



# Ökonomische Betrachtung des Waldes

Die Bedeutung deutscher Wälder für den Klimawandel

Sarah Fluchs / Manuel Fritsch / Carmen Schleicher / Benita Zink

Auftraggeber

Arge AGDW / FAB GbR

c/o

Familienbetriebe Land und Forst e.V.

Claire-Waldoff-Straße 7

10117 Berlin

Köln, 15.12.2022

**Gutachten**



#### **Herausgeber**

**Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.**

Postfach 10 19 42

50459 Köln

Das Institut der deutschen Wirtschaft (IW) ist ein privates Wirtschaftsforschungsinstitut, das sich für eine freiheitliche Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung einsetzt. Unsere Aufgabe ist es, das Verständnis wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge zu verbessern.

#### **Das IW in den sozialen Medien**

Twitter

[@iw\\_koeln](https://twitter.com/iw_koeln)

LinkedIn

[@Institut der deutschen Wirtschaft](https://www.linkedin.com/company/institut-der-deutschen-wirtschaft)

Facebook

[@IWKoeln](https://www.facebook.com/IWKoeln)

Instagram

[@IW\\_Koeln](https://www.instagram.com/IW_Koeln)

Diese Studie wurde im Auftrag der AGDW - Die Waldeigentümer / Familienbetriebe Land und Forst erarbeitet und von der Landwirtschaftlichen Rentenbank gefördert.

#### **Autoren**

##### **Dr. Sarah Fluchs**

Economist

[fluchs@iwkoeln.de](mailto:fluchs@iwkoeln.de)

0221 – 4981-838

##### **Manuel Fritsch**

Senior Specialist

[fritsch@iwkoeln.de](mailto:fritsch@iwkoeln.de)

0221 – 4981-728

##### **Carmen Schleicher**

Studentische Mitarbeiterin

[schleicher@iwkoeln.de](mailto:schleicher@iwkoeln.de)

##### **Benita Zink**

Data Science Consultant

[zink@iwkoeln.de](mailto:zink@iwkoeln.de)

0221 - 4981-819

**Alle Studien finden Sie unter**

**[www.iwkoeln.de](http://www.iwkoeln.de)**

**Stand:**

August 2022



rentenbank

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>Teil I: Analyse der Wirkungszusammenhänge.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Grundlagen.....</b>	<b>8</b>
2.1 Das Ökosystem Wald.....	8
2.1.1 Begriffserklärung und Definition.....	8
2.1.2 Das Ökosystems Wald im Erdsystem .....	9
2.2 Status quo deutscher Wälder .....	10
2.2.1 Waldbestand und Zustand .....	10
2.2.2 Waldbewirtschaftung.....	13
<b>3 Ökosystemleistungen.....</b>	<b>16</b>
3.1 Methodik und Hintergrund .....	16
3.1.1 Definition .....	16
3.1.2 Ökonomischer Gesamtwert .....	17
3.2 Ökosystemleistungen des Waldes.....	19
3.2.1 Wald als Rohholzbereitsteller .....	20
3.2.2 Wald als Klimaschützer .....	23
3.2.3 Wald als Erholungsgebiet.....	28
<b>4 Der Wald im Klimawandel .....</b>	<b>29</b>
4.1 Das Ökosystem Wald im Klimawandel .....	30
4.2 Diskussion der Effekte forstlicher Bewirtschaftung im Hinblick auf das Klima .....	30
4.2.1 Verlagerungseffekte.....	31
4.2.2 Ökonomische Effekte öffentlicher Güter .....	31
4.2.3 Ökonomische Effekte privater Güter .....	31
4.2.4 Opportunitätskosten.....	32
4.3 Ausblick.....	32
<b>Teil II: Analyse des volkswirtschaftlichen Einflusses der Forstwirtschaft.....</b>	<b>35</b>
<b>5 Ökonomischer Effekt.....</b>	<b>35</b>
5.1 Methodisches Vorgehen.....	35
5.2 Ergebnisse.....	37
5.2.1 Effekte der vorgelagerten Wertschöpfungskette .....	38
5.2.2 Effekte der nachgelagerten Wertschöpfungskette.....	41
5.2.3 Fazit.....	44
<b>6 Regionalität der Wertschöpfungskette Holz .....</b>	<b>45</b>
<b>7 Abstract.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>51</b>

**Abbildungsverzeichnis..... 52**  
**Literaturverzeichnis ..... 53**

## Zusammenfassung

Der Wald trägt durch unterschiedliche Leistungen dazu bei, dem Klimawandel entgegenzuwirken. So kann ein gesunder Wald als Kohlenstoffsенke fungieren, indem er Kohlenstoff aus der Atmosphäre aufnimmt und Sauerstoff an die Umgebung abgibt. Der Wald ist ebenso Lebensraum und, wenn biologisch intakt, Grundlage für Biodiversität und Artenschutz. Außerdem ist er ein Lieferant nachwachsender Rohstoffe, die andere, oft umweltschädlichere Materialien ersetzen können. Der Wald dient zudem als Erholungsgebiet und wird für verschiedene kulturelle Aktivitäten genutzt. Voraussetzung für das Bereitstellen dieser Ökosystemleistungen ist die Gesundheit des Waldes. Allerdings leidet der Wald bereits unter den Folgen des Klimawandels und er muss sich entsprechend an die sich ändernden Bedingungen anpassen, damit er durch den Klimawandel nicht zu stark geschädigt wird und seine Funktionen nicht noch weiter eingeschränkt werden. Demnach fokussieren forstliche Klimaschutzmaßnahmen auf den Erhalt und die Ausweitung des Kohlenstoffspeichers.

Die vorliegende Studie setzt bei dem Ziel an die Wälder an den Klimawandel anzupassen und gleichzeitig deren Klimaschutzwirkung zu erweitern. Das Erreichen dieses Ziels bedarf aufgrund der natürlichen Systemkomplexität im Ökosystem Wald und der vielfältigen Wirkungszusammenhänge einer eingehenden Analyse. Bewirtschaftete und nicht-bewirtschaftete Waldflächen leisten einen unterschiedlichen Beitrag zum Klimaschutz. Beispielsweise besteht der Sekundärspeicher in Holzprodukten nur in bewirtschafteten Wäldern. Gemäß der Waldstrategie 2050 verbessern die Waldbewirtschaftung und der Holzeinsatz aktuell die deutsche CO<sub>2</sub>-Bilanz um circa 11 bis 14 Prozent.

