

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 134 (2008)
Heft: 11: Werkstoff Holz

Artikel: CO2-Effekte der Holznutzung
Autor: Richter, Klaus / Hofer, Peter / Taverna, Ruedi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108904>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CO₂-EFFEKTE DER HOLZNUTZUNG

01 Das Kioto-Protokoll erkennt bisher nur den Wald als CO₂-Senke an, nicht hingegen Gebäude oder andere Holzprodukte. Im Bild: Forstwerkhof Turbenthal, siehe S. 20 ff. (Bild: Heinrich Helfenstein)

02 Holzprodukte ersetzen in der Regel energieintensivere Produkte (stoffliche Substitution) und wirken dabei als CO₂-Speicher. Die thermische Verwertung von Rest- und Altholz ersetzt ausserdem fossile Energieträger (energetische Substitution)

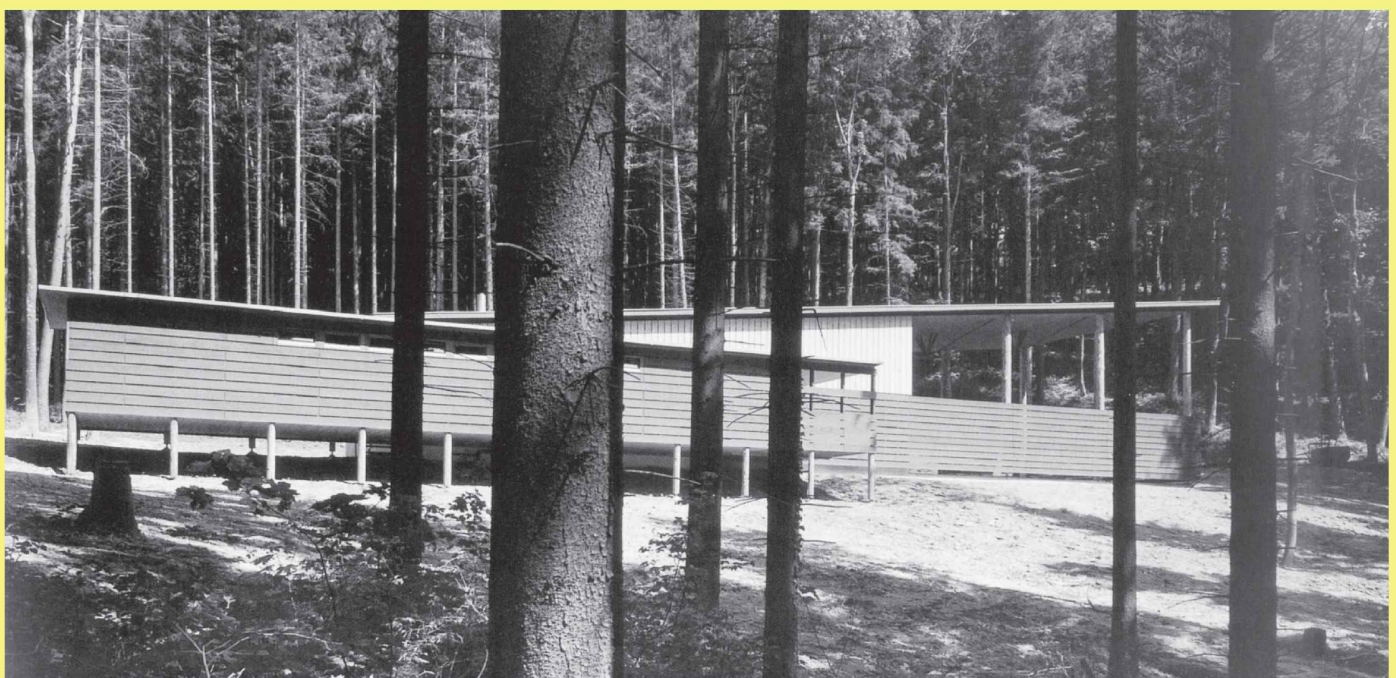
03 Übersicht über die untersuchten Szenarien: Ziel des Szenarios «Zuwachs optimiert» ist es, die Zuwachsleistung des Waldes und damit die nutzbare Holzmenge durch geeignete Bewirtschaftung langfristig zu maximieren. Das Szenario «Reduzierte Waldpflege» soll dagegen den Effekt der Wälder als Kohlenstoffsinken maximieren. Das Szenario «Kioto optimiert» ist ein Mittelweg zwischen den beiden ersten Szenarien: Neben einem möglichst optimalen Zuwachs soll der Vorrat in den Wäldern um die laut Kioto-Protokoll anrechenbare Menge erhöht werden

