

# Wälder und Holzprodukte als Kohlenstoffspeicher

Eine Betrachtung zur Klimaschutzleistung der Wälder in Bayern

Daniel Klein und Christoph Schulz

Wälder leisten sowohl auf globaler als auch auf nationaler Ebene einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, indem sie durch den Aufbau von Biomasse und durch die Anreicherung von organischem Material im Boden der Atmosphäre aktiv Kohlendioxid entziehen. Dies ist unbestritten. Die Wälder in Bayern haben im Laufe der letzten Jahrzehnte Biomasse und damit Kohlenstoffvorräte aufgebaut. Allgemein ist bekannt, dass Bayerns Wälder im nationalen und internationalen Vergleich relativ hohe Holzvorräte und folglich hohe Kohlenstoffvorräte halten. Doch welchen Beitrag leisten unsere Wälder genau? Diese Frage will das Projekt »Die Kohlenstoffbilanz der bayerischen Forst- und Holzwirtschaft« beantworten.

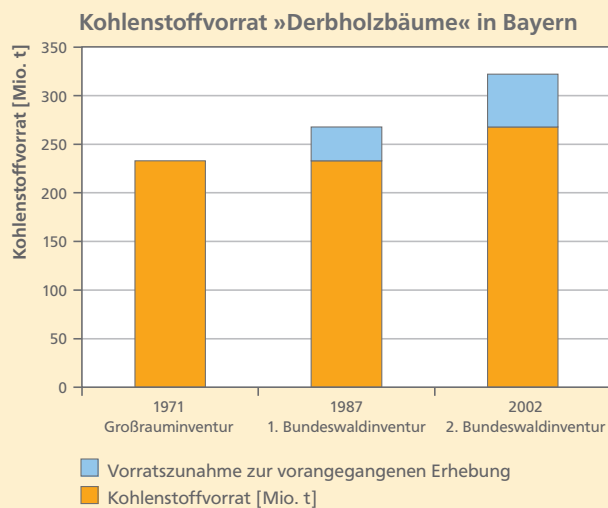


Abbildung 1: Die Entwicklung des Kohlenstoffspeichers in Bayern in der Biomasse der Bäume ab 7 cm BHD zwischen 1971 und 2002

Aktuell speichern die Wälder unserer Erde circa 653 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (C) in allen Kompartimenten inklusive des Mineralbodens (FAO 2010). Dies entspricht in etwa einer Menge von 2.400 Milliarden Tonnen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), da durch die Bindung einer Tonne Kohlenstoff 3,67 Tonnen CO<sub>2</sub> der Atmosphäre entzogen werden. Stellt man dem Gesamtspeicher *Wald* die jährlichen weltweiten energiebedingten Emissionen gegenüber (ca. 32 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr 2005), so zeigt sich die enorme Bedeutung der Wälder, da sie in etwa die energiebedingten Emissionsmengen von 75 Jahren speichern. Die Kohlenstoff-Hot-Spots der Erde liegen dabei in Südamerika (188 Mrd. Tonnen C), insbesondere in den tropischen Zonen sowie in Russland (128 Mrd. Tonnen C), wobei hier der Speicher *Boden* (besonders die Permafrostböden Sibiriens) eine noch wichtigere Rolle spielt als in anderen Regionen der Erde. Die besondere Bedeutung der Wälder zum Klimaschutz ist bereits seit langem bekannt und wird zunehmend einer breiten Öffentlichkeit in unserer Gesellschaft bewusst.

Dies zeigt auch eine Umfrage des Bundeslandwirtschaftsministeriums (BMELV 2011), bei der 78 Prozent der Befragten angaben, dass Wald entscheidend für das Weltklima sei. Weniger bekannt in der Öffentlichkeit sind hingegen Größe und Umfang der Leistung der Wälder zum Klimaschutz.