Durch eine Ökonomisierung der Ökosystemleistungen lässt sich der vielfältige Nutzen des Waldes für die Menschen quantifizieren, der weit über den monetären Wert des Rohstoffs Holz hinaus geht. Diejenigen forstlichen Maßnahmen, die auf die Ausweitung des Klimaschutzbeitrags abzielen, müssen folglich eine Form der Honorierung finden, damit eine Umsetzung lohnenswert ist. Dies ist unter marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten dann der Fall, wenn eine Ausweitung der Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag wirtschaftlich attraktiv ist. Während forstliche Maßnahmen Grundlagen für Klimaschutz und Klimawandelanpassungen der Wälder legen können, ist die Umsetzung in vielen Fällen einerseits von einer politischen Flankierung und Unterstützung sowie andererseits von entsprechenden Maßnahmen in nachgelagerten Wertschöpfungsstufen abhängig.

Mit dem Ziel einer ökonomischen Bewertung des Waldes zeigt diese Studie anhand einer Metaanalyse existierender Studien die quantitative Bandbreite wichtiger Ökosystemleistungen, um den Einfluss der Bewirtschaftung des Waldes auf den Klimawandel zu beschreiben. Bei der Analyse des Spannungsfelds zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft werden unterschiedliche Effekte beleuchtet. Ein zentrales Ergebnis ist der Verlagerungseffekt als Folge einer möglichen geringeren Produktion im Inland. Im Ausland findet die Bewirtschaftung von Wäldern unter anderen Standards statt, die nicht selten niedriger sind als in Deutschland.

Insgesamt sind mehr als eine Million Beschäftigte in der Wertschöpfungskette Holz in Deutschland tätig. Rund 57 Milliarden Euro Wertschöpfung wurden in der Wertschöpfungskette Holz erwirtschaftet. Die deutsche Forstwirtschaft ist vor allem als Zulieferer der Holz und Holzprodukte verarbeitenden Branchen ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Die Studie unterstreicht einerseits die hohe Bedeutung der regionalen Wertschöpfungskette Holz und zeigt damit, dass Substitutionspotenziale einer reduzierten Forstwirtschaft in Deutschland begrenzt sind und andererseits, dass durch eine Bewirtschaftung die verschiedenen Funktionen und damit die Beiträge zum Klimaschutz weiterhin gewährleistet werden können.

# 1 Einleitung

Der Wald spielt für unser Klima eine wesentliche Rolle, da er durch verschiedene Funktionen einen essenziellen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Um diesen Beitrag zu leisten, muss der Wald zum einen vital sein und zum anderen muss er sich an die sich ändernden Bedingungen anpassen, damit er durch den Klimawandel nicht zu stark geschädigt wird. Da diese Evolution aufgrund der langen Wachstumszeiten von Bäumen jedoch sehr langsam voranschreitet, braucht der Wald Unterstützung, um diese Anpassung zu realisieren. Der jüngste Bericht des Weltklimarates (IPCC) verdeutlicht einmal mehr, wie wichtig schnelle und effektive Lösungen sind, um den Klimawandel zu lindern (IPCC, 2022). Dabei bildet ein Verständnis für die Interdependenzen und Wirkungszusammenhänge des Erdsystems die Basis, denn nur dadurch lassen sich die Klimaschutzbeiträge des Waldes identifizieren und katalysieren.

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2045 treibhausgasneutral zu sein (KSG, 2019). Um dieses Ziel zu erreichen, müssen sämtliche Potenziale auf den unterschiedlichen Ebenen erkannt und genutzt werden. Nur wenn bestehende Systeme an den Klimawandel angepasst und gleichzeitig ihre Leistungen für die Vermeidung der weiteren Zuspitzung des Klimawandels genutzt werden, kann effektiver Klimaschutz gelingen. Für die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele misst das Klimaschutzgesetz unter anderem der Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft, auch LULUCF (englisch: Land Use, Land Use Change and Forestry), einen wichtigen Stellenwert bei (KSG, 2019, §3a). Wälder sind ein existenzielles Element des Erdsystems und unverzichtbar für die Gesundheit und das Wohlergehen von Menschen und Umwelt. Sie erfüllen eine multifunktionale Rolle, die gerade für den Klimaschutz und die nachhaltige Entwicklung von höchster Bedeutung ist.

Der Klimawandel hat bereits negative Auswirkungen auf den Bestand der deutschen Wälder und schränkt deren unterschiedliche Funktionen stark ein. Diese Funktionen sind jedoch von zentraler Bedeutung, da sie das Klima positiv beeinflussen und dem Klimawandel durch die Kohlenstoffbindungsleistung entgegenwirken. Die Bereitstellung von Holz ist eine dieser Funktionen des Waldes. Konkret ist Holz ein nachwachsender Rohstoff und eine Substitution beispielsweise im Bausektor hat positive Wirkungen auf die Klimabilanz. Auch der IPCC Bericht verweist auf das vielfältige Potenzial von Wäldern, beispielsweise das Nutzungspotenzial des Rohstoffs Holz aus einer nachhaltigen Bewirtschaftung durch die Verwendung von geerntetem Holz für langlebige Produkte, die Steigerung des Recyclings oder die Substitution von Materialien. Ziel muss es entsprechend sein, die Wälder an den Klimawandel anzupassen und gleichzeitig die Klimaschutzwirkung von Wäldern zu erweitern. Diese Aspekte sind Teil der wesentlichen Aufgaben der deutschen Waldpolitik. Gemäß der Waldstrategie 2050 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) erfordert der Umgang der Forstwirtschaft mit diesen Herausforderungen politische Unterstützung, damit diese weiterhin fähig sein wird, eine nachhaltige Waldbewirtschaftung für die Bereitstellung sogenannter Ökosystemleistungen zu betreiben (BMEL, 2021b). Als Ökosystemleistungen werden im Allgemeinen die vielfältigen Leistungen in Form von Gütern und Dienstleistungen bezeichnet, die Ökosysteme für den Menschen erbringen.

