ-DerWald 19/2016, S.16-20.

Taverna, R., Hofer, P., Werner, F., Kaufmann, E. und Thürig, E. (2007): CO2-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft - Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Umwelt-Wissen Nr. 0739, Report No: Umweltwissen Nr. 0739. 102 p.

Werner F., Richter K. (2007): Wooden Building Products in Comparative LCA. A Literature Review, Int J LCA 12, 470-479.

Wördehoff, R.; Spellmann, H.; Evers, J.; Nagel, J. (2011): Kohlenstoffstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der NW-FVA, Bd. 6, Universitätsverlag Göttingen, 92 S.

Wördehoff, R.; Fischer, C.; Spellmann, H. (2017): II. Cluster- und Kohlenstoffstudie Forst und Holz Niedersachsen. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Eigenverlag, Göttingen, 40 S.