

Welchen Beitrag leisten Holzprodukte zur CO₂-Bilanz?

Sebastian Rüter

Die stoffliche Nutzung von Holzwaren und die energetische Verwertung des nachwachsenden Rohstoffs haben Auswirkungen nicht nur auf die Entwicklung des Kohlenstoffvorrats im Wald: auch durch die verzögerte Freisetzung von biogenem Kohlenstoff, den Ersatz energieaufwändig herzustellender Güter und die Vermeidung fossiler Treibhausgasemissionen trägt die Nutzung von Holzprodukten zu einer Verbesserung der CO₂-Bilanz Deutschlands bei.

Hintergrund

Die derzeitige Ausgestaltung der Klimapolitik gibt kaum Aufschluss über den Einfluss der Holzverwendung auf die nationale CO₂-Bilanz. Im Rahmen der Verpflichtungen zur Klimaberichterstattung unter der Klimarahmenkonvention (UNFCCC = United Nations Framework Convention on Climate Change) werden die Kohlenstoffspeicher im Wald zwar ebenso wie unter dem Kyoto-Protokoll in die Abschätzung der Emissionen aus dem Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF = Land Use, Land Use Change and Forestry) einbezogen. Jedoch endet die Betrachtung beim Holzeinschlag mit der vereinfachenden Annahme, dass sich der Kohlenstoffspeicher in den Produkten nicht verändert: die Emissionen, die beim Holzeinschlag entstehen, werden als sofortige Emission bei der Ermittlung des Waldkohlenstoffspeichers berücksichtigt. Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden die bei der energetischen Nutzung von Holz entstehenden Emissionen im Energiesektor daher nicht einberech-

net und die Oxidation des Kohlenstoffs in die Atmosphäre wird als CO₂-neutral behandelt. Dies trifft allerdings nur dann zu, wenn das Holz aus Wäldern stammt, deren gesamte CO₂-Bilanz, wie beispielsweise in Deutschland, in die Gesamtbetrachtung mit einfließt. Zugleich ersetzen Produkte aus Holz fossile Energieträger, wodurch sich die Treibhausgasbilanz im Energiesektor mit dem verstärkten Einsatz des nachwachsenden Rohstoffs verbessert. Auch durch die stoffliche Nutzung von Holz, die die verschiedensten Funktionen und Leistungen (z.B. im Bausektor oder für Verpackungen) erfüllen kann, können energieintensiver herzustellende Produkte ersetzt werden. Die damit verbundenen Emissionseinsparungen werden ebenfalls nicht im LULUCF-Sektor quantifiziert, sondern machen sich nur indirekt in den Sektoren Energie und Industrie bemerkbar. Um die Auswirkungen der stofflichen und energetischen Nutzung des nachwachsenden Rohstoffs auf die Treibhausgasbilanz über alle Sektoren hinweg für die Gesellschaft sichtbar zu machen, müssen die unterschiedlichen Effekte mit verschiedenen Methoden daher quantifiziert und in den Zusammenhang gestellt werden.

Der Speichereffekt der stofflichen Nutzung von Holz

Wälder sind Teil des natürlichen Kohlenstoffkreislaufs, da sie CO₂ aus der Atmosphäre aufnehmen, Kohlenstoff in ihrer Biomasse binden und wieder an die Atmosphäre abgeben. Die Ermittlung der Höhe der biogenen Kohlenstoffspeicher hat zum Ziel, über deren zeitliche Veränderung die CO₂-Emissionen im LULUCF-Sektor für ein Land abzuschätzen. Es müssen also für