## Großrauminventuren als wichtigste Datenbasis

Auch die Wälder Bayerns binden signifikante Mengen an Kohlenstoff. Um den genauen Speicher unserer Wälder zu ermitteln, ist es entscheidend, alle Kompartimente des Waldökosystems zu betrachten. Dies sind vor allem die *Derbholzbäume*, die *Verjüngung*, das *Totholz* sowie der *Boden*. Anhand nationaler Inventuren ist das möglich. So dient die Bundeswaldinventur (BWI) als Grundlage zur Bestimmung der Kompartimente Derbholzbiomasse, Verjüngung und Totholz. Anhand der Einzelbauminformationen (Baumart, Höhe, Durchmesser) kann für jeden Baum mittels Biomassefunktionen oder Expansionsfaktoren (u.a. aus Zell 2008) dessen oberirdische und unterirdische Biomasse berechnet werden. Die Umrechnung in Kohlenstoff und anschließende Hochrechnung auf die Gesamtwaldfläche Bayerns liefert dann großflächige Informationen zum Kohlenstoffspeicher unserer Wälder in deren Baumbiomasse. Auch beinhaltet die BWI die Ausgangsdaten für die Verjüngung und das Totholz. Unter Hinzunahme der Informationen aus der Bodenzustandserhebung wird der Kohlenstoffspeicher *Boden* abgeleitet. Die Summe aller Pools ermöglicht schließlich eine vollständige Betrachtung des Kohlenstoffspeichers im Ökosystem Wald für Bayern. Anhand von Arbeiten aus der Vergangenheit, für Bayern insbesondere der Arbeit von Böswald (1996), kann die Entwicklung des Kohlenstoffspeichers in den letzten Jahrzehnten abgeleitet werden.

## Der aktuelle Kohlenstoffspeicher Wald in Bayern

Im Jahr 2002 betrug der gesamte Kohlenstoffspeicher der *lebenden Dendromasse* (alle Bäume ab einem BHD von 7 cm) inklusive der Wurzelbiomasse rund 322 Millionen Tonnen. Dies ent-

## Kohlenstoffspeicher Wald und Holzprodukte in Bayern

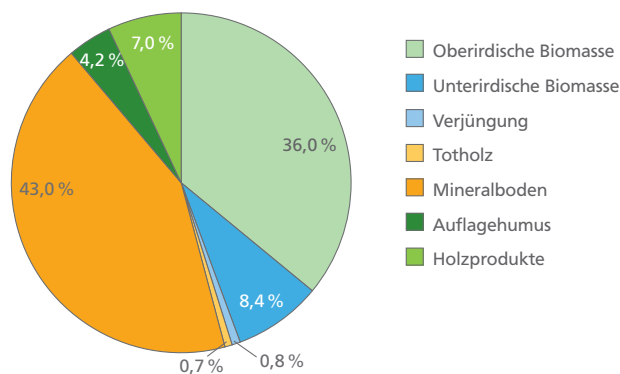


Abbildung 2: Die Verteilung des Kohlenstoffspeichers Wald und Holzprodukte in Bayern in die verschiedenen Kompartimente

spricht einem Vorrat von 133 Tonnen pro Hektar. Mit 232 Millionen Tonnen C ist der hauptsächlichste Anteil im Nadelholz gebunden (72 %), 90 Millionen Tonnen speichert das Laubholz (28 %). Die Fichte besitzt mit circa 153 Millionen Tonnen bzw. 47 Prozent an der Gesamtspeicherung den höchsten Anteil. Kiefer und Buche binden 19 bzw. 15 Prozent des Gesamtspeichers. Eine untergeordnete Rolle spielen alle anderen Baumarten mit einem Anteil von jeweils maximal sechs Prozent.

Von der gesamten Kohlenstoffbindung des stockenden Bestandes Bayerns sind etwa 81 Prozent in der oberirdischen und 19 Prozent in der unterirdischen Biomasse gebunden. Dies wurde anhand von allometrischen Funktionen bzw. mittels *r/s-ratios* (Verhältnis Wurzelbiomasse zu oberirdischer Biomasse) von Dieter und Elsasser (2002) oder Offenthaler und Hochbichler (2006) bestimmt.

In der *Verjüngung* wird der Kohlenstoffspeicher auf rund 5,5 Millionen Tonnen bzw. 2,3 Tonnen pro Hektar geschätzt. Dies entspricht nur etwa 1,7 Prozent der Menge, die in der Biomasse der *Derbholzbäume* gebunden ist. Die Datenbasis für die *Verjüngung* ist relativ ungenau (für die *Verjüngungspflanzen* wurden im Rahmen der *BWI* lediglich Baumart, Anzahl und Höhenklasse erhoben). Am geringen Anteil der *Verjüngung* an der Gesamt-Kohlenstoffspeicherung ändert dies jedoch nichts.

