

# Wachsende Bedeutung der CO<sub>2</sub>-Speicherung in der Holzverwendung

Von Udo Mantau, Hamburg

Die jährliche CO<sub>2</sub>-Speicherung in der Holzverwendung ist gegenwärtig fast so groß wie die des Waldes und wird langfristig an Bedeutung gewinnen, weil Energie- und Rohstoffverknappung zu einer höheren Nutzung des Waldholzes führen. Die CO<sub>2</sub>-Speicherung in der Holzverwendung machte 2002 mit 16,7 Mt CO<sub>2</sub> 1,9 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Deutschland (887 Mt) aus oder kompensierte knapp 10 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes des Verkehrssektors.

Im Rahmen der Stoffstromanalyse für Holz wurden im Jahr 2004 für das Jahr 2002 sämtliche Stoffströme von Holzprodukten analysiert und dokumentiert [7]. Seinerzeit stand das Thema der Kohlendioxidspeicherung nicht im Vordergrund des Interesses, doch hat die Methodik durch die aktuelle Klimapolitik neue Bedeutung erlangt, weil die Stoffstromanalyse HOLZ auf der Grundlage empirischer Daten in einem aktuellen Jahr sehr präzise bestimmt, wie viel Holz in der Verwendung verbleibt und wie viel im Altholz oder auf der Deponie landen. Mit der Stoffstromanalyse Holz kann auch dokumentiert werden, in welchem Umfang die Holz- bzw. Entsorgungswirtschaft ihr Bindungspotenzial durch organisatorischen oder technischen Fortschritt erhöht hat. Dies ist für ein realistisches Monitoring ebenso wichtig wie für die Motivation zur Steigerung des Senkpotenzials.

Vergleichbare Arbeiten zu Stoffströmen wurden für Deutschland zur Berechnung des Altpapiermengenstroms von 1992 bis 2005 ausgeführt (BILITEWSKI, [3]). Die Stoffstromanalyse HOLZ hat wegen der unterschiedlichen strukturellen Verhältnisse einen anderen Aufbau. Sie wird derzeit für das Jahr 2007 neu berechnet. In diesem Beitrag wird die Methode der Stoffstromanalyse mit der Methode der Holzrohstoffbilanzierung verbunden, wo-

mit die CO<sub>2</sub>-Bindung in der Holzverwendung im Zeitablauf dargestellt werden kann.

## Sektoren und Materialströme

In einem ersten Schritt wurden die relevanten Sektoren und Materialströme bestimmt. Dabei waren insbesondere die Besonderheiten der Holzmarktstatistik und der Abfallstatistik zu beachten und aufeinander abzustimmen. Zunächst wurden die „Holz-Sektoren“ (z.B. Nadelschnittholz, Spanplatte) bestimmt und dann die Stationen eines Sektors (z.B. Außenhandel, Rohstoffe, Halbwaren, Resthölzer, Fertigwaren, Entsorgung), die sie durchlaufen.

Von dem Rohstoffeinsatz (Waldholz, Restholz, Gebrauchtholz) von insgesamt 46,6 Mio m<sup>3</sup> im Jahr 2002 (Abb. 1) wurden 2,0 Mio m<sup>3</sup> mehr exportiert als importiert. Ferner fielen 12,4 Mio m<sup>3</sup> Industrieresthölzer an, die dem Kreislauf auch wieder in verschiedener Form zugeführt wurden. Berücksichtigt wurden ebenfalls

## Verschiedene Maßeinheiten

Die Verbindung verschiedener Märkte und Statistiken führt zum Vergleich verschiedener Maßeinheiten. Die Abfallstatistik weist grundsätzlich Massen in Form von Tonnen (Zustandsgewicht; lutro) aus. Die Holzstatistik wird grundsätzlich in Form von m<sup>3</sup> (Fm) dargestellt. Es wurde im Holzbereich vom Rohstoff bis zum verarbeiteten Produkt in m<sup>3</sup> (Fm) gerechnet. Für die Schnittstellen werden dann über Umrechnungsfaktoren die erfassten Volumen in „Tonnen, lutro“ umgerechnet, wie sie in der Abfallbranche üblich sind. So bleibt gewährleistet, dass die späteren Nutzer sich in dem Zahlenwerk ihrer Märkte wieder finden, was vor allem für die Akzeptanz der Daten von Bedeutung ist. Außerdem werden zusätzliche Umrechnungsfehler vermieden.

