

## Nutzungsverzicht oder Holznutzung?

# Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz im langfristigen Vergleich

Michael Köhl, Bernhard Kenter, Rüdiger Hildebrandt, Konstantin Olschofsky, Raul Köhler, Thomas Rötzer, Tobias Mette, Hans Pretzsch, Sebastian Rüter, Margret Köthke, Matthias Dieter, Mengistu Abiy und Franz Makeschin

*Der Klimawandel wird sich auf die Anfälligkeit (Vulnerabilität) und die Produktivität von Wäldern auswirken. Während in einigen Regionen höhere Temperaturen die Vegetationszeit verlängern und damit die Produktivität von Wäldern steigern können, sind in Gebieten mit limitierter Wasserverfügbarkeit bei der zu erwartenden jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge Nachteile zu befürchten. Während die natürliche Anpassungsfähigkeit von Wäldern an die Auswirkungen des Klimawandels intensiv untersucht wurde, befassen sich nur wenige Studien mit Strategien, die den Klimateffekt durch Waldbewirtschaftung mindern.*

### Was gehört in die Bilanz?

Bis zur Klimakonferenz in Kopenhagen (2009) wurde der Ökosystemansatz propagiert, der die CO<sub>2</sub>-Dynamik ausschließlich in Wäldern betrachtet und die Holznutzung einer unmittelbaren CO<sub>2</sub>-Freisetzung gleichsetzt. Der Ökosystemansatz führt zum Postulat des Nutzungsverzichts, fasst aber zu kurz, da die Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz nur bei Betrachtung der gesamten Wald-Holz-Kette beurteilt werden können. Waldbewirtschaftung und Holzverwendung haben einen entscheidenden Einfluss auf das Potenzial und die Dynamik der Kohlenstoffbindung und damit auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz durch die Substitution

emissionslastiger Energie- und Rohstoffe mit Holz.

Vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) wurde ein Projekt (FKZ 0330546, Titel: „Potenzial und Dynamik der C-Sequestrierung in Wald und Holz – CSWH“) gefördert, das die Potenziale der Kohlenstoff-Sequestrierung (C-Sequestrierung = Speicherung) von drei Ansätzen der Waldbewirtschaftung mit dem Nutzungsverzicht vergleicht und für den Zeitraum von 2000 bis 2100 die Kohlenstoffbindung quantifiziert [1]. Für derartig lange Zeiträume wurde keine CO<sub>2</sub>-Bilanz für Wald und Holz wie in den vorangegangenen Artikeln erstellt. In dieser Studie wurden die langfristigen Auswirkungen von verschiedenen Ansätzen der Waldbewirtschaftung und von Nutzungsverzicht auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz verglichen. Zusätzlich wurden die Auswirkungen von unterschiedlichen Klimaentwicklungen einbezogen. Die Modellrechnungen wurden für zwei Klimaszenarien durchgeführt, die dem „Special Report on Emission Scenarios“ (SRES) des „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) entnommen wurden. Für die geerntete Holzmenge wurde die Auswirkung auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz durch die stoffliche wie auch energetische Nutzung berechnet. Zusammen mit der Speicherleistung des Waldes konnten so die potenziellen Auswirkungen von Forst- und Holzwirtschaft auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Zeitraum von 2000 bis 2100 quanti-

ziert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Vulnerabilität und Produktivität von Waldökosystemen deutlich stärker von der Waldbewirtschaftung als durch den Klimawandel selbst beeinflusst werden. Es wurde deutlich, dass Waldbewirtschaftung und Holznutzung eine deutlich bessere Auswirkung auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz haben als ein Nutzungsverzicht.

Neben Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von Treibhausgasen (THG) können die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention (Artikel 3.3 und 3.4 des Kyoto-Protokolls) zur Erreichung ihrer Minderungsziele auch gezielte Maßnahmen zur Erhöhung von Senkenwirkungen in die nationale Treibhausgas-Berichterstattung einbringen [2]. Die momentane Anrechnungspraxis für THG-Quellen und Senken verschleiert allerdings den Beitrag des Forst- und Holzsektors zum Klimaschutz. Dem Sektor werden nur Minderungspotenziale in Form von Speicheränderungen im Wald und in Holzprodukten zugerechnet, während Emissionsminderungen durch die energetische oder stoffliche Verwendung von Holz dem Energiesektor zugeordnet werden. Die tatsächliche Auswirkung des Forst- und Holzsektors auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz kann nur beurteilt werden, wenn zwei getrennte Wirkungspfade berücksichtigt werden. Einerseits muss der gesamte Weg des atmosphärischen Kohlenstoffs von der Bindung durch Photosynthese über die Speicherung in Wäldern und Holzprodukten bis zur abschließenden Freisetzung in die Atmosphäre betrachtet werden, andererseits sind die Substitutionspotenziale durch die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus fossilen Energieträgern zu berücksichtigen.