Im *Totholz* wurde eine Gesamtkohlenstoffspeicherung von rund 4,9 Millionen Tonnen ermittelt, was einer Menge von knapp zwei Tonnen pro Hektar entspricht. Mit 3,8 Millionen Tonnen ist der überwiegende Teil als Nadelholz gebunden (77 %), das Laubholz hingegen hält 23 Prozent des *Totholzes*. Fast die Hälfte des *Totholzes* ist im Stadium mit beginnender Zersetzung gebunden (44 %). Im Vergleich zur *Dendromasse* ist der Anteil des *Totholzes* an der Gesamtspeicherung gering und bindet etwa 1,5 Prozent der Mengen der *Dendromasse* ohne *Verjüngung*.

Einschlägige Literatur beschreibt den *Boden* als einen der wichtigsten Kohlenstoffspeicher im Wald. Diese Aussage kann auch für die Wälder Bayerns getroffen werden. So binden Bayerns Böden bis zu einer Bodentiefe von maximal 150 Zentimetern inklusive des *Auflagehumus* rund 141 Tonnen pro Hektar bei Betrachtung des Mittelwertes (siehe auch Schubert 2010). Umgerechnet auf die Gesamtwaldfläche Bayerns ent-

spricht dies einem Vorrat von rund 342 Millionen Tonnen. Damit liegt der Bodenkohlenstoffvorrat sogar etwas über dem Vorrat der *Baumbiomasse*.

Der *Gesamtspeicher Wald* beträgt rund 675 Millionen Tonnen bzw. durchschnittlich 277,8 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar (Tabelle 1). Drückt man diesen Vorrat in  $\text{CO}_2$ -Einheiten aus, so läge dieser bei circa 2.480 Millionen Tonnen. Durch den Vergleich mit den energiebedingten Emissionen (durchschnittlich 88,9 Mio. Tonnen  $\text{CO}_2$  pro Jahr zwischen 1990 und 2002 in Bayern (StMUG 2009)) kann die Relevanz unserer Wälder für den Klimaschutz dargestellt werden: So hat unser Wald im Laufe der Zeit etwa die 28-fache Menge der  $\text{CO}_2$ -Jahresemissionen gespeichert.

## Entwicklung des Kohlenstoffspeichers Wald in Bayern

Der Kohlenstoffspeicher in Wirtschaftswäldern ist nicht statisch, sondern befindet sich in einem steten dynamischen Prozess, indem er bei einer Nutzung, die den Zuwachs überschreitet, als Kohlenstoffquelle fungiert oder als Kohlenstoffsenke wirkt, wenn weniger genutzt wird als nachwächst. Ob ein Wald eine Kohlenstoffquelle oder -senke darstellt, hängt letztlich vom Betrachtungszeitraum bzw. vom Zeitpunkt ab. Bewirtschaftete Wälder gleichermaßen wie unbewirtschaftete Wälder werden zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Vorratsmaximum erreichen, was sich bei Wirtschaftswäldern aus den jeweiligen Bewirtschaftungsvorgaben der Waldbesitzer ergibt. Ab dann wird der durchschnittliche Vorrat – bei Betrachtung von größeren Waldflächen – je nach Zielausrichtung gehalten oder wieder auf ein bestimmtes Maß reduziert. In Abbildung 1 ist die Entwicklung des Kohlenstoffspeichers *Baumbiomasse* in Bayern der letzten drei Jahrzehnte anhand der drei landesweiten Waldinventuren der Jahre 1971, 1987 und 2002 dargestellt. Die Daten für 1971 und 1987 wurden aus Böswald (1996) übernommen und auf Grund methodischer Unterschiede leicht modifiziert. Demnach erhöhte sich der Kohlenstoffspeicher zwischen 1971 und 1987 von 233,0 auf 267,7 Millionen Tonnen. Dies entspricht einem durchschnittlichen (interpolierten) Zuwachs von 2,2 Millionen Tonnen Kohlenstoff auf 322,2 Millionen Tonnen ein noch höherer Vorratsaufbau festgestellt werden, der durchschnittlich bei 3,6 Millionen Tonnen Kohlenstoff pro Jahr lag. So wird ersichtlich, dass Bayerns Wälder in den letzten Jahrzehnten als Kohlenstoffsenke fungierten, da mehr Kohlenstoff durch Zuwachs aufgenommen als durch Nutzung dem Wald entzogen wurde. Man kann davon ausgehen, dass zu Anfang des 21. Jahrhunderts die höchste Kohlenstoffbindung der jüngsten Vergangenheit, wahrscheinlich sogar seit einem Jahrhundert, zu verzeichnen war. Diese These unterstützt auch Borchert (2007), der beschreibt, dass sich die Altersverteilung von zumeist jungen Beständen zu Beginn des letzten Jahrhunderts hin zu vermehrt älteren Beständen zu Anfang des 21. Jahrhunderts gewandelt hat und somit auch die Vorräte kontinuierlich gestiegen sind. Wie sich dieser Speicher aktuell entwickelt, werden die Ergebnisse zur *BWI*<sub>3</sub> zeigen, die seit 2011 durchgeführt