mindestens zwei Zeitpunkte Angaben über die Höhe eines Speichers vorliegen. Um die Kohlenstoffhöhe möglichst genau erfassen zu können, unterscheidet man für die Waldbewirtschaftung fünf Speicher: ober- und unterirdische Biomasse, Streu, Totholz und Boden. Wie in RÜTER et al. (nachfolgender Beitrag auf S. 19) beschrieben, werden diese Speicher mithilfe von Inventuren erfasst. Sofern die Speicher sich vergrößern, bedeutet dies, dass mehr Kohlenstoff aufgenommen als durch Oxidation in die Atmosphäre oder Weitergabe des Kohlenstoffs an einen anderen Speicher abgegeben wurde. Der Speicher stellt eine Senke dar, die nach internationaler Sprachregelung mit einem negativen Vorzeichen (-) gekennzeichnet wird. Bei einer Verkleinerung des Speichers fungiert dieser als Netto-Quelle, die mit einem positiven Vorzeichen versehen wird (+): der Speicher verliert mehr Kohlenstoff als er aufnimmt. Nur im Fall der lebenden ober- und unterirdischen Biomasse wird der Kohlenstoff in Form von CO₂ aus der Atmosphäre sequestriert. Ebenso wie beispielsweise der Totholzspeicher verlängern auch die geernteten Holzprodukte (HWP = Harvested Wood Products) lediglich die Dauer der Bindung des biogenen Kohlenstoffs um ihre jeweilige Nutzungsdauer. Bislang wurde der Kohlenstoffspeicher in den Produkten bei der Ermittlung des Emissionsverhaltens des Sektors allerdings nicht berücksichtigt, was der Annahme gleichkommt, dass die Höhe dieses Speichers konstant bleibt.

Es ist so gut wie unmöglich, den Produktspeicher mittels Inventuren mit der notwendigen Genauigkeit zu erfassen. Dies gilt insbesondere, da in vielen Ländern auch keine statistischen Zeitreihen vorliegen, welche gesicherte Aussagen über die in Nutzung befindlichen Holz mengen in dem wichtigsten Verwendungsbereich von Holz, dem Bausektor, zulassen. Neben Inventuren des Bestandes an Holzprodukten kann die Speicherhöhe jedoch auch mittels Informationen über die Kohlenstoffflüsse in und aus diesem Speicher ermittelt werden (Abb. 1). Der Holzeinschlag ist hierfür ungeeignet, da dieser marktbedingt, aber auch aufgrund von Windwürfen und an-

S. Rüter ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Holztechnologie und Holzbiologie des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) und leitet die Arbeitsgruppe Holz und Klima, die sich mit den Themen Ökobilanzierung und Kohlenstoffmanagement im Holzsektor beschäftigt. In Abstimmung mit dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) begleitet er die Verhandlungen für ein Nachfolgeabkommen im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) aus wissenschaftlicher Sicht.



Sebastian Rüter
sebastian.rueter@vti.bund.de

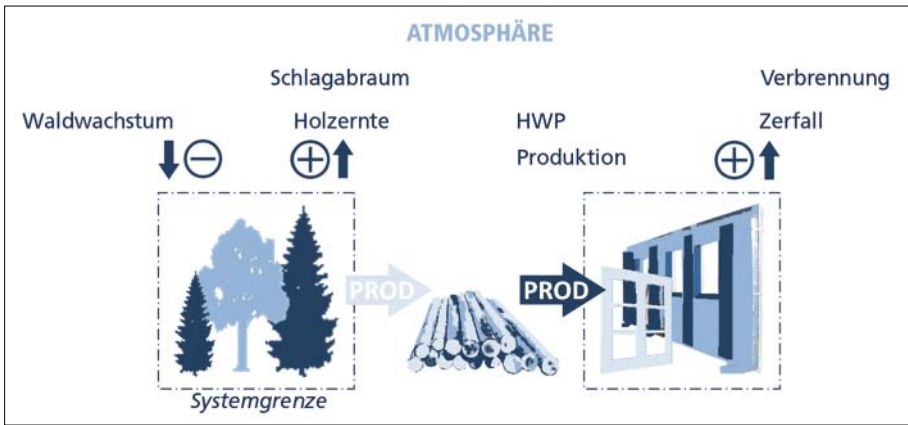


Abb. 1: Ermittlung der Emissionen mittels Speicheränderung entlang der Forst-Holz-Kette

deren Kalamitäten, deutlichen Schwankungen unterliegt. Deshalb bietet es sich an, die jährlichen statistischen Daten über die Produktion und den Außenhandel von Holzprodukten zu verwenden, anstatt den Zufluss an Kohlenstoff in den Produktspeicher entlang der Verarbeitungskette von Rohholz nachzuverfolgen. Die entlang der Verarbeitungskette entstehenden Emissionen werden bereits durch den Verlust an Kohlenstoff im Waldspeicher eingerechnet.