Rohstoffausträge, Materialverdichtungen und Produktionsverluste, die zusammen 1,9 Mio m<sup>3</sup> ausmachen. Daraus ergab sich eine Marktversorgung mit Halbwaren in Höhe von 30,3 Mio m<sup>3</sup>. Um zu der Marktversorgung mit Fertigwaren zu gelangen, wurden Fertigwareneinfuhren (5,6 Mio m<sup>3</sup>) hinzu gezählt und anfallendes Industrierestholz bei der Fertigwarenproduktion berücksichtigt.

Letztlich beträgt die inländische Marktversorgung 31,8 Mio m<sup>3</sup>. An dieser Stelle werden Holzstatistik (MANTAU) und Abfallstatistik (BILITEWSKI) zusammengeführt.

Prof. D. U. Mantau leitet den Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft im Zentrum Holzwirtschaft an der Universität Hamburg.

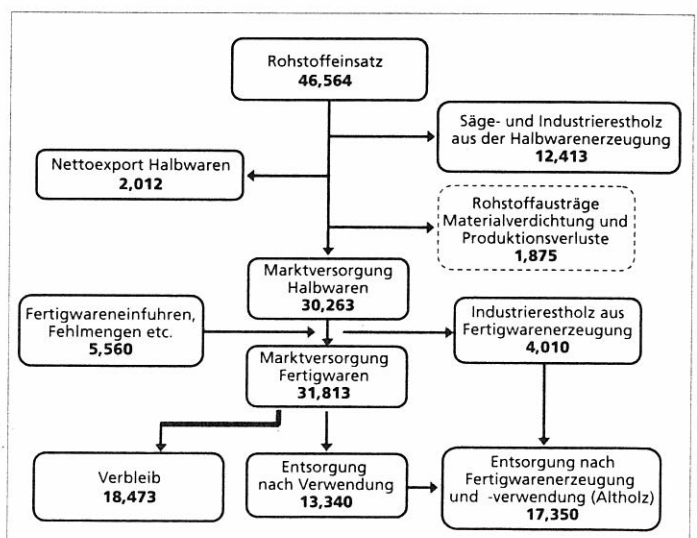


Udo Mantau

u.mantau@holz.uni-hamburg.de

Abb. 1:  
Vereinfachte Darstellung des Rohstoffeinsatzes bei der Herstellung von Holzwaren im Jahr 2002

Quelle:  
MANTAU/BILITEWSKI:  
Stoffstrom-Modell-Holz,  
2005 [7],  
nach KIBAT, K. D. [4]



Aus den Berechnungen ergibt sich, dass 18,5 Mio m<sup>3</sup> Holz in der Verwendung verbleiben und 13,3 Mio m<sup>3</sup> in die Entsorgung gehen. Zusätzlich kommen in der Entsorgung noch 4,0 Mio m<sup>3</sup> Industrierestholz aus der Fertigwarenerzeugung an.

Als Schnittstellen zwischen den Bereichen Holz und Abfall wurden folgende Sektoren festgelegt:

- Baubereich,
- Möbel und Einrichtungen,
- Verpackungen,
- Sonstiges (Tiefbau, Außenbereich, Industrie und nicht spezifizierte Bereiche).

Im Jahr 2002 fanden sich insgesamt 11,2 Mio t<sub>lutro</sub> Altholz im Umlauf. Davon kamen im Entsorgungssystem jedoch nur 5,8 Mio t<sub>lutro</sub> Altholz an. Die restliche Menge von 5,4 Mio t<sub>lutro</sub> wurde noch beseitigt (Abb. 2). Hier haben sich in der Zwischenzeit durch das Deponierungsverbot sicher Änderungen ergeben, aber damit muss die Altholzmenge nicht unbedingt viel größer geworden sein. Anfang 2009 herrschte Knappheit auf dem Altholzmarkt, weil die einbrechende Konjunktur zu weniger Altholzankauf führte. Dieses Beispiel zeigt, dass Altholz nicht anfällt, wenn theoretische Lebenszyklusmodelle aus der Holzverwendung der letzten Jahrzehnte es freisetzen, sondern die Freisetzung folgt ganz anderen Einflussfaktoren wie Bauaktivität und Möbelkauf.