wird. Erste Hinweise auf die jüngere Entwicklung kann die bundesweite Inventurstudie 2008 geben, nach der die Kohlenstoffvorräte in Deutschland zwischen 2002 und 2008 weitaus weniger gestiegen sind als zwischen 1987 und 2002 (Oehmichen et al. 2011). Für diesen Anstieg zeigen sich insbesondere die neuen Bundesländer verantwortlich. In den alten Bundesländern blieb der Vorrat weitgehend stabil. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass in Bayern aktuell mit keiner weiteren Vorratserhöhung zu rechnen ist.

Ein Vergleich der Auswertungen zur Bodenzustandserhebung (1987 und 2006) zeigt mögliche Veränderungen im Bodenkohlenstoff für Bayern, auch wenn methodische Unterschiede zwischen den beiden Inventuren nur eingeschränkte Vergleiche zulassen. Demzufolge haben sich die Speicher *Boden* und *Auflage* zumindest nicht verringert (Kölling und Schubert 2010). Für das Totholz gibt es noch keine Vergleichswerte, da dieses erstmals in der BWI<sub>2</sub> umfassend erhoben wurde. Ein Vergleich mit Böswald (1996), der den Kohlenstoffspeicher im Totholz für 1987 zumindest grob schätzt, zeigt, dass sich auch das Totholz zwischen 1987 (4,8 Mio. Tonnen C) und 2002 wohl zumindest nicht verringert hat.

## Der Kohlenstoffspeicher Holzprodukte

Um für 2002 eine vollständige Betrachtung des Kohlenstoffspeichers für die Forst- und Holzwirtschaft zu ermöglichen, wurde über die Systemgrenzen des Waldökosystems hinaus auch die aktuelle Speicherung der Holzprodukte geschätzt. Da die Datenlage für dieses Segment sehr unübersichtlich und die Palette an Holzprodukten sehr weitreichend ist, wurde anhand verschiedener Datenquellen (Statistisches Landesamt, Informationen von Verbänden u.a.) der Kohlenstoffvorrat ab-

### Bayern wird immer walddreicher

Die Waldfläche in Bayern ist im vergangenen Jahr weiter gewachsen. 2010 wurden rund 547 Hektar Wald neu aufgeforstet, dagegen stehen 341 Hektar, die gerodet wurden. Die landesweite Zunahme um insgesamt 205 Hektar entspricht etwa der Fläche von 285 Fußballfeldern.

Bereits seit 30 Jahren in Folge steigt damit die Waldfläche im Freistaat entgegen dem weltweiten Abwärtstrend an. In diesem Zeitraum wuchs sie um mehr als 16.000 Hektar – eine Fläche, die doppelt so groß ist wie der Chiemsee. Die Zahlen belegen die erfolgreiche Umsetzung einer wesentlichen Vorgabe der bayerischen Forstpolitik: den Erhalt und die Mehrung der Waldfläche. Mit rund 2,5 Millionen Hektar ist der Freistaat das walddreichste Bundesland.

Besonders erfreulich ist die Waldflächenzunahme in der bevölkerungsreichen Region München sowie in der Industrieregion Mittelfranken. Gerade dort erbringen die Wälder durch ihre vielfältigen Schutz- und Erholungsfunktionen wichtige Gemeinwohlleistungen. red

Weitere Informationen können im Internet unter [www.forst.bayern.de](http://www.forst.bayern.de) abgerufen werden.