Anders als zu Produktion und Außenhandel liegen jedoch kaum Informationen über die Lebenszyklen von Holzwaren vor, die nicht mit erheblichen Unsicherheiten verbunden sind. Wird der Verlust an Kohlenstoff beispielsweise mithilfe von Daten aus der Abfallstatistik berechnet, werden die aus dem Speicher abfließenden Kohlenstoffmengen bzw. Emissionen systematisch unterschätzt und der Speichereffekt überschätzt. Denn es ist davon auszugehen, dass nur ein Teil des aus der Nutzung kommenden Holzes statistisch erfasst wird. Auch erweist sich eine eindeutige Identifizierung der Altholzmengen in den entsprechenden Kategorien der Abfallstatistik als äußerst schwierig [1]. Um bei der Bestimmung der Emissionen den Regeln der guten Praxis zu entsprechen, fasst der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) neben den Wissensstandberichten zur vom Menschen gemachten globalen Erwärmung auch geeignete Methoden und standardisierte Verfahren zur Erhebung von Treibhausgasemissionen für die verschiedenen Sektoren zusammen. Danach werden für den Beitrag von Holzprodukten zur CO₂-Bilanz bei der Verwendung von Flussdatenmethoden die Abgänge aus dem Speicher mithilfe von Halbwertszeiten und Zerfallsraten bestimmt, welche Funktionen der Verweilzeit im Speicher darstellen. Diese Vorgehensweise stellt sicher, dass die Spei-

cher weder über- noch die Emissionen unterschätzt werden. Da zur Ermittlung der aktuellen Speicherwirkung – welche sowohl einen Senkeffekt haben als auch eine Netto-Emissionsquelle darstellen kann – unbedingt auch die Emissionen aus dem existierenden Produktspeicher einzubeziehen sind, muss auch der historische Zufluss an Kohlenstoff in den Speicher in der Berechnung berücksichtigt werden (Abb. 2). Eine Quantifizierung des Speichers mithilfe einer Flussdatenmethode ohne Einschluss dieser „geerbten“ Emissionen würde auf einem Speicher basieren, der sich rechnerisch noch nicht im Fließgleichgewicht befindet, was folglich zu einer Unterschätzung der CO₂-Emissionen aus dem Produktspeicher führt. Der Nettoeffekt der Speicherwirkung in den Produkten errechnet sich wie bei den Waldspeichern ebenfalls aus der Veränderung des Speichers über die Zeit.

Um die Emissionen innerhalb eines Landes zu ermitteln, muss im Prinzip der Verbrauch, der sich rechnerisch aus den Daten der Produktion und dem Außenhandel von Holzprodukten ergibt, als

Kohlenstoffzufluss unterstellt werden. Bei diesem Vorgehen können jedoch auch Produkte in die Berechnung einbezogen werden, die aus nicht kohlenstoff-nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammen können bzw. aus Wald, dessen Kohlenstoffverlust von dem exportierenden Land nicht bilanziert wird. Deshalb einigte sich die Staatengemeinschaft in Cancún/Mexico Ende letzten Jahres auf Basis eines Vorschlags der so genannten Annex-I-Staaten (Industriestaaten, die im Anhang 1 der Klimarahmenkonvention von 1992 aufgelistet sind und die im Rahmen der Klimarahmenkonvention eine Selbstverpflichtung zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2000 auf das Niveau von 1990 übernommen haben) auf folgendes: Als Kohlenstoffzufluss bei der Ermittlung des Produktspeichers sind nur Schnittholz, Holzwerkstoffe und Papier zu berücksichtigen, deren Holz aus heimischem Einschlag aus Wäldern stammt, und deren CO₂-Bilanz ihrerseits im Zuge einer Anrechnung unter einem verbindlichen Klimaschutzregime berücksichtigt wird [2]. Zugleich soll das produzierende Land die Verantwortung für die CO₂-Bilanz von gehandeltem Holz übernehmen. Dies gilt aus Konsistenzgründen somit auch für die Ermittlung der Emissionen aus dem existierenden Kohlenstoffspeicher. Folgt man dieser von der internationalen Staatengemeinschaft vorgeschlagenen Berechnungsmethodik, welche auch bei der in RÜTER et al. ab S. 17 vorgestellten projizierten CO₂-Bilanz des Produktspeichers angewendet wurde, errechnet sich im Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2009 ein Nettoeffekt von jährlich -17,9 Mio t CO₂, welcher sich aufgrund des mit dem Modell WEHAM projizierten Holzaufkommens für den Zeitraum 2013 bis 2020 auf -20,4 Mio t CO₂ erhöht [3].