### Zuordnung auf die Verwendungsbereiche

Im nächsten Schritt geht es darum, die in der Verwendung verbliebenen Holzmenge einzelnen Verwendungsbereichen zuzuordnen. Auf der Grundlage zahlreicher Studien des Verfassers zur Holzverwendung konnte dies in den meisten Fällen auf empirische Ergebnisse gestützt werden, wenngleich nicht für jede Verwendung Marktforschungsstudien vorlagen. Einen erheblichen Anteil hatten daran Studien, die im Auftrag des Holzabsatzfonds durchgeführt wurden. Umso mehr man empirische Sachverhalte eingrenzen kann, umso kleiner wird die Gefahr eines Fehlers in den verbleibenden Experten-schätzungen (Abb. 4).

Bei der Holzartenzusammensetzung der Fertigwaren (überwiegend Nadelholz) gilt

$$1 \text{ Fm Holz} = 0,5 \text{ t}_{\text{atro}} = 0,25 \text{ t C.}$$

Als Umrechnungsfaktor von Kohlenstoff in Kohlendioxid wurde der Faktor 3,67 verwendet.

Daraus ergibt sich, dass in der Holzverwendung 16,7 Mt CO<sub>2</sub> gebunden werden. Im Jahr 2002 betrug der Kohlendioxidausstoß in Deutschland 887 Mt CO<sub>2</sub> [13] (UBA). Somit werden 1,9 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in

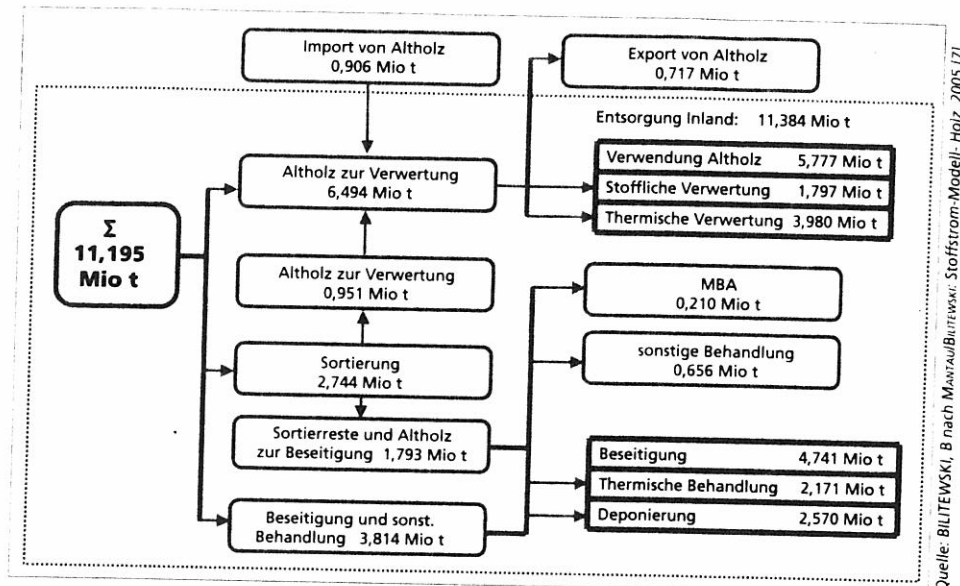


Abb. 2: Altholzaufkommen und Altholzverwertung

Deutschland (887 Mio t) durch stoffliche Holzverwendung gebunden (Abb. 3).

Vom Altholz wurden 5 Mio t<sub>atro</sub> Altholz im Jahr 2002 der energetischen Verwendung zugeführt wurden. Zieht man die Ergebnisse der Holzrohstoffbilanz hinzu, so ergibt sich ein deutlich höherer Wert für die energetische Nutzung, da sie alle Holzrohstoffe (Waldholz, Restholz, Altholz) umfasst.