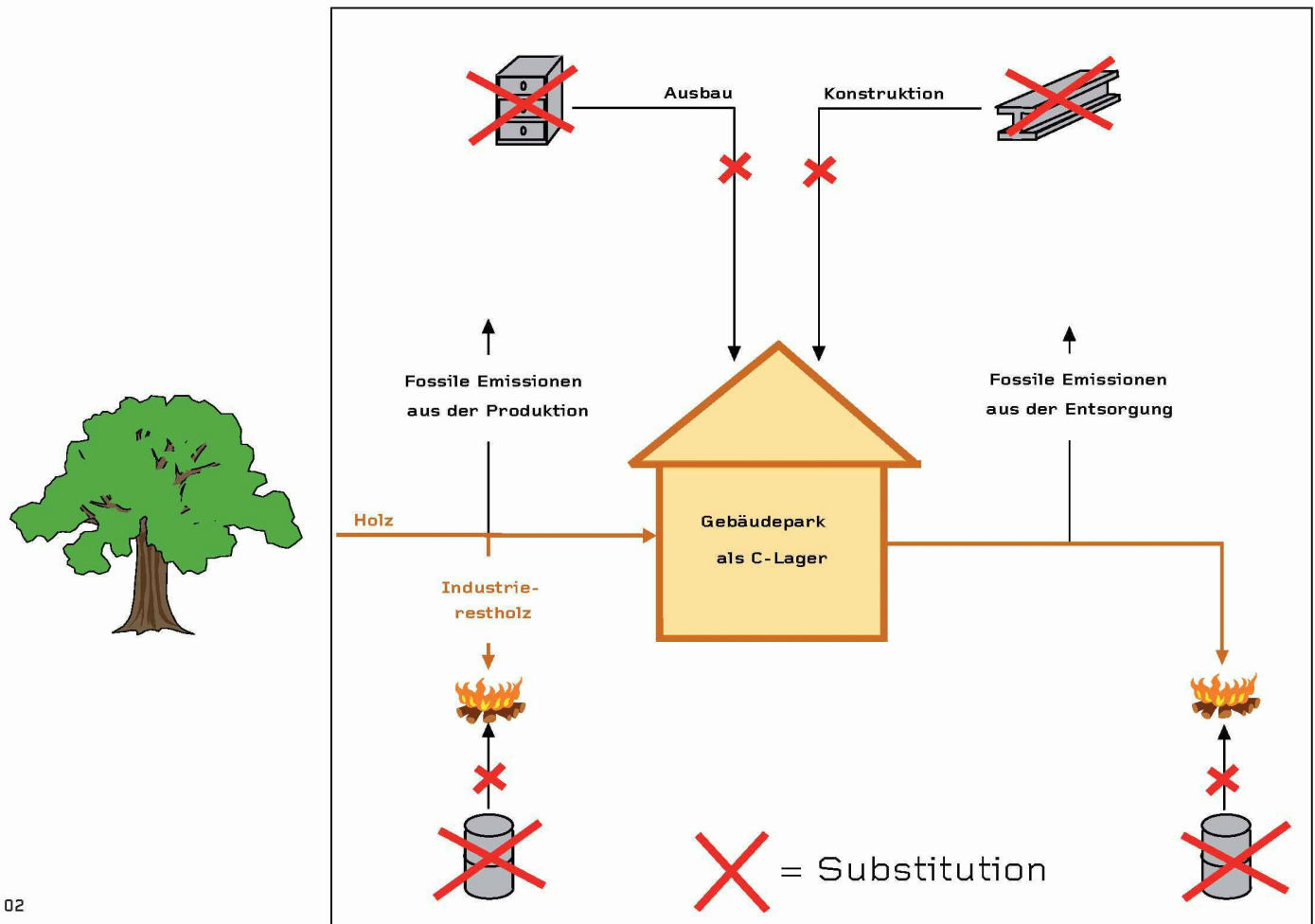
Wälder spielen für den weltweiten Klimaschutz eine wichtige Rolle, denn sie speichern CO₂ in Form von Kohlenstoff im Holz der Bäume sowie in der Humusschicht. Wird das Holz zu Produkten verarbeitet und in einem zweiten Schritt auch noch energetisch genutzt, ergeben sich weitere CO₂-Einspareffekte. Wie die ideale Wald- und Holzbewirtschaftung aussehen muss, um diese Effekte zu maximieren, untersuchte eine Studie¹.