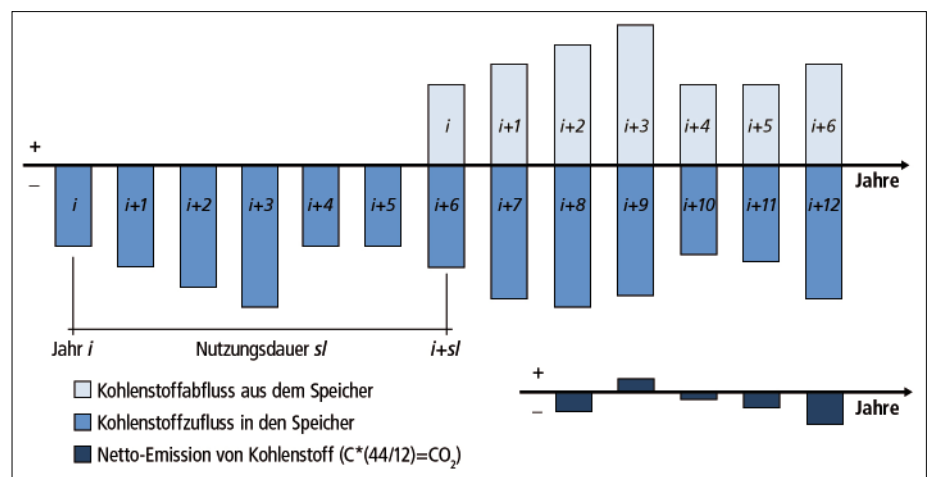


Abb. 2: Schematische Darstellung zur Ermittlung der Änderungen des Produktspeichers mithilfe von Nutzungsdauern

Stoffliche und energetische Substitutionspotenziale mithilfe von Ökobilanzen schätzen

Neben der verzögerten Freisetzung biogenen Kohlendioxids am Ende des Lebenszyklus von Holzprodukten (welches zuvor durch die lebende Biomasse der Atmosphäre entzogen wurde, und somit einem für das Klimageschehen relativ kurzfristigen Kohlenstoffzyklus unterliegt) entstehen auch bei der Herstellung von Holzwaren Treibhausgasemissionen, die vorrangig auf die Bereitstellung und den Verbrauch von Energie zurückzuführen sind. Da Kohlendioxid (CO₂) eines der mengenmäßig wichtigsten Klimagase ist, stellt es über ein Kohlendioxid-Äquivalent (CO₂e) die Bemessungsgrundlage für alle anderen Gase dar, die auf den Strahlungsantrieb der Atmosphäre wirken. Je nach Zusammensetzung des Energiemixes eines Landes oder der genutzten Energie eines Werkes der Holzindustrie handelt es sich um zumeist fossile Energieträger wie Gas und Öl, wodurch fossiler Kohlenstoff und andere bei Verbrennungsprozessen entstehende Treibhausgase in die Atmosphäre gelangen. Diese Emissionen werden auf nationaler Ebene nicht dem LULUCF-Sektor zugeschrieben, sondern in den Sektoren Energie und Industrie verbucht. Die Treibhausgasbilanz eines einzelnen Produktes wird mithilfe einer Ökobilanz nach ISO EN 14040 und 14044 ermittelt und durch die Wirkungskategorie Treibhausgaspotenzial (GWP 100) beschrieben. So ist es auch möglich, klimarelevante Emissionen von Produkten aus unterschiedlichen Materialien miteinander zu vergleichen, sofern diese die gleichen Funktionen (z.B. Flächenmaß, Dämmung oder Schallschutz) erfüllen. Zahlreiche Ergebnisse vergleichender Ökobilanzuntersuchungen, wie sie beispielsweise in der Metastudie von SATHRE und O'CONNOR zusammengestellt wurden, belegen: Waren aus Holz benötigen oftmals weniger Energie für ihre Herstellung, für die Bereitstellung der gleichen Leistung werden also weniger Treibhausgase produziert [4]. Die Autoren beschreiben die mögliche Substitutionsleistung von Holzprodukten durch einen Faktor, den sie über die Menge des eingesetzten Holzes in dem jeweiligen Produkt bilden und der das Verhältnis von Tonnen biogenem Kohlenstoff im Holz zu der eingesparten Menge an Treibhausgasen in tC/tC beschreibt. Der Kohlenstoffgehalt eines Kubikmeters Holz wird in dieser Studie mit 250 kg angenommen und die in den Treibhausgasemissionen enthaltene Kohlenstoffmenge wird näherungsweise über das Molverhältnis von CO₂ mit dem Faktor 12/44 CO₂e er-