Aufgrund der natürlichen Systemkomplexität im Ökosystem Wald sind die genauen Wirkungszusammenhänge zwischen Entscheidungen über den Umgang mit Wäldern und deren Auswirkungen nicht immer offensichtlich und müssen daher eingehend untersucht werden. Eine ökonomische Betrachtung des Waldes muss dazu diverse Wirkungsrichtungen berücksichtigen. Ziel muss es entsprechend sein, ein Gleichgewicht zu finden, in dem die notwendige Anpassung der Wälder an den Klimawandel gleichzeitig zu einer möglichst hohen Minderung des Klimawandels führen kann. Dieses Gleichgewicht muss im Sinne einer nachhaltigen

Entwicklung entsprechend ökologisch-sozioökonomisch verträglich sein, was eine ganzheitliche Betrachtung erfordert. Als Ergebnis dieser Betrachtung deutet sich bereits an, dass es nicht grundsätzlich und für alle Zielsetzungen darum geht, den Wald vollständig unberührt zu lassen, sondern vielmehr ein nachhaltiger Umgang mit dem Wald gefunden werden muss. So lautet das Ziel 15 für nachhaltige Entwicklung „Leben an Land“ der Vereinten Nationen (UN): „protect, restore and promote sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forests, combat desertification, and halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss“ (UN, 2015, S. 27). Diese Zielsetzung legt den Schwerpunkt also auf eine nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes.

Die vorliegende Studie setzt an diesem Punkt an und beleuchtet die Wirkungszusammenhänge im Ökosystem Wald und betrachtet insbesondere die Forstwirtschaft unter Berücksichtigung ihrer ökologischen und sozioökonomischen Dimension. Vor dem Hintergrund, dass Wäldern eine große Bedeutung im Rahmen des Klimawandels zugeschrieben wird, wird die Perspektive einer rein ökologischen Betrachtung in Beziehung zu der ökonomischen Betrachtung gesetzt. Grundlage der ökonomischen Analyse bildet eine Betrachtung und Bewertung der Ökosystemleistungen des Waldes, da sich anhand dieser Ökosystemleistungen der Nutzen für den Menschen bestimmen lässt. Mit diesem Ansatz sollen die Leistungen des Waldes modelliert und entsprechend messbar dargestellt werden.

Anschließend wird der Nutzen des Waldes insgesamt für Deutschland aus der ökonomischen Perspektive beleuchtet. Hierzu wird der volkswirtschaftliche Impact der deutschen Forstwirtschaft berechnet. Neben den wirtschaftlichen Kennzahlen der Branche selbst wird dabei die Bedeutung der Branche für die vor- und nachgelagerte Wertschöpfungskette analysiert. Als Lieferant des nachhaltigen Rohstoffs Holz bildet die Forstwirtschaft die Basis für eine Vielzahl von wirtschaftlichen Aktivitäten in Deutschland. Zudem wird die Regionalität der Wertschöpfungsketten Holz untersucht. Es wird untersucht, wie groß die Bedeutung der Forstwirtschaft in Deutschland für die nationale Wertschöpfungskette ist und ob ein Produktionsausfall auf nationaler Ebene kompensiert werden kann.

Die Studie orientiert sich an der Leitfrage, wie Wälder bestmöglich an den Klimawandel angepasst werden können, so dass sie in der Lage sind, den maximalen Nutzen beziehungsweise Schutz für den Menschen, die Natur und die Umwelt zu erbringen. Nutzenmaximierung und Bereitstellung von Schutz können unter Umständen konkurrierende Ziele sein, da eine Nutzenmaximierung in der Regel zu Lasten anderer Ziele geht. Dieser Zusammenhang verdeutlicht zum einen die Multifunktionalität der Wälder und begründet die Wichtigkeit der gleichzeitigen Berücksichtigung aller Ziele (integrativer Ansatz der Forstwirtschaft). Die Studie ist dazu in zwei grundsätzliche Stränge unterteilt:

- **Teil I** legt den Fokus auf die Betrachtung der Wirkungszusammenhänge zwischen der Forstwirtschaft und der Klima- beziehungsweise Naturschutzfunktion des Waldes. Zunächst befasst sich Kapitel 2 mit den Grundlagen für die Untersuchung und leitet in die Waldthematik ein. Hierzu werden die Wechselwirkungen des Ökosystems Wald aufgezeigt. Darauf aufbauend stellt Kapitel 3, basierend auf existierenden Studien, den Ansatz der Ökosystemleistungen vor, um den Wert der Ökosystemleistungen des Waldes für den Menschen sowohl qualitativ als auch quantitativ hervorzuheben. Kapitel 4 diskutiert den wesentlichen Wirkungszusammenhang zwischen Klimawandel und Bewirtschaftung des Waldes, indem Effekte qualitativ verglichen werden.
- **Teil II** analysiert den volkswirtschaftlichen Einfluss der Forstwirtschaft. Mithilfe des Input-Output-Modells der IW Consult, das auf den aktuellen amtlichen Daten von Destatis und Eurostat basiert, können

nicht nur die Kennzahlen des Wirtschaftszweigs selbst, sondern auch der Umfang der gesamten vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette quantifiziert werden (Kapitel 5). In einem zweiten Schritt wird in Kapitel 6 die Regionalität der Wertschöpfungskette Holz in Deutschland untersucht. Es wird die hohe Bedeutung einer regionalen Wertschöpfungskette Holz dargestellt und gezeigt, dass die Potentiale zur Substitution einer potenziell verringerten forstwirtschaftlichen Produktion in Deutschland durch importiertes Holz aus dem Ausland begrenzt sind.



## Teil I: Analyse der Wirkungszusammenhänge

Der erste Teil dieser Studie beleuchtet die Wirkungszusammenhänge zwischen verschiedenen Nutzungsoptionen und somit Leistungen des Waldes und dem Klimaschutz. Die Forstwirtschaft steht dabei im Fokus. Insbesondere werden mögliche Spannungsfelder und mögliche Synergien zwischen den Nutzungsoptionen herausgearbeitet. In Vorbereitung auf den folgenden zweiten Teil der Studie untermauert dieser Abschnitt die forstliche Nutzung und deren Klimaschutzwirkung und liefert ein grundlegendes Verständnis der Zusammenhänge.