Die Holzrohstoffbilanz analysiert alle Holzaufkommensarten und Holzverwendungen in einem Jahr und bezieht dabei Kaskadennutzungen mit ein. Sie berücksichtigt, dass der Einschnitt im Sägewerk zu Sägenebenprodukten führt, die im Zellstoffwerk eingesetzt werden, in dem Schwarzlauge zur energetischen Nutzung verwendet wird. Somit kann über die Holzrohstoffbilanz auch zwischen stofflicher und energetischer Verwendung auf allen Ebenen und in allen Verwendungen unterschieden werden.

Berücksichtigt man im Jahr 2002 nicht nur die Menge Altholz (3,2 Mio m<sup>3</sup> Festmeteräquivalent), sondern auch die Verwendung von Pellets, Briketts, Schnittholzresten und vor allem Scheitholz, so wurden 2002 bereits 51,1 Mio m<sup>3</sup> Holz energetisch genutzt [9]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Holz zur energetischen Verbrennung aufbereitet und transportiert werden muss, sodass die CO<sub>2</sub>-Freisetzung mit 947 kg CO<sub>2</sub> höher ist als der gebundene Kohlendioxidgehalt im Holz mit 920 kg [5]. „Zur Erzeugung der gleichen Menge Energie müsste man alternativ 250 l Erdöl einsetzen, was zu einer Freisetzung von 700 kg CO<sub>2</sub> führt [5].“ Wegen der aufgewendeten Energie für die Bereitstellung des Brennstoffes Holz ist somit eine reduzierte Masse in Höhe von 675 kg anzusetzen [5].

Die Ergebnisse lassen sich noch präzisieren, indem die unterschiedlichen Wirkungsgrade in der Verbrennung nach al-

len Verwendungsbereichen differenziert berücksichtigt werden. Zudem kann man die CO<sub>2</sub>-Bindung in der Verwendung von Holzprodukten (16,7 Mt CO<sub>2</sub>) und in der energetischen Nutzung (18,7 Mt CO<sub>2</sub>) im Jahre 2002 und für die Hochrechnung der übrigen Jahre nicht direkt vergleichen. Energetische Nutzung ist Endnutzung. Sie setzt das zuvor gebundene CO<sub>2</sub> frei. Ihr Vorteil entsteht aus der Substitution von Primärenergie – nicht mehr, aber auch nicht weniger. Stoffliche Nutzung führt hingegen zu einer dauerhaften Senkenfunktion.

### CO<sub>2</sub>-Bindung im Zeitablauf

Die Verbindung der Stoffstromanalyse HOLZ [7] mit der Methode Holzrohstoffbilanz [8, 9, 10] eignet sich dazu, die CO<sub>2</sub>-Bindung in den verschiedenen Formen der Holzverwendung in kontinuierlicher Form zu berechnen. Die Berechnungen basieren auf aktueller, empirischer Basis und lassen sich somit überprüfen. Dies ist wichtig, wenn man Fortschritte der Industrie eines Landes oder Vergleiche zwischen der industriellen Effizienz verschiedener Länder anstellen will. Nur wenn Verbesserungen in der CO<sub>2</sub>-Bilanz sichtbar werden, wird die Motivation zur Effizienzsteigerung erhöht. Dies ist nicht der Fall, wenn die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Holzeinsätzen abhängig ist, die

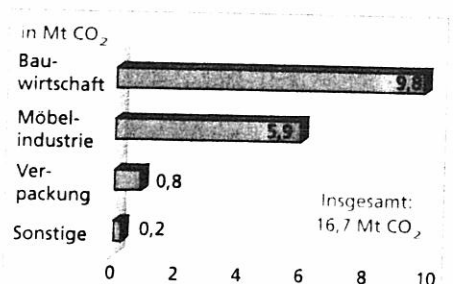


Abb. 3: CO<sub>2</sub>-Bindung in der stofflichen Holzverwendung

Summe der Holzwaren: 31,813 Mio m <sup>3</sup> oder 100 %			
Verbleib: 18,240 Mio m <sup>3</sup> oder 57,2 %		Entsorgung: 13,574 Mio m <sup>3</sup> oder 42,8 %	
	Verbleib	Entsorgung	
Baubereich	10,681 = 67,2 %	5,212 = 32,8 %	
Möbelindustrie	6,404 = 66,4 %	3,240 = 33,6 %	
Verpackung	0,902 = 18,4 %	4,008 = 81,6 %	
Sonstige	0,253 = 18,4 %	1,114 = 81,4 %	

Abb. 4: Verbrauch und Entsorgung an Holzfertigwaren in Deutschland nach Holzprodukten in Mio t (lutro)

nach dem Lebenszyklus vor Jahrzehnten erfolgten.