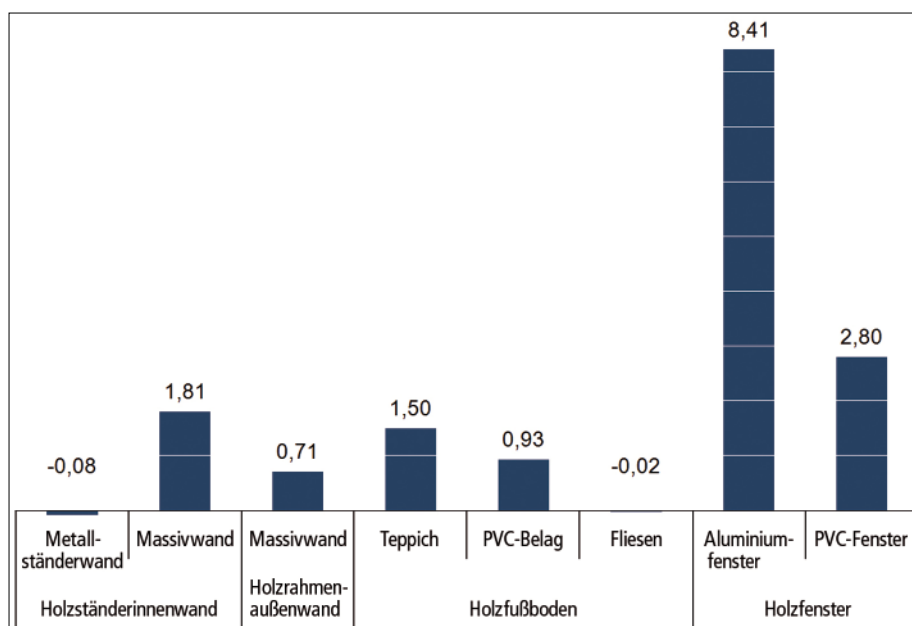


Abb. 3: Stoffliches Treibhausgas-Substitutionspotenzial in Holzprodukten im Vergleich mit ihren Konkurrenzprodukten [in tC/tC]

mittelt. In Abhängigkeit von dem Untersuchungsrahmen der Ökobilanzen und den betrachteten Produktgruppen variieren die Ergebnisse der 22 betrachteten Einzelstudien naturgemäß und werden von SATHRE und O'CONNOR im Durchschnitt mit einem Substitutionsfaktor von 2,1 tC/tC angegeben. Zum Vergleich sind die Ergebnisse aus dem BMBF-Projekt 'Ökologische Potenziale durch Holznutzung gezielt fördern' (www.oekopot.de) für unterschiedliche Produktsysteme in Abb. 3 ebenfalls über dieses Verhältnis abgebildet [5].