Das Kioto-Protokoll, bisher einziges Instrument der Klimakonvention zum Schutz des Klimas, ist bis heute von 175 Ländern ratifiziert worden. Damit haben sich fast alle Industrieländer, mit Ausnahme der USA, verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen gegenüber dem Stand von 1990 während der nächsten vier Jahre (1. Verpflichtungsperiode 2008–2012) in länderspezifischem Ausmass zu reduzieren. Für die Schweiz beträgt die Verpflichtung 8 % von 52.76 Mio. t CO₂. Die nationale Politik hat sich entschieden, für die Erreichung der Ziele die Leistungen des Waldes als CO₂-Speicher (Senke) anrechnen zu lassen. Dies ist für die erste Verpflichtungsperiode bis zum maximal anrechenbaren Senkenpotenzial von 1.8 Mio. t CO₂/Jahr möglich.

POTENZIALE EINER OPTIMIERTEN HOLZNUTZUNG

Entsprechend den heute gültigen internationalen Anrechnungsregeln wird nur der Zuwachs des Waldes als Senkenleistung anerkannt und somit das Potenzial einer optimierten Holznutzung im Kioto-Protokoll nicht berücksichtigt. Dieses Potenzial beruht auf folgenden





02

	Ausgangswert 2000 (Mio. m ³)	Zuwachs optimiert (Mio. m ³)		Kioto optimiert (Mio. m ³)	Reduzierte Waldpflege (Mio. m ³)	Status quo (Mio. m ³)
Nutzung Holznutzung Schweiz	5.0	9.2 +84 %		8.5 +75 %	3.0 -40 %	5.9 +18 %
		Bau	Energie	Bau		
Verbrauch Konstruktion, Ausbau, Holzprodukte	2.5	4.5 +80 %	2.5 ±0 %	4.5 +80 %	1.9 -24 %	3.0 + 21 %
	Waldenergieholz	1.3	2.9 +122 %	5.8 +344 %	2.2 +67 %	0.3 -81 %
Aussenhandel Holzwarenexporte Holzwarenimporte	1.4	Konstant 1.4	Konstant 1.4	Konstant 1.4	Konstant 1.4	Konstant 1.4
	2.2	2.2	2.2			

03

Überlegungen: Werden die Waldbäume geerntet und zu Holzprodukten verarbeitet, wird das Holz den natürlichen Alterungs- und Zerfallsprozessen entzogen und die Speicherdauer des Kohlenstoffes verlängert. Nehmen die Holzmengen im Zivilisationskreislauf zu, wird also Holz in Gebäuden, Möbeln und Verpackungen etc. eingesetzt, kann auch hier von Kohlenstoff-Senken gesprochen werden. Diese unterliegen den gleichen Regeln wie die Waldsenken, können also zu Quellen werden, wenn die Holzlager abnehmen. Durch intelligente Massnahmen insbesondere bei Bauanwendungen kann jedoch die Langlebigkeit der Holzprodukte und damit die Dauer der Kohlenstoffbindung beeinflusst werden. Durch eine sinnvolle Kaskadennutzung (mehrfache stoffliche Wieder- und Weiterverwendung in verschiedenen Produkten bis zur thermischen Verwertung) kann die Lebensdauer von Holz und damit die C-Bindung entscheidend verlängert werden.