## 2 Grundlagen

Dieses Kapitel stellt die Grundlagen für die untersuchten Wirkungszusammenhänge vor. Dabei stehen die Erklärung und die Definition des Ökosystems Wald in Kapitel 2.1 und eine Vorstellung des Status quo deutscher Wälder in Kapitel 2.2 im Vordergrund.

### 2.1 Das Ökosystem Wald

#### Kernaussagen:

- Im Ökosystem Wald existiert eine hohe Systemkomplexität aufgrund der vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen den Komponenten innerhalb des Systems sowie der Interdependenzen mit anderen Systemen.
- Im Hinblick auf die Wirkung des Waldes als Kohlenstoffsенke spielt die Entwicklungsstufe und die Vitalität des Waldes eine wichtige Rolle, damit er mehr Kohlenstoff aufnehmen kann als er abgibt.

#### 2.1.1 Begriffserklärung und Definition

Ein **Ökosystem** bezeichnet ein Wirkungsgefüge von Lebewesen und deren unbelebter Umwelt. Im Wesentlichen setzt sich ein Ökosystem aus Biozönose (Lebensgemeinschaft) und Biotop (Lebensraum) zusammen. Die Beziehungen zwischen den Lebewesen eines Ökosystems werden als biotische (belebte) Faktoren bezeichnet. Das Biotop der Lebewesen ist von abiotischen (unbelebten) Faktoren geprägt. Damit sind die unbelebten Bestandteile der Natur gemeint, die sich auf die Lebewesen auswirken. Für das Ökosystem Wald sind zum Beispiel das Klima sowie der Nährstoff- und Wasserhaushalt des Bodens abiotische Einflussfaktoren. Alle Organismen, zum Beispiel Pflanzen, Tiere, Pilze und Mikroorganismen, die im Wald leben, bilden die biotische Komponente. Innerhalb von Ökosystemen bestehen vielfältige Wechselbeziehungen zwischen den Komponenten, sodass sie sich gegenseitig beeinflussen und sogar verändern. Nicht nur die Lebewesen untereinander stehen in Beziehung zueinander, sondern auch die Lebewesen mit ihrer unbelebten Umwelt (Smith/Smith, 2009).

Darüber hinaus sind Ökosysteme offene Systeme, denn sie stehen mit anderen Systemen im Austausch. Dies führt zu einem komplexen Wirkungsgefüge, dessen Zusammenhänge, die auf unterschiedlichen Ebenen stattfinden, nicht immer offensichtlich sind. Wirkzusammenhänge beschreiben im Allgemeinen den Austausch von Materie, Energie und Informationen. Während die materiellen Komponenten Materie und Energie im Kontext des Waldes offensichtlich sind, bedarf der immaterielle Informationsaustausch in diesem Zusammenhang einer kurzen Erläuterung. Im Klima-Wald Kontext geht es vor allem darum, dass Biosphäre und Atmosphäre auf Grundlage der Naturgesetze miteinander im Austausch stehen. Dieser Austausch findet

ohne eine verbale Kommunikation oder Interaktion und ohne den Austausch physischer für uns sichtbarer Materie statt, dennoch resultierten durch das Vorhandensein von Informationen geordnete Strukturen. Zum Beispiel sind DNA-Moleküle von Organismen Träger von Informationen, die dafür sorgen, dass gewisse bio-geochemische Prozesse in Gang gesetzt werden. Bereits an diesem Beispiel wird die **Systemkomplexität** des Ökosystems Wald deutlich.

Der **Wald** ist ein Ökosystem und in botanischem Sinn **eine überwiegend von Bäumen geprägte Vegetation** (BMEL, 2016). Die Europäische Union (EU) stützt sich bei ihrer Definition des Waldes auf die Klassifizierungsmethode, welche von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen entwickelt wurde: „Ein Wald ist ein Stück Land mit einer Fläche von über 0,5 ha, bei der mehr als 10 % des Bodens von Baumkronen überschirmt (oder gleichwertig bestockt) sind. Die Bäume sollten im Reifealter in situ eine Höhe von mindestens fünf Metern erreichen können“ (EU, 2021). Im Sinne des deutschen Bundeswaldgesetzes (BWaldG) ist ein Wald jede mit Forstpflanzen bestockte Grundfläche und es schließt auch kahlgeschlagene und verlichtete Grundflächen mit ein, sofern sie mit dem Wald verbunden sind oder ihm dienen (BWaldG, 2021, §2). Aus der Definition ausgenommen sind Plantagen beziehungsweise Flächen, auf denen Baumarten nur zum Zweck einer baldigen Entnahme angepflanzt werden und dadurch eine kurze Lebensdauer (< 20 Jahre) haben (BWaldG, 2021, §2).

Wälder können anhand von verschiedenen Eigenschaften, zum Beispiel nach ihrer Baumartenzusammensetzung oder dem Entwicklungsstadium, klassifiziert werden. Grundsätzlich gibt es zwei Baumartengruppen: Laub- und Nadelbäume. Entsprechend dem jeweiligen überwiegenden Anteil einer davon gibt es Laub-, Nadel- und Mischwälder. Wälder können auch entsprechend ihrem Entwicklungsstadium unterteilt werden, so gibt es Wälder in der Entstehungs-, Optimal- und Zerfallsphase.

Die Erreichung eines bestimmten Waldzustands bei natürlicher Entwicklung ohne menschliche Eingriffe nimmt mehr Zeit in Anspruch als mit menschlichen Eingriffen. Das Leben eines Baumes vom Samen bis zum Verfall erstreckt sich über Jahrhunderte (BMUB, 2015). Das Baumwachstum beziehungsweise der Lebenszyklus von Bäumen und dessen spezifischer zeitlicher Verlauf ist genetisch determiniert (endogener Faktor). Abiotische und biotische Faktoren (exogene Faktoren) sind Umweltfaktoren, die das Baumwachstum mit beeinflussen, sodass verschiedene Baumarten unterschiedlich schnell beziehungsweise langsam wachsen. Auch hier wird einmal mehr deutlich, wie komplex das Wirkungsgefüge ist: sind die Baumkronen zu dicht, erhalten untere Waldschichten in der Regel zu wenig Licht und sterben ab, wenngleich es Ausnahmen, wie beispielsweise die Tanne gibt, die im Unterstand im Schatten ausharren können, bis günstige Wuchsbedingungen auftreten. Es setzen sich also in vielen Fällen nur die alten, bereits hoch gewachsenen Bäume durch, sodass der Wald insgesamt immer älter wird. Wenn sich die Baumkronen wieder verlichten, was durch vielerlei Gründe der Fall sein kann, erhalten untere Schichten mehr Licht und junge Bäume können nachwachsen. Dieser Zusammenhang trifft eher auf durchmischte strukturreiche Wälder zu (Schütz, 2002).