Neben der möglichen Einsparung von fossilen Treibhausgasemissionen durch die stoffliche Nutzung von Holz werden auch durch die energetische Verwertung des nachwachsenden Rohstoffs fossile Emissionen vermieden. Durch die energetische Verwertung von einem Kubikmeter lufttrockenem Nadelholz können z.B. bis zu 210 l leichtes Heizöl eingespart werden, was 560 kg fossilem CO₂e entspricht. Die funktionale Einheit für diesen Vergleich bildet die Bereitstellung von 7 600 MJ Energie. Im Ergebnis führt dies nach der beschriebenen Darstellungsweise zu einem Substitutionsfaktor von 0,67 tC/tC. In Abhängigkeit von den zu ersetzenden Energieträgern und dem Wirkungsgrad der Verbrennung kann dieser Faktor zwischen weniger als 0,5 und 1,0 tC/tC variieren [4]. Allerdings bewegt sich der Faktor nur dann in dieser für das Holz günstigen Größenordnung, wenn das Holz, wie eingangs beschrieben, auch tatsächlich CO₂-neutral verbrannt werden kann. Dafür müsste eigentlich der Nachweis erbracht werden, dass die Kohlenstoffspeicher im Wald,

aus denen das Holz stammt, tatsächlich konstant bleiben oder die Emissionen, die mit dem Holzeinschlag durch eine Veränderung des Waldkohlenstoffspeichers hervorgerufen werden, in einer Gesamtbilanz berücksichtigt werden (s. Ermittlung des Speichereffektes). Dies ist oftmals nicht gegeben bei Importen von Holz und anderer Biomasse für die energetische Verwertung, insbesondere aus Ländern, die die Treibhausgasbilanz ihrer Wälder nicht vollständig unter dem Kyoto-Protokoll anrechnen. Die Energieerzeugung aus diesem Holz ist daher auch nicht unbedingt mit einem positiven Substitutionseffekt für die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre verbunden.

Quantifizierung der Substitution für Deutschland

Für eine Einordnung der gegenwärtigen und zukünftigen Substitutionseffekte der Holznutzung in ganz Deutschland kann kaum die gesamte Holzproduktpalette mit allen erdenklichen Verwendungsbereichen im Detail abgeschätzt werden. Aus diesem Grund bietet sich eine Kombination der beschriebenen Substitutionsfaktoren mit Informationen über die auf nationaler Ebene verfügbaren Holz mengen an. Für die Abschätzung der stofflichen Substitutionseffekte wurden die durchschnittlichen Produktionsmengen von Schnittholz und Holzwerkstoffen der letzten fünf Jahre in Kohlenstoff umgerechnet. Anschließend wurden diese Kohlenstoffmengen mit dem Faktor von 2,1 tC/tC verrechnet, wobei für die Verarbeitung der Halbwaren zu