Obwohl auch die Herstellung von technischen Holzprodukten fossile Energieträger verbraucht, insbesondere für Transporte und eingesetzte Zusatzstoffe, weisen Holzprodukte meist deutlich bessere Ökobilanzen auf als ihre Austauschprodukte. Vor allem verursachen sie weniger CO₂-Emissionen als funktionell gleichwertige Substitute. Der Einsatz von Holzprodukten anstelle solcher aus anderen Materialien führt somit zu einer Vermeidung von CO₂-Emissionen: Es wird ein stofflicher Substitutionseffekt erzielt (Bild 2).

Die energetische Nutzung von Holz anstelle von fossilen Energieträgern ergibt einen weiteren Substitutionseffekt. Nicht sinnvoll ist allerdings, stofflich höherwertig verwendbares Holz direkt ab Wald der Energieerzeugung zuzuführen, ohne vorher die Möglichkeiten der stofflichen Substitution auszunutzen. Ein doppelter Effekt kann erzielt werden, wenn erst die aus der stofflichen Verwendung ausscheidenden Holzprodukte energetisch genutzt werden und dabei fossile Energieträger ersetzen.

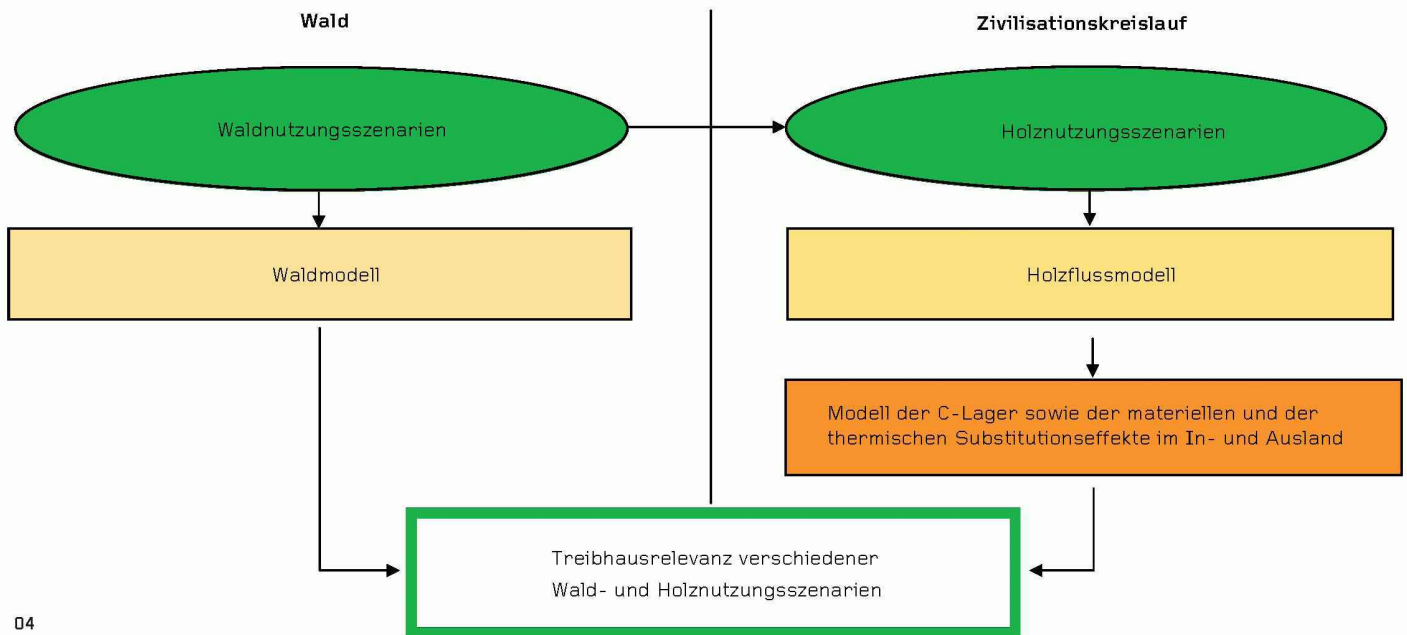
Um die Grössenordnungen dieser Effekte für die Schweiz abzuschätzen, modellierte ein vom Bundesamt für Umwelt in Auftrag gegebenes Projekt die Auswirkung unterschiedlicher Szenarien der Wald- und Holznutzung auf die nationale Treibhausgasbilanz. Betrachtet wurden die Auswirkungen auf die CO₂-Lager im Wald und im Zivilisationskreislauf sowie die CO₂-Einsparung durch Substitution von Produkten aus anderen Materialien durch solche aus Holz für die nächsten 130 Jahre.