### 2.1.2 Das Ökosystems Wald im Erdsystem

Der Kohlenstoffhaushalt von Wäldern ist ein zentraler Faktor für die Klimadebatte. Umso wichtiger ist es entsprechend, zugrundeliegende Wirkungszusammenhänge zu verstehen. Die Grundlage für ein umfassendes Verständnis bildet der **globale Kohlenstoffkreislauf**. Darunter werden der Austausch und die Umwandlung kohlenstoffhaltiger Verbindungen zwischen den Systemen der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre und Biosphäre) verstanden. Dies erfolgt auf verschiedenen Zeitachsen und lässt sich im Wesentlichen

in zwei interdependente Teilprozesse untergliedern: den kurzfristigen Kohlenstoffaustausch lebender Organismen und den langfristigen Kohlenstoffkreislauf geologischer Prozesse. Der größte Anteil des auf der Erde vorhandenen Kohlenstoffs (circa 99,95 Prozent) ist langfristig in Gesteinsschichten gespeichert. Der restliche Kohlenstoff verteilt sich auf die Systeme und kommt dort in unterschiedlichen Verbindungen vor. Der kurzfristige Kohlenstoffaustausch findet zum Beispiel über den Prozess der Photosynthese statt. Mit Licht als energetischem Antrieb betreiben grüne Pflanzen Photosynthese, indem sie anorganischen Kohlenstoff (in Form von Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ )) aus der Atmosphäre aufnehmen und den Kohlenstoff (C) (in Form von Zucker) in Biomasse speichern. Dabei wird Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) als Nebenprodukt in die Atmosphäre freigegeben. Der Kohlenstoff ist so lange in der Biomasse gespeichert, bis diese verrottet oder verbrennt. Durch den Abbau und durch die beteiligten Mikroorganismen wird Kohlenstoff wieder freigesetzt und in  $\text{CO}_2$  Verbindungen umgewandelt (Hasenauer, 2012; Grüner, 2017).

Durch den menschlichen Eingriff in tiefere Gesteinsschichten, meist durch den Abbau und die Nutzung der fossilen Rohstoffe, wird zusätzlich langfristig eingeschlossener Kohlenstoff freigesetzt. Dies wirkt sich, wie bekannt, auf das globale Klima aus. Um den Klimawandel einzudämmen, gilt es also das zusätzliche Freisetzen von Kohlenstoff deutlich zu reduzieren und bereits freigesetzten Kohlenstoff zu binden.

Im Wald steht der Kohlenstoffkreislauf in Abhängigkeit und unter Einfluss vieler Faktoren. Faktoren, die den einen Prozess begünstigen, können andere Prozesse genauso behindern. Wälder können so in Abhängigkeit von der betrachteten zeitlichen und räumlichen Dimension beispielsweise Kohlenstoffsенke oder -quelle sein. Dabei spielen unter anderem die Demographie beziehungsweise Entwicklungsstufe und die Vitalität des Waldes eine entscheidende Rolle. Bäume in der Wachstumsphase bauen in der Regel Biomasse auf und binden C. Bäume im Zerfall, hingegen, geben C an ihre Umwelt ab. Dies ist häufig der Fall, wenn das Ökosystem durch Störungen<sup>1</sup> (Dürre, Sturm, Schädlinge) unter Stress gesetzt wird und die sich Bedingungen in bestimmten Regionen langfristig ändern.

## 2.2 Status quo deutscher Wälder

### Kernaussagen:

- Viele Baumarten benötigen bestimmte klimatische Bedingungen zum Wachsen und zur Fortpflanzung, sodass jede Änderung des Klimas Risiken für den Wald darstellen kann und das Ökosystem bedroht.
- Eine Bewirtschaftung der Wälder soll nachhaltig vollzogen werden. Eine nachhaltige Waldbewirtschaftung kann über direkte und indirekte Effekte auf die Erreichung verschiedener Ziele für eine nachhaltige Entwicklung einzahlen.

### 2.2.1 Waldbestand und Zustand

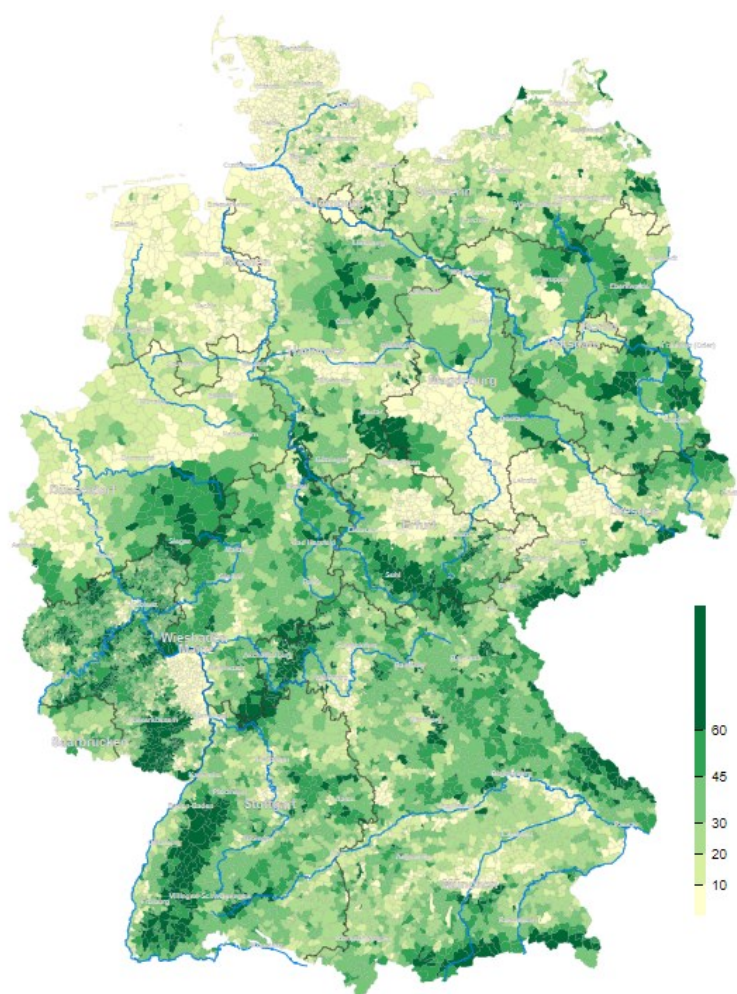
In Deutschland bedeckte der Wald zum Zeitpunkt der letzten Bundeswaldinventur im Jahr 2012 eine Fläche von circa 11,4 Millionen Hektar, das entspricht 32 Prozent der Landesfläche. Abbildung 2-1 gibt eine Übersicht über die jeweiligen Anteile der Waldfläche an der Landesfläche in den einzelnen Ländern in