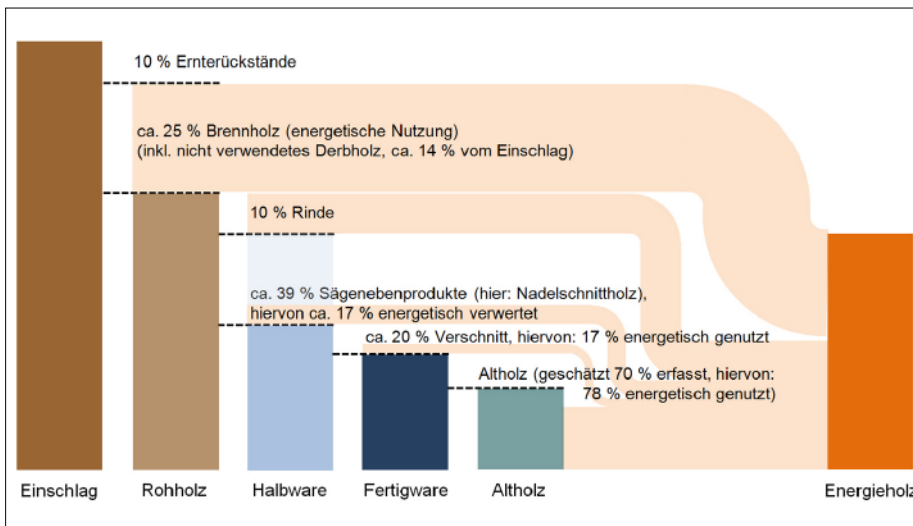


Abb. 4: Holzfluss entlang der Verarbeitungskette

Endprodukten ein Verschnitt von 20 % unterstellt wurde. Die Substitutionswirkung der energetischen Holzverwendung wurde über den in Abb. 4 dargestellten Holzstrom in Deutschland ermittelt. Als Eingangsgrößen für die Abschätzung der zur Verfügung stehenden Holzmenge wurden der durchschnittliche Einschlag der Jahre 2005 bis 2009 (= Kohlenstoffverlust im Wald) aus der Waldgesamtrechnung [6] und für den gleichen Zeitraum die durchschnittliche Produktionsmenge an Schnittholz, Holzwerkstoffe und Papier aus der Produktionsstatistik der UNECE Timber Database für Deutschland herangezogen [7]. Für Letztere kam die gleiche Methodik wie bei der Ermittlung der in den Produktspeicher eingehenden Holzmengen zur Anwendung.

Bereits 10 % des Einschlags verbleiben als Ernterückstand im Wald. Weitere 25 % des Einschlags werden als Brennholz energetisch genutzt [8]. Damit wird auch dem nicht verwendeten Derbholz eine energetische Nutzung unterstellt, welches die BWI² auf 13,8 % vom Holzeinschlag (in Vfm) beziffert. Auch der Rindenanteil in Höhe von 10 % des Einschlags wird von der Holzindustrie energetisch verwertet und hauptsächlich für die Holz Trocknung eingesetzt. Bei der weiteren Verarbeitung des Rohholzes zu Holzprodukten fallen weitere Verschnitte an (in Abb. 4 am Beispiel Nadel-schnittholz). So werden 17 % des Inlandaufkommens von Sägeebene-Produkten ebenfalls energetisch genutzt [9]. Ein ebenso hoher Anteil wird dem bei der Weiterverarbeitung der Halbwaren Schnittholz und Holzwerkstoffen zu Fertigwaren anfallenden Verschnitt für die energetische Nutzung unterstellt. Des Weiteren werden 78 % des aus der stofflichen Nutzung kommenden Altholzes

energetisch verwertet [10]. Da davon auszugehen ist, dass nicht alles Holz, welches stofflich verwendet wird, am Ende seiner Nutzung auch als Altholz erfasst wird, wird hier gutachterlich ein Korrekturfaktor von 0,7 verwendet. Anders als bei den entlang der Wertschöpfungskette vom Einschlag bis zur Herstellung der Fertigwaren anfallenden Holzmengen findet die energetische Nutzung von Altholz (und damit auch der Substitutionseffekt) in der Realität zwar zeitlich versetzt statt, doch wurde er hier der Einfachheit halber im Jahr der Produktion verrechnet.

Um die bereits stattfindende Substitutionsleistung der aktuellen Holzverwendung zu quantifizieren, wurde die aus der beschriebenen Abschätzung errechnete durchschnittlich verfügbare Holz- bzw. Kohlenstoffmenge des Zeitraums 2005 bis 2009 mit einer Nichtnutzung verglichen. Dies bedeutet, dass die Nachfrage nach Energie und den Funktionen der jeweiligen Holzprodukte (z.B. Holz als Baumaterial) in diesem Zeitraum durch die jeweiligen Substitute aus anderen Materialien (vgl. Abb. 3) hätte erbracht werden müssen. Insgesamt beläuft sich die aus dem durchschnittlichen Einschlag der Jahre 2005 bis 2009 verfügbare Kohlenstoffmenge auf 21,2 Mio t C, wovon 8,2 Mio t C im anfallenden Material entlang der Verarbeitungskette zu Holzprodukten für die energetische Substitution zur Verfügung standen (ohne Altholz). Weitere 7,4 Mio t C in Holzfertigwaren erzeugten durch ihre stoffliche Nutzung eine Substitutionswirkung, wobei Papierprodukte hiervon ausgenommen sind. In Kombination mit dem Faktor 0,67 tC/tC des beschriebenen Beispiels errechnen sich für diesen Zeitraum fossile Treibhausgasemissionen in Höhe von 30,1 Mio t CO₂e, die durch die ener-