Substitutionspotenziale entstehen bei der direkten energetischen Nutzung von Brennholz aus dem Wald, der energetischen Nutzung von Verarbeitungsverlusten (z.B. Späne, Spreißel, Schwarten) bei der Herstellung von Holzprodukten (Produktionsverluste), bei der energetischen

Prof. Dr. M. Köhl leitet das Institut für Weltforstwirtschaft der Universität Hamburg und des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI). R. Hildebrandt, K. Olschofsky und R. Köhler sind Mitarbeiter des Instituts für Weltforstwirtschaft am vTI. B. Kenter ist Mitarbeiter des Instituts für Weltforstwirtschaft und Klima Campus, Uni Hamburg. T. Rötzer und T. Mette sind Mitarbeiter des von Prof. Dr. H. Pretzsch geleiteten Lehrstuhls für Waldwachstumskunde der TU München. S. Rüter ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Holztechnologie und Holzbiologie des vTI. M. Köthke ist Mitarbeiterin am Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft des vTI, das von M. Dieter geleitet wird. M. Abiy und F. Makeschin sind Mitarbeiter des Instituts für Bodenkunde und Standortslehre der TU Dresden.



Michael Köhl

weltforst@holz.uni-hamburg.de

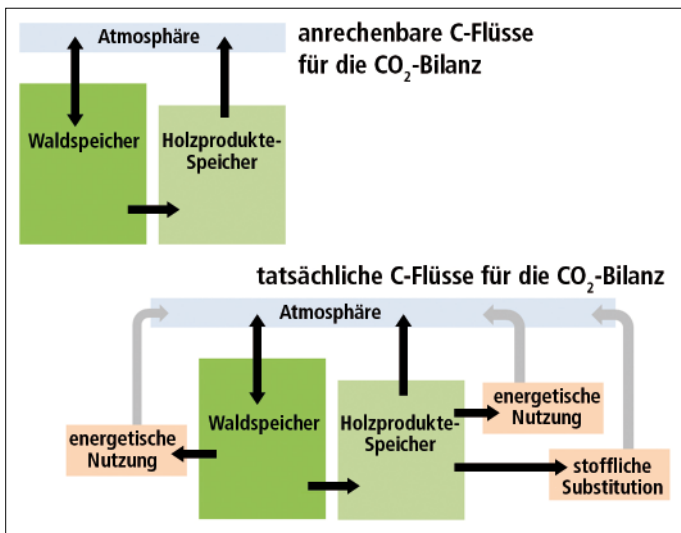


Abb. 1: C-Flüsse des Forst- und Holzsektors im Rahmen der Treibhausgasberichterstattung (graue Pfeile zeigen C-Flüsse, die anderen Sektoren zuge-rechnet werden)

Nutzung von Holzprodukten am Ende ihrer Verwendung (Entsorgung) und bei der Vermeidung von Emissionen durch den Ersatz energie- und emissionsaufwändiger Materialien durch Holzprodukte (stoffliche Substitution). Die aktuellen Anrechnungsmöglichkeiten der Substitutionsleistungen von Wald und Holz sind im Beitrag von RÜTER beschrieben (S. 15 bis 18).

Die hier vorgestellten Betrachtungen unterscheiden sich von den Anrechnungsoptionen, die gegenwärtig nach der Klimarahmenkonvention oder dem Kyoto-Protokoll zur Erstellung nationaler Treibhausgasinventare anzuwenden sind [2]. Ihnen liegt das Konzept eines geschlossenen Kohlenstoffkreislaufs zugrunde, das nicht von bestehenden Speichergößen ausgeht, sondern Zu- und Abflüsse aus Speichern sowie vermiedene Emissionen durch Holznutzung anstelle fossiler Energieträger oder emissionsintensiver Materialien einbezieht.

Ziel der Studie war es, die langfristigen Auswirkungen von Wald- und Holznutzung auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz unter Klimawandel zu modellieren. Hierbei werden die potenziellen Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz, bedingt durch Klimawandel, Waldbewirtschaftung und Nutzungsverzicht, als langfristige Einflussgrößen gegenübergestellt.