Die Dynamisierung und die Szenarien der Holzrohstoffbilanz ermöglichen darüber hinaus eine langfristige Darstellung der stofflichen CO<sub>2</sub>-Bindung und der energetischen Substitution von Primärenergie. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Verhältnis von eingesetzten Kubikmetern Holz und Substitution von Primärenergie in der energetischen Nutzung konstant ist (675 kg/Fm). Bei künftiger Verwendung dieses Verfahrens zur Bestimmung von CO<sub>2</sub>-Senkenpotenzialen wären die Zeitreihen der Marktdaten mit entsprechenden Zeitreihen technologischer Veränderungen bzgl. der Wirkungsgrade noch zu ergänzen.

Bei der stofflichen Verwendung sind die Werte weniger konstant, da sich aufgrund konjunktureller Einflüsse und Innovationen die dauerhafte Bindung in den Verwendungssektoren, im Altholzaufkommen und in der Altholzentsorgung stärker verändern als Wirkungsgrade. Zudem wirken auch in diesem Bereich technologische Veränderungen.

Berechnet man den Wert auf die insgesamt eingesetzten Fertigwaren (Bindung und Entsorgung), so wurden im Jahr 2002 pro m<sup>3</sup> produzierten Fertigwaren 533 kg CO<sub>2</sub> gebunden. Da die Holzrohstoffbilanz keine Fertigwaren ausweist, sondern die eingesetzten Rohstoffe zur Fertigwarenproduktion, muss zusätzlich das Verhältnis der eingesetzten Rohstoffe im Jahr 2002 46,5 Mio m<sup>3</sup> zu 31,8 Mio m<sup>3</sup> Fertigwaren

Tab. 1: Durchschnittliche jährliche CO<sub>2</sub>-Bindung in der Holzverwendung nach WEHAM-Perioden

Jahres-Durchschnitt	Stoffliche Bindung	energetische Substitution
1988 - 1992	13,423	10,886
1993 - 1997	14,982	12,975
1998 - 2002	16,025	16,643
2003 - 2007	20,356	28,229
2008 - 2012	19,465	37,445

Quelle: Vgl. MANTAU, Szenarien 2008-2012, aktualisiert

(68,4 %) berücksichtigt werden. Pro eingesetztem Kubikmeter Holz (Waldholz, Restholz, Gebrauchtholz) kommt es somit zu einer CO<sub>2</sub>-Bindung von 365 kg.

Ferner wurde bei der ersten Berechnung der Stoffstromanalyse ein geringerer Einschnitt (Statistik) berechnet als es durch alle Hochrechnungen der Holzrohstoffbilanz der Fall ist. Dies entspricht einer weiteren Reduktion von 18,5 %. Somit bleibt eine CO<sub>2</sub>-Bindung pro eingesetztem Kubikmeter Fertigwaren von 308 kg pro eingesetztem Kubikmeter Holz als Rohstoff (nach Holzrohstoffbilanz) übrig.

Unberücksichtigt bleibt bei diesen Berechnungen die CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Produktion von Holzprodukten. Bei Bedarf könnte die Darstellung nach Rohstoffen (Waldholz, Restholz, Gebrauchtholz) auch getrennt erfolgen, was den Vorteil hätte, dass nicht nur die Rohstoffwirkung berücksichtigt wird, sondern auch technologische Effizienzunterschiede. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Produktion von Holzprodukten dürfte im Vergleich zu anderen Baustoffen jedoch deutlich geringer sein.