VIER VERSCHIEDENE SZENARIEN

In der Studie wurden vier verschiedene Waldbewirtschaftungsszenarien definiert (Bild 3), bei welchen unterschiedliche Mengen an im Wald verbleibendem sowie wirtschaftlich nutzbarem Holz anfallen. In einem zweiten Schritt wurden die nutzbaren Holzmengen so auf Anwendungsgebiete im Bau- und Energiewesen verteilt, dass realistische Verwendungsszenarien entstanden. Die Verteilung im Bauwesen – von den Mengen und der Verweilzeit her die wichtigste Holzverwendung – erfolgte bis zum Detaillierungsgrad Bauteile (Geschossdecken, Aussenwände etc.).

Im Detail wurden drei eigenständige Teilbereiche modelliert und durch Input-Output-Beziehungen miteinander verbunden (Bild 4):

1. Für den Wald und die Waldbewirtschaftung wurden unterschiedliche Intensitäten der Waldbewirtschaftung untersucht (Zuwachs optimiert, Kyoto optimiert, Reduzierte Waldpflege, Fortschreibung Status quo), jeweils mit unterschiedlichen Nutzungsoptionen für das geerntete Holz (Bild 3).
2. Das Modell der schweizerischen Holzwirtschaft beschreibt die mengenmässigen Veränderungen der wichtigsten Verarbeitungs- und Verwendungsprozesse von Holzprodukten.
3. Die Substitutionsrechnungen basieren auf dem Vergleich von Holz- und Nicht-Holzprodukten und deren Ökobilanzen. Die Ersatzprodukte wurden auf Basis einer Befragung von Architekten und Bauherrschaften festgelegt (Bild 5). Dabei wurden auch wichtige Abgrenzungsfragen in Bezug auf CO₂-Einsparungen im In- und Ausland untersucht. Entscheidend für den Klimaschutz sind die gesamten Effekte im In- und Ausland. Für politische Entscheidungen ist es aber auch von Bedeutung, welche CO₂-Effekte im Inland und welche im Ausland entstehen.



04

Anwendung	Bauteil aus Holz	Austauschprodukt	Substitutionseffekt fossile CO ₂ -Emissionen pro kg verbautes Holz (kg CO ₂ -äquiv.)
Konstruktion			
(Aussen-)Wände	Blockholzplatte	Backstein-Zweischalen-Mauerwerk	-1.60
Stützen	Brettschichtholzstütze	Stahlstütze	-2.27
Geschossdecken	Holzbalkendecke	Stahlbetondecke	-2.74
Dämmung	Holzfaserdämmplatte	Steinwolle	+0.41
Dächer	Sichtbalkenkonstruktion	Porenbeton-Steildach	-1.30
Tiefbau	Holzpalisade	Betonpalisade	-0.73
Ausbau			
Wand- und Deckenverkleidung	Fichtentäfer	Verputz innen	-1.91
Treppen	Holztreppe Eiche	Betonfertigtreppe	-1.72
Bodenbeläge	3-Schicht-Parkett	Keramikfliesen glasiert	-2.06
Fassaden	Holzschalung sägerau	Verputz aussen	-2.40
Ausstattung	Holzwerkstoffzarge	Stahlzarge	-2.76
Möbel	Möbel (Spanplatte)	Stahlmöbel	-1.90