## Methodik

Für die Simulation von Wachstums- und CO<sub>2</sub>-Speicherprozessen unter einem kontinuierlichen Temperaturanstieg von maximal 4° C im Zeitraum von 100 Jahren wurde eine realitätsnahe Abbildung des deutschen Waldes für das Jahr 2000 als Startpunkt der Berechnungen gewählt. Hierfür wurden Klima- und Standortdaten mit Einzelbaumdaten der Bundeswaldinventur [3] verschnitten. Der Kohlenstoffumsatz in Böden, das Waldwachstum

und baumphysiologische Prozesse wurden mit den Modellen CBD [4], SILVA [5] und BALANCE [6] simuliert. In der Simulationsstudie wurde die Entwicklung des Kohlenstoffspeichers im Wald unter drei Waldbewirtschaftungstypen und einem Nutzungsverzicht untersucht:

- Der erste Bewirtschaftungstyp (Gewinn-Maximierer) handelt unter dem Gesichtspunkt der Gewinn-Maximierung; die Nutzung erfolgt, sobald der Wertzuwachs unter 2 % sinkt.
- Der zweite Bewirtschaftungstyp (Walddreinertrags-Maximierer) ist am so genannten Waldreinertrag orientiert; die Nutzung erfolgt beim Maximum des mittleren jährlichen Ertrags.
- Der dritte Bewirtschaftungstyp (Zielstärkennutzer) nutzt Bäume ab einem definierten Zieldurchmesser, wodurch näherungsweise das Einschlagsverhalten der naturnahen Waldwirtschaft abgebildet wird.
- Beim Nutzungsverzicht wurde die Entwicklung des C-Speichers untersucht, wobei auch die natürlichen Holzzersehrungsraten im Wald berücksichtigt wurden.

Die beiden zugrunde gelegten Klimaszenarien wurden dem „Special Report on Emission Scenarios“ (SRES) des „Intergovernmental Panel on Climate Change“ [7] entnommen.

- Das Klimaszenario A1B beschreibt eine schnelle ökonomische Entwicklung und einen kontinuierlichen Temperaturanstieg von bis zu + 4 °C in 100 Jahren.
- Das zweite Klimaszenario B1 geht von einem hohen Umwelt- und Sozialbewusstsein, einer nachhaltigen Entwicklung und einem Temperaturanstieg von + 2 °C in 100 Jahren aus.

Aufgrund der Klimaszenarien wurden in der Waldwachstumssimulation unterschiedliche Wertzuwächse errechnet. Diese waren wiederum die Simulationsgrundlage für den jeweiligen Bewirtschaftungstyp, der seinerseits auf die verschiedenen Wertzuwächse mit den genannten Regeln reagierte. Für den Zeitraum von 2000 bis 2100 wurde die Auswirkung der Bewirt-

schaffungstypen auf das Potenzial zur C-Sequestrierung von Wäldern untersucht. Für denselben Zeitraum wurde der C-Speicherverlauf des Holzsektors mit einem Modell zur Quantifizierung von Kohlenstoff in Holzprodukten abgeschätzt. Zur Abschätzung der Holz- bzw. C-Mengen, die vom Waldspeicher in den Produktspeicher übergehen, wurden Rohholzmengen der Waldsimulation und prognostizierte Holzpreise aus dem Weltwirtschaftsmodell „GTAP“ [8] verwendet. Somit konnte der sektorübergreifende C-Speicherverlauf von Wald und Holz unter den verschiedenen Modellannahmen hergeleitet werden.

Neben den Kohlenstoffflüssen zwischen Atmosphäre, Wald und Holz trägt die Holznutzung ebenfalls zu einer positiven CO<sub>2</sub>-Bilanz bei. Emissionen aus fossilen Energieträgern können vermindert werden, indem sie durch die energetische Nutzung von Holz ersetzt werden (energetische Substitution), oder Holzprodukte anstelle von Produkten mit emissionsintensiven Herstellungsprozessen verwendet werden (stoffliche Substitution). Für die Analyse der langfristigen Auswirkungen von Holznutzung auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz wurden Substitutionsfaktoren in Anlehnung an RÜTER et al. (S. 19 bis 21) zugrunde gelegt. Diese Faktoren bilden die Grundlage für eine konservative Schätzung der langfristigen Auswirkungen (2000 bis 2100) auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz auf nationaler Ebene. Positive Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz werden nachfolgend als Minderungspotenziale bezeichnet.