Tabelle 1: Der Kohlenstoffvorrat in den Wäldern Bayerns (Gesamtwaldfläche und pro ha) aufgeteilt in Kompartimente

Kompartiment	C-Vorrat [Mio. t]	C-Vorrat [t/ha]
Wald, gesamt	675,0	277,8
oberirdische Biomasse	261,5	107,6
unterirdische Biomasse	60,7	25,0
Verjüngung	5,5	2,3
Totholz	4,9	2,0
Auflagehumus	30,3	12,5
Mineralboden	312,1	128,4
Holzprodukte	50,5	–
gesamt	725,5	–

geleitet. Holzprodukte wirken sich zwar positiv auf das Klima aus, indem sie die Speicherung des Kohlenstoffs, der im Wald gebunden war, um die spezifische Nutzungsdauer des Produktes verlängern, jedoch spielen die Substitutionseffekte des Holzes (Material- und Energiesubstitution) langfristig eine weit aus bedeutendere Rolle (Schulz und Klein, S. 51–53 in diesem Heft). Alle Produktsegmente zusammengefasst speichern die in Bayern im Gebrauch befindlichen Holzprodukte etwa 50,5 Millionen Tonnen Kohlenstoff. Dieser Gesamtspeicher verteilt sich auf die Kategorien Wohngebäude, Nichtwohngebäude, Möbel-Haushalt-Einrichtung, Halbfabrikate, Verpackungen sowie Papier und Pappe. Den höchsten Anteil hält dabei mit circa 27,4 Millionen Tonnen bzw. 55 Prozent am Gesamtspeicher der Bereich der Wohngebäude.

Über Holzeinschlagsmengen sowie die Zuordnung in Produktkategorien in Anlehnung an die Clusteranalyse Bayern konnte in Bayern für den Zeitraum 2003 bis 2008 eine Nettoerhöhung (Eintrag minus Austrag aus dem Speicher) des Holzproduktespeichers von circa 1,3 Millionen Tonnen Kohlenstoff pro Jahr ermittelt werden.

## Zusammenfassung

Nimmt man die Holzprodukte zum Speicher Wald hinzu, so erweitert sich der Gesamtspeicher auf 725,5 Millionen Tonnen (Tabelle 1). Bei der Betrachtung der Verteilung auf die unterschiedlichen Kompartimente wird deutlich, dass die Holzprodukte auch als Speicher mit lediglich sieben Prozent zwar eine Rolle spielen, die direkte Speicherung im Wald aber weit aus bedeutender ist (Abbildung 2). Jedoch ist der Holzproduktespeicher wohl der Speicher, der in naher Zukunft am schnellsten zu beeinflussen ist.

Geht man von den oben dargestellten 3,6 Millionen Tonnen Kohlenstoff (bzw. 13,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Einheiten) aus, die im Wald zwischen 1987 und 2002 durchschnittlich jedes Jahr in der Baumbiomasse zugewachsen sind, so hat alleine dieser Vorratsaufbau dazu beigetragen, 15 Prozent der Jahres-

emissionen in Bayern wieder zu kompensieren (Bezugswert: 88,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr). Auf Grund der hohen Vorräte und nicht zuletzt auch auf Grund der hohen Nachfrage nach Holz aus unseren heimischen Wäldern ist jedoch absehbar, dass die Senkenfunktion der Wälder in Bayern in Zukunft an ihre Grenzen stoßen wird. Umso wichtiger ist es, auch die Holzprodukte in die Gesamtbewertung mit einzubeziehen und auch in Zukunft effizient mit der Ressource Holz umzugehen. Insbesondere die heute bereits vielfach geforderte Kaskadennutzung sollte dafür als Instrument dienen.

## Literatur

BMELV (2011): *Die Mehrheit der Deutschen sieht den Wald als entscheidenden Faktor für den Klimaschutz*. Pressemitteilung Nr. 40, 2 S.

Borchert, H. (2007): *Veränderungen des Waldes in Bayern in den letzten 100 Jahren*. LWF Wissen 58, S. 42–49

Bösward, K. (1996): *Zur Bedeutung des Waldes und der Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt, eine Analyse am Beispiel des Bundeslandes Bayerns*. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Forstliche Forschungsberichte Nr. 159, München, 147 S.

Dieter, M.; Elsasser, P. (2002): *Carbon Stocks and Carbon Stock Changes in the Tree Biomass of German's Forests*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 121, S. 195–210

FAO (2010): *Global Forest Resources Assessment 2010*. Main report. FAO Forestry paper 163, 340 S.