getische Verwertung von Holz vermieden werden konnten. Das Ergebnis dieser Berechnung untermauert die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) beschriebene energetische Substitutionswirkung, wonach der Substitutionseffekt durch die Nutzung biogener Festbrennstoffe im Jahr 2009 bei 35,6 Mio t CO₂e lag [11]. Für die stoffliche Nutzung von Holz ergibt sich nach der beschriebenen Methodik im Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2009 ein Substitutionseffekt, welcher zur Vermeidung fossiler Treibhausgasemissionen in Höhe von 56,7 Mio t CO₂e beigetragen hat. Um auch die Auswirkungen einer sich ändernden Höhe des Holzeinschlags bzw. der Produktion von Holzprodukten auf die CO₂-Bilanz abzuschätzen und mögliche Handlungsspielräume für eine Verbesserung der CO₂-Bilanz des Forst- und Holzsektors zu identifizieren, kann die beschriebene Vorgehensweise, wie in RÜTER et al. (Beitrag S. 17) beschrieben, auch mit Projektionen über den zukünftigen Holzeinschlag kombiniert werden. Danach ergibt sich bei der gleichen unterstellten Nutzungsstruktur für das mit dem Modell WEHAM projizierte Holzaufkommen im Basisszenario für den Zeitraum 2013 bis 2020 ein energetischer Substitutionseffekt in Höhe von 37,7 Mio t CO₂e und eine Einsparung von 67,8 Mio t CO₂e fossiler Treibhausgase für die stoffliche Nutzung des nachwachsenden Rohstoffs.

Literaturhinweise:

- [1] MANTAU, U.; BILITEWSKI, B. (2010): Stoffstrom-Modell-Holz: Rohstoffströme und CO₂-Speicherung in der Holzverwendung. Celle: Forschungsbericht für das Kuratorium für Forschung und Technik des Verbandes der Deutschen Papierfabriken e.V. (VDP), 77 S. [2] UNFCCC (2010): Report of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol on its fifteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010, Addendum. FCCC/KP/AWG/2010/18/Add.1. [3] RÜTER, S. (2011): Projection of Net-Emissions from Harvested Wood Products in European Countries. Arbeitsbericht 2011/01 des HTB, vTI. Hamburg, 62 S. [4] SATHRE, R.; O'CONNOR, J. (2010): A Synthesis of Research on Wood Products & Greenhouse Gas Impacts, 2nd Edition. FPInnovations, Technical Report No. TR-19R, Vancouver, B.C. Canada, 117 S. [5] RÜTER, S. (2010): Einbeziehung von Holzprodukten in die Klimapolitik. Holz-Zentralblatt, 136, Nr. 25, S. 623-624. [6] UNFCCC (2011): Submission of information on forest management reference levels by Germany. http://unfccc.int/files/meetings/ad_hoc_working_groups/kp/application/pdf/awgkp_germany_2011.pdf. [7] UNECE (2010): Timber Database 1964-2009. [8] MANTAU, U. (2009): Holzrohstoffbilanz Deutschland: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012. In: Seitsch, B.; Dieter, M. (Hrsg.) Landbauforschung Völknerode Sonderheft 327, vTI, Braunschweig, S. 27-36 [9] MANTAU, U. (2006): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012. [10] WEIMAR, H.; MANTAU, U. (2005): Standorte der Holzwirtschaft: Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommens- und Vermarktungsstruktur. Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft, UHH, Abschlussbericht, Hamburg, 24 S. [11] BMU (2011): Erneuerbare Energien in Zahlen – Internetupdate ausgewählter Zahlen. BMU, Referat KI III 1, Berlin, 35 S.