## Ergebnisse

Abb. 2 zeigt die potenziellen Veränderungen des Kohlenstoffspeichers im deutschen Wald in einem Zeitraum von 2000 bis 2100 für verschiedene Bewirtschaftungstypen und Klimaszenarien. Bei allen Bewirtschaftungsvarianten zeigen relativ viele Regionen geringe Veränderungen des C-Speichers innerhalb des Untersuchungszeitraums. Eine Bewirtschaftung unter dem Ziel der Gewinn-Maximierung führt bei beiden Klimaszenarien zu einer Abnahme des C-Speichers im Süden und Osten Deutschlands, wobei die Abnahme bei Klimaszenario B1, bedingt durch höhere Durchschnittstemperaturen und geringere Niederschläge, deutlich stärker ausfällt. Sowohl eine Bewirtschaftung nach dem Prinzip der Walddreinertragsmaximierung als auch der Zielstärkenutzung zeigen kein einheitliches Bild, da es neben Gebieten mit abnehmenden C-Speichern auch Gebiete gibt, in denen die Holzvorräte und damit die C-Speicher zunehmen. Die Unterschiede zwischen beiden Klimaszenarien sind deutlich schwächer ausge-

prägt als bei einer Bewirtschaftung nach dem Prinzip der Gewinn-Maximierung.

Insgesamt sind mehr Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungstypen festzustellen, als zwischen den unterschiedlichen Klimaszenarien. Dies legt den Schluss nahe, dass die Bewirtschaftungsform von Wäldern einen größeren Einfluss auf die Entwicklung des Holzvorrats und damit die C-Speicherung hat als die angenommenen Klimaänderungen.

In Anlehnung an RÜTER konnten Kohlenstoffflüsse zwischen Atmosphäre, Wald und Holz beschrieben sowie die dabei durch Holzverwendung entstehenden Substitutionspotenziale ermittelt werden. Abb. 3 stellt die Summe aus der Bindung von atmosphärischem Kohlenstoff und aus der Substitution für die drei Bewirtschaftungstypen unter Klimaszenario B1 dar. Zum Vergleich ist das Minderungspotenzial durch Nutzungsverzicht abgebildet, das lediglich aus einer Veränderung des C-Speichers resultiert. Die Darstellung beschreibt nur die zukünftigen und langfristigen Auswirkungen der unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen und des Nutzungsverzichts auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz, ohne die bereits 2000 im Produktspeicher befindlichen Kohlenstoffmengen zu berücksichtigen. Während der Simulationsperiode (2000 bis 2100) erzielte der Nutzungsverzicht nur 84 % des Minderungspotenzials im Vergleich mit der Bewirtschaftung nach dem Prinzip der Gewinn-Maximierung. Wesentlich deutlicher fällt der Vergleich mit einer an der Waldreinertrags-Maximierung oder Zielstärkennutzung orientierten Bewirtschaftung aus: ein Nutzungsverzicht erreicht hier nur etwa 60 % des Minderungspotenzials, welches durch Holznutzung realisiert wird. Würden die Betrachtungen auf längere Zeiträume ausgedehnt, würden Wälder unter Nutzungsverzicht aus der Aufbauphase herauswachsen und in einen Gleichgewichtszustand übergehen, in dem sich Vorratsaufbau und Vorratsabbau die Waage halten. In diesem Zustand ginge vom Wald kein Minderungspotenzial mehr aus.

## Fazit

Die aufgezeigten Minderungspotenziale verdeutlichen die Bedeutung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung für das Klima. Nutzungsverzicht entfaltet keine Substitutionseffekte und zeigt eine mit der Zeit abnehmende Speicherleistung. Die Minderungspotenziale hängen sehr stark von der gewählten Form der Waldbewirtschaftung ab. Durch eine langfristig agierende, den Waldreinertrag maximierende Bewirtschaftung werden ein Viertel