<sup>1</sup> Unter dem Begriff „Störung“ versteht man ein zeitlich oder örtlich begrenztes Ereignis, zum Beispiel einen Sturm oder eine Insektenplage, das die Funktionen des Waldökosystems einschränkt. Die Auswirkungen einer Störung müssen nicht zwangsläufig negativ ausfallen, so können beispielsweise Waldfeuer bis zu einem gewissen Maße zu mehr Biodiversität in der Regerationsphase führen (BMEL, 2021a).

Deutschland. Gemäß Statistischem Bundesamt lag dieser Anteil im Jahr 2020 bundesweit bei 29,9 Prozent, was 10,7 Millionen Hektar entspricht (Destatis, 2021a). Die geringe Abweichung der Größen ist auf die Unterschiede in der Definition von Waldflächen zurückzuführen (siehe Kapitel 2.12.1.1). Nur die landwirtschaftliche Nutzung nimmt hierzulande mit 50,6 Prozent im Jahr 2020 eine größere Fläche ein (BMEL, 2016; Destatis, 2021a). In den meisten deutschen Bundesländern sind zwischen einem Viertel und einem Drittel der Landesfläche mit Wald bedeckt (Destatis, 2021a). In Summe ist die deutsche Waldfläche über die letzten Dekaden konstant geblieben, die Tendenz ist leicht steigend (BMEL, 2016; BMEL, 2021).

### Abbildung 2-1: Anteil der Fläche des Waldes an der Landesfläche insgesamt

Basisjahr: 2019, Angaben in Prozent



Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2021; Daten: GeoBasis-DE

Mehr als 98 Prozent der deutschen Waldfläche sind begehbar. Die nichtbegehbare Waldfläche (2 Prozent) ist hauptsächlich von Betretungsverboten geprägt. Die nicht Begehbarkeit ergibt sich gemäß Bundeswaldinventur aus verschiedenen Gründen: Betretungsverbot, gefährliche Geländebedingungen, sonstige Gefahren oder undurchdringlicher Bewuchs. Den größten Anteil der Waldfläche (95 Prozent) macht der sogenannte **Holzboden** aus. Laut dritter Bundeswaldinventur<sup>2</sup> ist der Holzboden die Fläche, die dauerhaft zur Holzherstellung genutzt wird. Die restliche Fläche ist als sogenannter Nichtholzboden kategorisiert. Darunter fallen

<sup>2</sup> Am 1. April 2021 wurde die 4. Bundeswaldinventur angekündigt. Die Datenerhebung ist bis Ende des Jahres 2022 abgeschlossen.

unter anderem Waldwege und Holzlagerplätze (BMEL, 2016). Die nach Fläche bedeutendsten Baumartengruppen in Deutschland sind Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Sie wachsen auf 73 Prozent des Holzbodens und verteilen sich neben Mischwäldern auch auf regionale Schwerpunkte (reine Laub- oder Nadelwälder) (BMEL, 2016; Dieter et al., 2021). Von Natur aus würden in Deutschland Laubbäume vorherrschen, heute sind es, aufgrund der Vergangenheit, überwiegend Nadelbäume (BMUB, 2015). Diese Entwicklung wird im Folgenden näher beschrieben.

Laut BWaldG (2021, §3) unterscheidet man zwischen den Waldeigentumsarten Staatswald, Körperschaftswald und Privatwald. Hierzulande ist knapp die Hälfte der Waldfläche Privatwald (48 Prozent) und im Besitz von rund 1,8 Millionen privaten Waldbesitzern. Die weitere deutsche Waldfläche ist Eigentum von Kommunen und anderen Körperschaften (19 Prozent) (Körperschaftswald), im Besitz der Länder (29 Prozent) oder Eigentum des Bundes (4 Prozent) (Staatswald Bund) (BMEL, 2021b).

Die Entwicklung der heutigen deutschen Baumartenzusammensetzung ist teilweise von Reparationshieben beeinflusst: nach dem zweiten Weltkrieg wurden für Wiederaufbau und Reparationszahlungen große Mengen des Rohstoffs Holz benötigt. Bei der Aufforstung nach dem zweiten Weltkrieg wurden insbesondere diejenigen Baumarten gepflanzt, die sich aufgrund ihrer Wachstumseigenschaften und ihrer technischen Eigenschaften gut für die Holzproduktion eigneten. Insbesondere die Fichte ist heute weit verbreitet. Diese Baumart kann abhängig vom Standort und dessen Eignung anfällig sein für Dürre, Borkenkäfer, Windbruch und Windwurf<sup>3</sup>. Gerade die Extremwetterlage in den Jahren 2017 bis 2020 und deren Auswirkungen haben deshalb negative Effekte auf einen Großteil der fichtendominierten Bestände.

Wie in Kapitel 2.1 erläutert, stehen Wälder unter vielfältigem Einfluss diverser Faktoren, die letztendlich entscheidend für den **Waldzustand** sind. Zu diesen Faktoren zählen unter anderem die Baumart und ihre Veranlagung sowie das Alter der Bäume, die gegenwärtige und frühere Bewirtschaftungsform, Standortfaktoren, das Vorhandensein von Schadorganismen, der Gehalt von Luftschadstoffen und schlussendlich die Witterung. Auch wenn Schwankungen von Umweltfaktoren in einem bestimmten Toleranzbereich ertragen werden können, können viele Baumarten nur unter bestimmten klimatischen Bedingungen wachsen und sich fortpflanzen, sodass Änderungen des Klimas Risiken für den Wald darstellen und dessen Zustand verschlechtern kann. (BMEL, 2022).