05

HOLZVERBRAUCH LÄSST SICH ENORM STEIGERN

Die Modellrechnungen zeigen, dass die optimalen Beiträge zur CO₂-Bilanz wie folgt erreicht werden können (Bild 3):

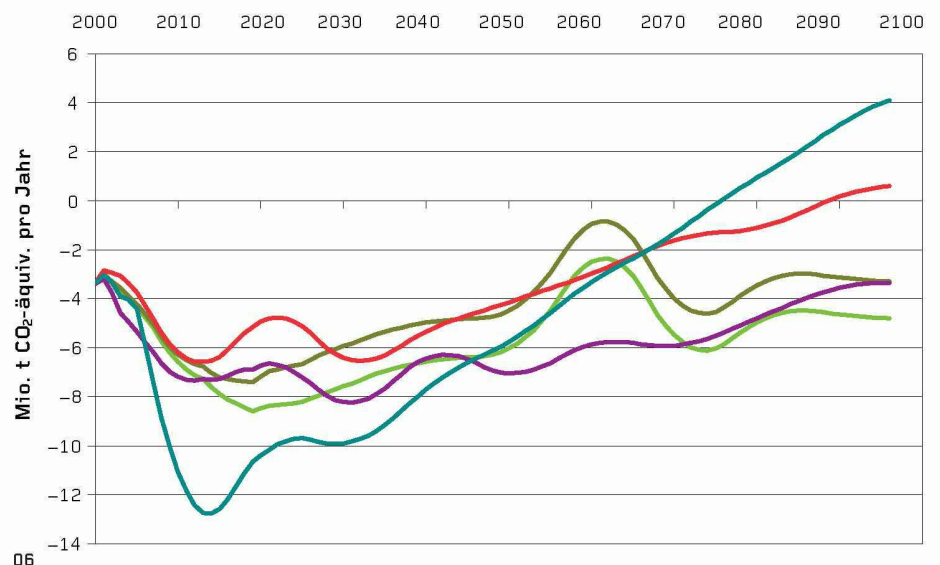
1. Der Schweizer Wald wird so bewirtschaftet, dass ein langfristig maximaler Zuwachs resultiert, der wirtschaftlich genutzt wird. Die Modellrechnungen haben eine nutzbare Holzmenge von 9.2 Mio.m³ ergeben gegenüber einem für das Jahr 2006 geschätzten nutzbaren Zuwachs von 7.4 Mio.m³ und einer effektiv genutzten Menge von 5.7 Mio.m³.
2. Das geerntete Holz wird zu möglichst langlebigen Holzprodukten – vorwiegend für den Bau – verarbeitet und dort auch eingebaut. Es werden nur jene Holzsortimente der energetischen Nutzung zugeführt, die sich nicht höherwertig verwenden lassen. Für die Schweiz dürfte sich der Holzverbrauch (ohne Papierprodukte und Energieholz) mengenmässig um etwa 80 % ausweiten lassen, nämlich von heute geschätzten 2.5 Mio.m³ feste Holzmasse auf 4.5 Mio.m³. Dieser hohe Verbrauch scheint unter optimalen Bedingungen möglich zu sein, liegen doch die Holzverbrauchsmengen pro Kopf der Bevölkerung in der Schweiz noch deutlich tiefer als in den nordeuropäischen Ländern. Die zur Herstellung benötigten Holzmengen könnten durch Schweizer Holz abgedeckt werden, teilweise unter Ablösung bisher importierter Holzprodukte. Weitere in der Schweiz hergestellte Holzprodukte könnten zudem ins Ausland exportiert werden.
3. Die Steigerungsmöglichkeiten für die energetische Holznutzung im Inland sind angesichts des hohen Energieverbrauchs bei kleinem Holz-Marktanteil praktisch unbegrenzt. Neben Waldholz können auch erhebliche Mengen an Restholz aus der Produktion – etwa zu Pellets verarbeitetes Sägemehl – energetisch genutzt werden. Dazu kommt die energetische Nutzung des aus dem Kreislauf ausscheidenden Gebraucht- oder Altholzes.