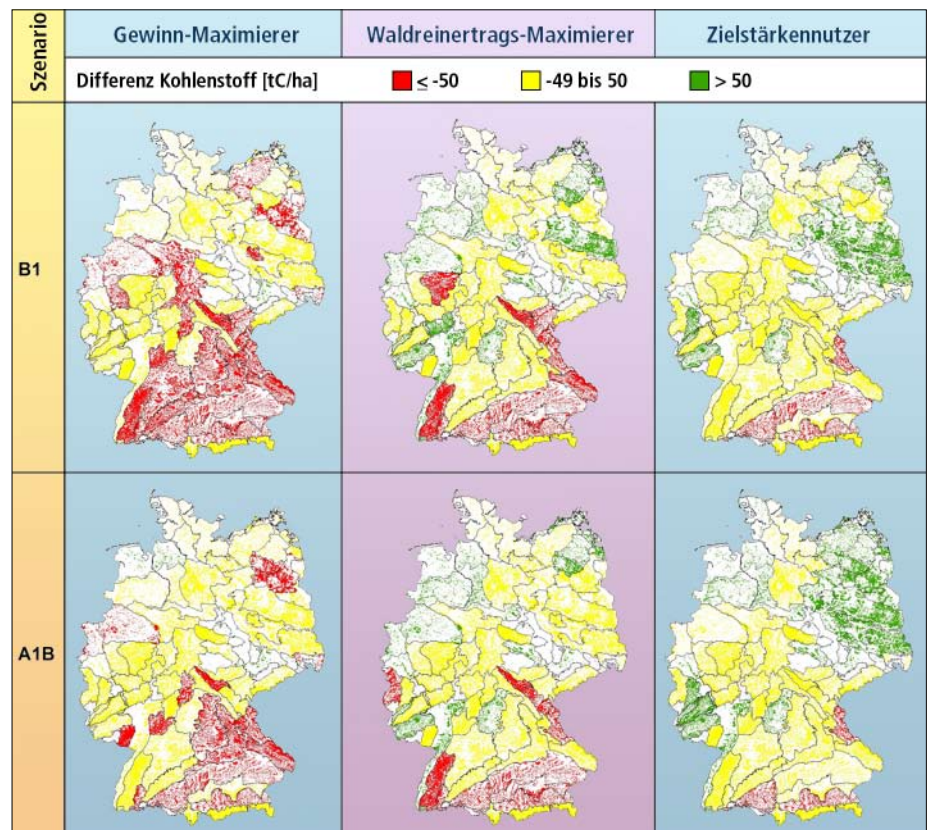


Abb. 2: Veränderung des Waldkohlenstoffspeichers [tC/ha] zwischen 2000 und 2100 nach Betriebsstypen und Szenarien (rot = Speicherabnahme, grün = Speicherzunahme, gelb = keine Speicheränderung)

mehr Emissionen vermindert als bei einer kurzfristig ausgerichteten Bewirtschaftung mit dem Ziel der Gewinn-Maximierung. Waldreinertrags-Maximierung und Zielstärkennutzung – zwei in Deutschland weit verbreitete Bewirtschaftungsarten – tragen wesentlich stärker zum Klimaschutz bei als kurzfristig ausgerichtete Bewirtschaftungsvarianten oder Nutzungsverzicht. Zudem wird das zukünftige Waldbild in Deutschland deutlich stärker durch die Bewirtschaftungsform als durch den zu erwartenden Klimawandel geprägt werden. Die angewendeten Faktoren für energetische und stoffliche Substitution sind konservativ gewählt, um haltbare Aussagen über langfristige Schätzungen vor dem Hintergrund großer Unsicherheiten treffen zu können. Substitutionseffekte lassen sich durch den verstärkten Ersatz energieaufwändiger Rohstoffe und

Herstellungsprozesse sowie eine vermehrte Kaskadennutzung deutlich steigern.

### Literaturhinweise:

- [1] KÖHL, M.; HILDEBRANDT, R.; OLSCHOFKSY, K.; KÖHLER, R.; RÖTZER, T.; METTE, T.; PRETZSCH, H.; KÖTHKE, M.; DIETER, M.; ABIY, M.; MAKESCHIN, F.; KENTER, B. (2010): Combating the Effects of Climatic Change on Forests by Mitigation Strategies. Carbon Balance and Management. 2010, 5:8, doi: 10.1186/1750-0680-5-8 <http://www.cbjournal.com/content/5/1/8>. [2] IPCC (2006): IPCC Guidelines for Greenhouse Gas Inventories. In: Eggleston, S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. (eds). IEA/OECD, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Technical Support Unit, Hayama, Kanagawa, Japan. [3] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2002): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI<sup>2</sup> – Der Inventurbericht. BMLEV, Bonn <http://www.bundeswaldinventur.de>. [4] ABIY, M. (2007): Vorläufige Bewertungsergebnisse der BÜK1000. Institut für Bodenkunde, interner CSWH-Report. 4. [5] PRETZSCH, H. (2002): Application and evaluation of the growth simulator SILVA 2.2 for forest stands. forest estates and large regions. Forstwiss. Centralbl. 212 (Suppl. 1), S. 28-51. [6] RÖTZER, T.; SEIFERT, T.; PRETZSCH, H. (2009): Modeling above and below ground carbon dynamics in a mixed beech and spruce stand influenced by climate. European Journal of Forest Research 128, S. 171-182. [7] IPCC (2000): IPCC Special Report on Emissions Scenarios. [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_sr/?src=/climate/ipcc/emission/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/). [8] HERTEL, T. (1998): Global Trade Analysis – Modelling and Applications. Cambridge University Press.

Abb. 3: Minderungspotenzial [Mio t C] der Bewirtschaftungsalternativen und der Nullnutzung nach dem Klimaszenario B1