Nach SCHARAI-RAD und WELLING [12] hat ein Holzhaus, das vorwiegend aus Holz und Holzwerkstoffen und zu einem geringen Anteil aus mineralischen Werkstoffen besteht, bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 80 Jahren im Vergleich zu einem überwiegend aus mineralischen Materialien gebauten Massivhaus einen um 50 % geringeren Nettoenergieverbrauch während des gesamten Lebenszyklus. Die Berechnung erfolgt somit ohne Berücksichtigung negativ wirkender Produktionseffekte in der Holzproduktion und positiv wirkender Substitutionseffekte der Emissionen anderer Baustoffe. Würde man sie mit einbeziehen, läge die CO<sub>2</sub>-Senkenleistung der stofflichen Holzverwendung noch deutlich höher.

Die langfristige Darstellung ist nur eine Annäherung des tatsächlichen Wertes auf der Grundlage der strukturellen Verhältnisse des Jahres 2002. Berechnungen der Stoffstromanalyse HOLZ in mindestens

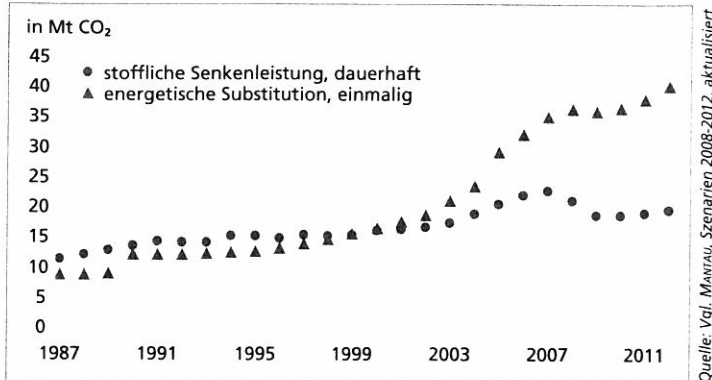


Abb. 5: Dauerhafte CO<sub>2</sub>-Bindung in der stofflichen Holzverwendung und jährliche Substitution von Primärenergie durch energetische Nutzung von Holz (in Mt CO<sub>2</sub>)

Quelle: Vgl. MANTAU, Szenarien 2008-2012, aktualisiert

mehrjährigen Abständen sind für exakte Berechnungen unbedingt erforderlich. Die Modellrechnung soll jedoch zeigen, was mit der Kombination der beiden Verfahren möglich ist. Eine Berechnung auf jährlicher Grundlage wäre jedoch durchaus möglich und würde die Ergebnisse struktureller Veränderungen, z.B. bei der Abfallverarbeitung, aufzeigen und deutlich unter vergleichbarem Aufwand in anderen Berechnungen liegen (Tab. 1 und Abb. 5).

### Senkenleistung des Waldes

Schließlich soll die CO<sub>2</sub>-Bindung in der Holzverwendung noch mit der CO<sub>2</sub>-Senkenleistung des Waldes verglichen werden. „Die prognostizierte zusätzliche Nettokohlenstoffspeicherung beträgt zu Beginn des Betrachtungszeitraums (2002 bis 2007) etwa 5 Mt C/a [6].“ Dies entspräche einer CO<sub>2</sub>-Bindung in Höhe von 18,3 Mt. Damit liegt die aktuelle CO<sub>2</sub>-Bindung des Waldes knapp über der CO<sub>2</sub>-Bindung in der stofflichen Holzverwendung (16,7 Mt CO<sub>2</sub>). ELSASSER berechnet auch die Entwicklung der durchschnittlichen Nettokohlenstoffspeicherung in der Baumbiomasse auf der Basis von WEHAM. Er weist ferner darauf hin, dass das Bindungspotenzial von der Konjunktur abhängt. Entscheidend aber ist, dass bei tendenziell steigendem Holzverbrauch aufgrund steigender Rohstoff- und Energieverknappung die Senkenleistung des Waldes etwa ab 2030 gegen Null tendiert und bei einem Abbau der Reserven sogar negativ wird. Damit aber wird nochmals deutlich, wie wichtig die Anerkennung der Senkenleistung der stofflichen Verwendung ist, denn dauerhaft bringt nur sie einen größeren Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Bindung, die sich mit dem vorgestellten Verfahren quantitativ bestimmen lässt.