GRÖßERER HOLZVORRAT IM WALD BRINGT LANGFRISTIG NICHTS

Die Berechnungen belegen, dass die Szenarien, die eine Steigerung der Holzanwendung im Bauwesen vorsehen (Zuwachs optimiert Bau; Kioto optimiert), langfristig die besten Effekte erzielen. Die Summe der maximal erreichbaren Reduktionseffekte im In- und Ausland liegt gegenüber dem Jahr 1990 bei 8.2 Mio. t CO₂. Das sind immerhin 15 % des heutigen CO₂-Ausstosses in der Schweiz. Allerdings stellen sich diese Effekte erst nach einer Übergangsfrist von rund 20 Jahren ein. Durch die unterschiedlich verlaufenden Entwicklungen im Wald- bzw. Holzwirtschaftsmodell und die langen Verweilzeiten ergeben sich erst ab ca. 2080 ausgeglichene Verhältnisse, die eine langfristige CO₂-Einsparung von gut 4 Mio.t erwarten lassen. Mit Blick auf die Schweiz (Bild 6) lassen sich unter optimalen Bedingungen zwischen 2020 und 2030 rund 6.5 Mio.t CO₂-Einlagerungen und Emissionsreduktionen erreichen. Das sind

06 Auswirkungen der verschiedenen Szenarien auf die CO₂-Bilanz in der Schweiz

- Zuwachs optimiert Bau
 - Zuwachs optimiert Energie
 - Kioto optimiert
 - Reduzierte Waldpflege
 - Status quo
- (Bilder: Autoren)



rund 12 % der heutigen CO₂-Emissionen der Schweiz und damit etwa 1.5 Mal die Menge, welche die Schweiz aufgrund des Kioto-Protokolls bis im Jahr 2012 gegenüber 1990 einsparen müsste. Allerdings dürfen gemäss heutiger Vereinbarung im Kioto-Protokoll die Holzlager noch nicht angerechnet werden. Langfristig liessen sich aber allein in der Schweiz CO₂-Einsparungen in der Grössenordnung von gut 2.5 Mio.t erzielen, also mehr als die Hälfte der aktuellen Kioto-Verpflichtung.

Insgesamt leisten die Substitutionseffekte bei Produkten und durch die energetische Holzverwendung den grössten Beitrag zur Verbesserung der CO₂-Bilanz. Kurzfristig würde der Verzicht auf einen Teil der Holznutzung (reduzierte Waldpflege) die CO₂-Bilanz der Schweiz durch den Vorratsaufbau im Wald günstig beeinflussen. Auf Dauer ist diese Option aber nicht nachhaltig. Sie wird mit instabilen Wäldern – denn überalterte Wälder sind anfälliger für Sturmschäden oder Insektenbefall – und einer Einschränkung der wirtschaftlichen Holzverwendung erkaufte. Damit gingen neben Arbeitsplätzen auch positive Innovationsansätze verloren.

WIE KANN DAS POTENZIAL NUTZBAR GEMACHT WERDEN?