Oehmichen, K.; Demant, B.; Dunger, K.; Grüneberg, E.; Hennig, P.; Krohner, F.; Neubauer, M.; Polley, H.; Riedel, T.; Rock, J.; Schwitzgebel, F.; Stümer, F.; Wellbrock, N.; Ziche, D.; Bolte, A. (2010): *Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald*. Sonderheft 343. Johann-Heinrich von Thünen-Institut, 141 S.

Kölling, C; Schubert, A. (2010): *Was hat sich zwischen den Jahren 2008 und 1987 getan?* LWF aktuell 78, S. 36

Offenthaler, I.; Hochbichler, E. (2006): *Estimation of root biomass of Austrian forest tree species*. Austrian Journal of Forest Science 1/2, S. 65–86

Schubert, A. (2010): *Organisch gebundener Kohlenstoff im Waldboden*. LWF aktuell 78, S. 11–14

StMUG (2009): *Klimaprogramm Bayern 2020*. Bayerisches Ministerium für Umwelt und Gesundheit, 48 S.

Zell, J. (2008): *Methoden für die Ermittlung, Modellierung und Prognose der Kohlenstoffspeicherung in Wäldern auf Grundlage permanenter Großrauminventuren*. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde für Forst- und Umweltwissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 152 S.

---

Daniel Klein ist Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und bearbeitet das Projekt »Die Kohlenstoffbilanz der bayerischen Forst- und Holzwirtschaft (KLIP22)«. Christoph Schulz ist Mitarbeiter in der Abteilung »Waldbesitz, Beratung, Forstpolitik« und leitet das Projekt KLIP22. [Daniel.Klein@lwf.bayern.de](mailto:Daniel.Klein@lwf.bayern.de), [Christoph.Schulz@lwf.bayern.de](mailto:Christoph.Schulz@lwf.bayern.de)

## Bundesregierung beschließt »Waldstrategie 2020«



Foto: G. Georgiew, Fotolia.com

Der Wald in Deutschland wird nachhaltig genutzt.

Der Wald leistet einen wertvollen Beitrag für Klima, Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Ebenso vielfältig gestalten sich auch die Anforderungen an den Wald – er ist Naherholungsgebiet, Arbeitgeber, Naturraum und Rohstofflieferant zugleich.

Zudem stellen die Folgen des Klimawandels Waldbesitzer und Forstwirtschaft vor zusätzliche Herausforderungen. Mit der Waldstrategie 2020 verabschiedete die Bundesregierung eine Strategie für den Natur- und Wirtschaftsraum Wald. Das Ziel ist es, eine ausgewogene und tragfähige Balance zwischen den steigenden und teilweise konkurrierenden Ansprüchen der Gesellschaft an den Wald und seiner nachhaltigen Leistungsfähigkeit zu finden.

In neun Handlungsfeldern (Klimaschutz, Bodenschutz, Erholung, Forschung, Eigentum, Rohstoffe, Biodiversität, Waldbau und Jagd) werden bestehende Herausforderungen und Chancen benannt sowie mögliche Zielkonflikte analysiert. Dabei wurde in vielen Bereichen weiterer Forschungs- und Informationsbedarf identifiziert. Die Waldstrategie soll einen wichtigen Beitrag dazu leisten, dass Politik und Gesellschaft die vielfältigen Leistungen einer nachhaltigen, multifunktionalen Forstwirtschaft verstehen und anerkennen.

Wälder sind Rückzugsraum für viele Tier- und Pflanzenarten und beliebter Erholungsort für die Menschen. Gleichzeitig liefern sie Deutschlands bedeutendsten nachwachsenden Rohstoff Holz und sind damit Grundlage für 1,2 Millionen Arbeitsplätze in der Forst- und Holzwirtschaft. Die heimischen Wälder werden nach dem anerkannten Prinzip einer nachhaltigen, multifunktionalen Forstwirtschaft bewirtschaftet, bei dem Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen gleichermaßen berücksichtigt werden. Wachsende Ansprüche an den Wald dürfen nicht dazu führen, dass der Dreiklang aus ökologischen, ökonomischen und sozialem Nutzen aus dem Gleichgewicht gerät. Nur so lassen sich die vielfältigen Funktionen des Ökosystems Wald und die anerkannten Leistungen nachhaltiger Forstwirtschaft in Deutschland auch in Zukunft erhalten.

bmelv

---

Die Waldstrategie gibt es im Internet unter:  
[www.bmelv.de/waldstrategie2020](http://www.bmelv.de/waldstrategie2020)