Nach der Studie „Imagebarometer“ des Holzabsatzfonds [2] wird dem Wald unumstritten ein positiver Beitrag zum Klimaschutz zugeschrieben (2008: 98 %, 2007: 97 %). Auch die Verwendung von Holz trägt für 61 % der Bevölkerung po-

sitiv zum Klimaschutz bei. Sie liegt damit aber deutlich hinter dem Kenntnisstand zur Senkenleistung des Waldes zurück. Dies könnte auch daran liegen, dass die Senkenleistung der Holzverwendung bisher kaum mengenmäßig erfasst wurde und ihre Größenordnung weitgehend unbekannt war. Bisherige Untersuchungen zeigten stets, dass eine sehr große Zustimmung zu Umweltverträglichkeit von Holz gegeben ist, aber dennoch wenig Bereitschaft besteht, deshalb Holz zu kaufen. Es ist nicht zu erwarten, dass das Klimaschutzargument diesen Sachverhalt umkehrt, aber es hat wahrscheinlich eine deutlich größere Kaufrelevanz als Umweltverträglichkeit im Allgemeinen. Zudem ist der Umwelteffekt durch das

Material Holz in Form von gebundenem Kohlenstoff greifbarer und daher als Verkaufargument stärker als Umweltschutz „irgendwie – irgendwo“. In jedem Fall eignet sich das Klimaschutzargument besonders gut zur Erzielung von Imagegewinnen für den Bau- und Werkstoff Holz – Holzverwendung ist Klimaschutz, sodass Holzabsatzförderung in hervorragender Weise klimapolitischen Schutzzielen dient, zu deren Verwirklichung die Marktkräfte zusätzlich genutzt werden können.

#### Literaturhinweise:

[1] BMU 2002: AVV – Abfallverzeichnis-Verordnung (Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 01.01.2002. [2] IFAK (2008): Imagebarometer Forst & Holz. Taunusstein, 2008, 57 S. [3] INTECUS, 1992-2005: Altpapiermengenstrom in Deutschland. [4] KIBAT, K.-D. (2006): Stoffstrommodell. Holz-Zentralblatt, 2006, Nr. 12, S. 354-355. [5] KOHL, M., FRUHWALD, A., KENTER, B., OLSCHOFSKY, K., KOHLER,

R., KOTHKE, M., RUTER, S., PRETZSCH, H., RÖTZER, T., MAKESCHIN, F., ABIX, M., DIETER, M. (2009): Potenzial und Dynamik der Kohlenstoffspeicherung in Wald und Holz. Beitrag des deutschen Forst- und Holzsektors zum Klimaschutz, in: Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research, Sonderheft 327, S. 103-109. [6] ELSASSER, P.: Wirtschaftlicher Wert der Senkenleistung des Waldes unter KP-Artikel 3.4 und der Ansätze zu dessen Abgeltung in der ersten Verpflichtungsperiode. Arbeitsbericht des vTI, Nr. 06/2008, 54 S. [7] MANTAU, U., BILTEWSKI, B. (2005): Stoffstrom-Modell-Holz, Bestimmung des Aufkommens, der Verwendung und des Verbleibs von Holzprodukten, Forschungsbericht für den Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP), Celle 2005, 65 S. [8] MANTAU, U., u. M.v. SOERGEL, C. (2006): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Bestandsaufnahme 2004, Methodikbericht. Hamburg 2006, 64 S. [9] MANTAU, U.; SOERGEL, C.; WEIMAR, H. (2007): Holzrohstoffbilanz Deutschland – Bestandsaufnahme 1987 bis 2005 – Abschlussbericht. Hamburg, 2007, 66 S. [10] MANTAU, U. (2008): Holzrohstoffbilanz Deutschland, Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012, Hamburg, 2008, 79 S. (Szenarien aktualisiert). [11] RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT Verordnung (EWG) Nr. 259/93 des Rates vom 1. Februar 1993 zur Überwachung und Kontrolle der Verbringung von Abfällen in der, in die und aus der Europäischen Gemeinschaft. [12] SHARAI-RAD, M., WELLING, J. (2002): Environmental and Energy Balances of Wood Products and substitutes. FAO, Rome. [13] UBA (2006): Berichterstattung unter der Klimakonvention der Vereinten Nationen 2006, Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990-2004. [14] WEIMAR, H., MANTAU, U.: Standorte der Holzwirtschaft – Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommens- und Vermarktungsstruktur Hamburg, 2008. 22 S.