Die Ausschöpfung der aufgezeigten CO₂-Einsparungspotenziale muss durch marktwirtschaftliche Anreize und politische Massnahmen eingeleitet werden. Die Waldwirtschaft muss vorrangig ihre Produktivität verbessern. Der Staat muss Instrumente zum gezielten Umbau des Waldaufbaues entwickeln. Die Maximierung der Zuwachsleistung bedingt eine Umtriebszeit unter Mittellandverhältnissen von 80 bis 120 Jahren. Angesichts der aktuellen Nachfrage nach schwachen Sägeholz-Sortimenten ist eine solche aber nicht sichergestellt. Es besteht zudem in absehbarer Zeit ein Ungleichgewicht zwischen der einseitigen Nachfrage nach Nadelholz und dem zunehmenden Laubholzangebot aus den Wäldern. Anreizinstrumente für den gezielten Vorratsaufbau – dort, wo im langfristigen Interesse erwünscht – sind noch nicht entwickelt.

Mit der Ansiedlung von leistungsfähigen Sägereien in der Schweiz wird gegenwärtig eine wichtige Voraussetzung geschaffen, um mehr Schweizer Holz für eine hochwertige Verwendung aufzubereiten. Damit dürfte es im In- und Ausland vermehrt verwendet werden. Hohe Energiepreise – allenfalls ergänzt um eine CO₂-Abgabe – erhöhen die Wettbewerbsfähigkeit von Holzprodukten, da diese weniger Energieinput als ihre Substitute benötigen.

Durch gezielte Forschung und Entwicklung müssen in verschiedenen Bereichen bessere Voraussetzungen für einen vermehrten Holzeinsatz insbesondere im Bauwesen geschaffen werden. Die Branche hat hierzu eine Innovations-Roadmap erarbeitet, die gegenwärtig in eine breit angelegte nationale Forschungsförderungsinitiative «Holz Fiber 2020» überführt wird. Ein erster technischer Fokus wird der Verbesserung des Schwingungs- und Schallverhaltens in Holzbaukonstruktionen gewidmet. Hier sind ähnliche Optimierungen zu erwarten wie im Bereich der Brandschutzproblematik, wo neue Erkenntnisse zur Liberalisierung der Feuerpolizeivorschriften geführt haben. Die Nutzung der Innovationspotenziale setzt zudem voraus, dass das Ausbildungsniveau bezüglich Holz und seiner Verwendung bei Planenden und Verarbeitern kontinuierlich angehoben wird.

Bis anhin wenig diskutiert wurden mögliche Anreize zur verbesserten Kaskadennutzung von Holz. Im Sinne der CO₂-Optimierung muss vermieden werden, dass langfristig einsetzbares Holz aufgrund hoher Preise direkt energetisch genutzt wird. Ausser beim Papier findet bisher ausserdem nur sporadisch ein Recycling von Holzprodukten statt. Die stoffliche Wiederverwendung von Gebrauchtholz muss durch leistungsfähige Detektions- und Sortiertechnologien begleitet werden. Für die sinnvolle energetische Nutzung von Alt- und Gebrauchtholz sind effizientere Verbrennungstechnologien zu entwickeln, damit die Vorteile bei der CO₂-Bilanz nicht durch Nachteile bei der Luftreinhaltung ausgehebelt werden. International sollte sich die Schweiz dafür einsetzen, dass auch Holzlager im Kioto-Protokoll anerkannt werden.

Anmerkungen

1 Taverna R., Hofer P., Werner F., Kaufmann E., Thüning E.: CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft. Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz. Umwelt-Wissen Nr. 0739. Bundesamt für Umwelt, Bern 2007

Die Modellierung des Holzwirtschaftsmodells wurde durch die Abt. Systemanalyse der EAWAG, Dübendorf, unterstützt

Klaus Richter, Dr., Dipl.-Holzwirt, Leiter Abteilung Holz, Empa, Dübendorf, klaus.richter@empa.ch

Peter Hofer, dipl. Ing. ETHZ, lic. rer. pol., Partner GEO Partner AG, Zürich

Ruedi Taverna, dipl. Kulturing. ETHZ, GEO Partner AG, Zürich,

Frank Werner, Dr., dipl. Natw. ETHZ, Werner Umwelt & Entwicklung, Zürich