Der Kronenzustand des deutschen Waldes wird alle fünf Jahre in der Waldzustandserhebung des BMEL geprüft und wichtige Zustandsparameter abwechselnd in der Bundeswaldinventur und der Kohlenstoffinventur erfasst. Der deutsche Wald ist in keinem guten Zustand, sodass sein volles Potenzial nicht gänzlich ausgeschöpft wird. Die jüngste Waldzustandserhebung (BMEL, 2022) ergab eine weiterhin andauernde **deutliche Kronenverlichtung** sowie **hohe Mortalitätsraten über alle Baumarten hinweg**. Vor allem durch die vergangenen drei Trockenjahre wird deutlich: der Klimawandel macht sich auch in deutschen Wäldern bemerkbar und bedroht das Ökosystem beziehungsweise setzt es zusätzlich unter Stress (Dieter et al., 2021).

### Rahmenbedingungen und Gesetzgebung

Die Leistung des Waldes, Kohlenstoff zu binden und somit den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre zu senken, ist für die Klimapolitik ein wichtiges Instrument. Der LULUCF Sektor beziehungsweise der AFOLU Sektor (Landwirtschaft, Forstwirtschaft und sonstige Landnutzung, englisch: Agriculture, Forestry and Other Land Use) ist

<sup>3</sup> Windwurf bezeichnet das Ausreißen von Bäumen samt deren Wurzeln durch Windeinwirkungen (DWDS, 2022a).

daher in vielen nationalen, europäischen und globalen Strategien und Rechtstexten, die die nachhaltige Entwicklung und den Klimaschutz forcieren, von zentraler Bedeutung. So ist zum Beispiel im nationalen Klimaschutzgesetz (KSG, 2019) festgehalten, dass „der Sektor LULUCF mit weiteren Maßnahmen – u. a. zum Erhalt des Waldes als CO<sub>2</sub>-Senke – gesichert werden soll. Mit seinem Beschluss [...] hat das Bundeskabinett den Bedarf an zusätzlichen öffentlichen Mitteln für den Erhalt und die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder sowie der Holzverwendung zum Erhalt ihres Klimaschutzbeitrags anerkannt“ (KSG, 2019, §3a).

Auch in der Waldstrategie der EU für 2030 (Europäische Kommission, 2021a), welche auf der EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 im Rahmen des EU-Green Deals aufbaut, wird die Bedeutung des Waldes für den Klimaschutz betont. Sie setzt darauf, Quantität und Qualität der Wälder in der EU zu verbessern, die multifunktionale Rolle der Wälder sowie den Beitrag der Forstbetriebe und der gesamten forstwirtschaftlichen Wertschöpfungskette zur Erreichung einer nachhaltigen und klimaneutralen Wirtschaft bis 2050 anzuerkennen. Auch in den von der UN formulierten 17 Zielen für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) werden Wälder berücksichtigt (UN, 2015). In Deutschland werden die Rahmenbedingungen für die Forstwirtschaft und den Umgang mit Wäldern im BWaldG festgehalten.

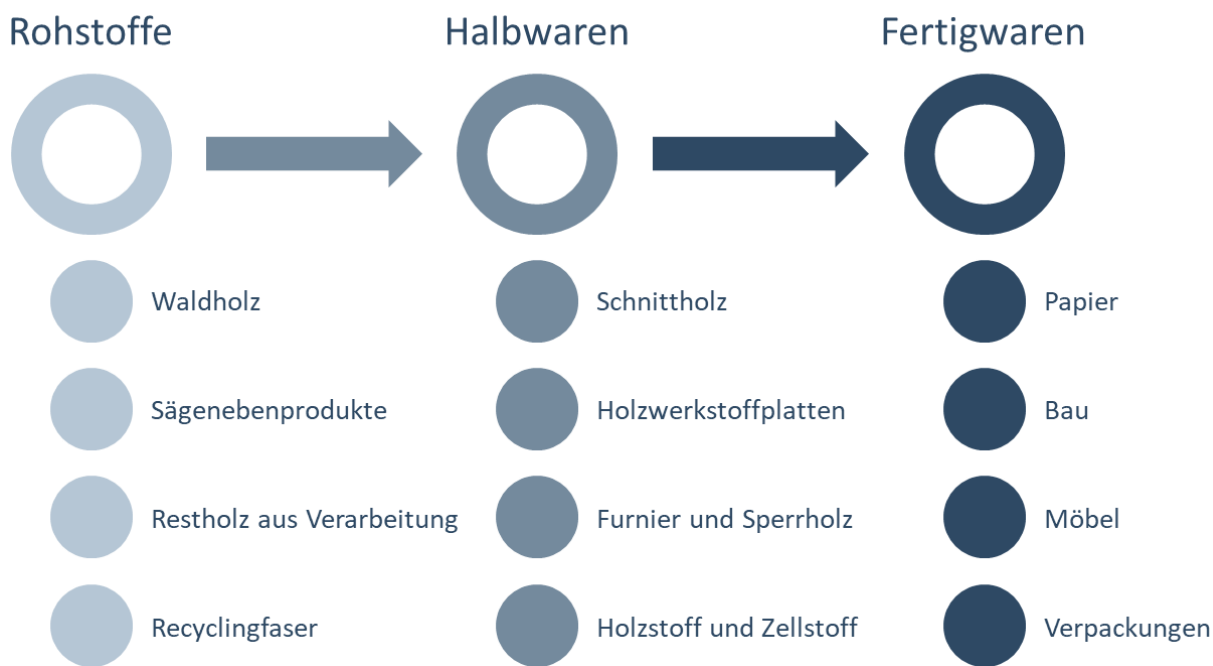
### 2.2.2 Waldbewirtschaftung

Grundsätzlich gilt: Wälder sind schützenswerte Fläche und können gemäß §9 des BWaldG (2021) nur gerodet und in eine andere Flächennutzung umgewandelt werden, sofern eine Genehmigung erteilt wurde. Diese hängt zum einen von der Bedeutung des Waldes für die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts und die forstliche Erzeugung und zum anderen vom Beitrag zur Erholung der Bevölkerung ab. Eine Bewirtschaftung soll im Sinne des Waldes ordnungsgemäß und nachhaltig erfolgen. Das bedeutet, dass Waldbesitzer dazu verpflichtet sind, kahlgeschlagene oder verlichtete Waldflächen aufzuforsten und dort zu ergänzen, wo die natürliche Wiederbestockung unvollständig bleibt (BWaldG, 2021, §11). Den Forstbetriebsgemeinschaften kommen im Wesentlichen folgende Aufgaben zu: Planung und Abstimmung forstlicher Vorhaben, Ausführung der Forstkulturen, Bodenverbesserungen und Bestandspflegearbeiten einschließlich des Forstschutzes, Bau und Unterhaltung von Wegen, Durchführung des Holzeinschlags, der Holzaufarbeitung und der Holzbringung, Beschaffung und Einsatz von Maschinen und Geräten (BWaldG, 2021, §17). Derzeit sind in Deutschland rund 5 Prozent der öffentlichen Waldfläche außer Nutzung gestellt, eine Ausweitung wird diskutiert (BMUB, 2015).

Der Rohstoff Holz spielt im Rahmen der forstwirtschaftlichen Wertschöpfungskette eine zentrale Rolle, weshalb ein kurzer Blick auf die Wertschöpfungskette lohnt. Abbildung 2-2 gibt einen ausschnittshaften Überblick über die unterschiedlichen Verarbeitungsstufen vom Rohstoff über Zwischenprodukte zu den fertigen Produkten für Endverbraucher (FNR, 2018). Diese Übersicht zeigt, dass Waldholz Ausgangspunkt der Holznutzungskaskade ist. Er ist einer der Rohstoffe, die zur Herstellung von Holzprodukten und Sägenebenprodukte eingesetzt werden, allerdings ist er nicht der einzige. So werden ebenso Sägenebenprodukte und anderes Restholz zu Produkten verarbeitet. Nichtsdestotrotz macht Waldholz den mengenmäßig größten Anteil der genutzten Holzrohstoffe aus. Vor allem in der Papierherstellung werden auch Recyclingmaterialien, zum Beispiel Altpapier, verwendet. Nutzer entlang der Wertschöpfungskette von Holz sind insbesondere die Sägeindustrie (Hauptabnehmer der Forstwirtschaft mit 54,3 Prozent), die Holzwerkstoffindustrie sowie die Holzstoff- und Zellstoffindustrie, aber auch die Sperrholzindustrie sowie Gartenbaubetriebe (FNR, 2018). Neben dieser Wertschöpfung, die sich aus der stofflichen Verwendung des Rohstoffs ergibt, gibt es die Möglichkeit,

Holz energetisch zu nutzen. Beispiele für die Nutzung entlang der energetischen Wertschöpfung sind Holzheizungen und Biomassefeuerungsanlagen in Privathaushalten.

Abbildung 2-2: Die Wertschöpfungskette von Holz (Auszug)



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft in Anlehnung an FNR, 2018

### Rohstoffnutzung

Der Rohstoff Holz weist ein hohes Maß an Verwertbarkeit auf, denn nicht nur das geschnittene Waldholz, sondern auch beim Schnitt anfallende Nebenprodukte, wie zum Beispiel Sägespäne, finden in weiteren Wertschöpfungsstufen eine Verwendung (FNR, 2018). Auf das Holzaufkommen in Deutschland sowie Zuwachs und Nutzung des Rohstoffs Holz wird im weiteren Verlauf der Studie (unter anderem im Kapitel 2.2.1) eingegangen. Die kaskadische Nutzung des Rohstoffs Holz ist im Vergleich zu anderen primären Rohstoffen stark ausgeprägt. Die Reststoffe werden im Laufe der Wertschöpfung stofflich oder energetisch verwendet (FNR, 2018). Die Papierproduktion ist ein Beispiel für die zirkuläre Nutzung holzbasierter Rohstoffe: Altpapier macht als Sekundärzellstoff zum Teil einen Anteil von 75 Prozent des Materialeinsatzes aus (FNR, 2018). Auch Altholz hat viele Verwendungszwecke, wie zum Beispiel der Einsatz in Spanplattenprodukten. Dies führt dazu, dass der gesamte jährliche Einsatz holzbasierter Rohstoffe von circa 127 Millionen Kubikmetern Holz höher ist als der Rohholzeinsatz (BMEL, 2021b).

Prognosen zufolge bleibt die Nachfrage nach Holz- und Holzwerkstoffen in den nächsten Jahren hoch, was unter anderem auf die steigende Nachfrage im Bausektor zurückzuführen ist (IKB, 2021). Insbesondere dieser Sektor erreicht bei einer stofflichen Verwendung eine langfristige Kohlenstoffbindung. Da der nachwachsende Rohstoff Holz im Bausektor emissionsintensivere Baustoffe substituieren kann und da das eingesetzte Holz in Gebäuden über viele Jahre eingesetzt wird, sind der Substitutionseffekt und das Potenzial der Kohlenstoffbindung in diesem Sektor groß. Weitere Gründe für die steigende Nachfrage sind Handelsabkommen, Zölle und daraus resultierende Engpässe. Hierfür ein Beispiel sind die Importe aus den USA, bei denen der Zoll auf eingeführtes kanadisches Holz zu Verlagerungseffekten nach Europa führt. Bei den

Verwendungsarten von Holz muss zwischen den Baumartengruppen unterschieden werden. Während die circa 50 Millionen Kubikmeter Nadelholz in der ersten Verwertungsstufe mit 90 Prozent hauptsächlich stofflich genutzt werden, sind es bei den circa 22 Millionen Kubikmetern Laubholz nur 40 Prozent. Der Rest wird unmittelbar energetisch verwendet. Pellets werden in Deutschland zu circa 95 Prozent aus Sägenebenprodukten hergestellt (BMEL, 2016).

### Nachhaltige Waldbewirtschaftung

Die **Nachhaltigkeit**, welche heutzutage zu einem zentralen Handlungsprinzip geworden ist, geht zurück auf die Forstwirtschaft (Kramer, 2013; Bundestag, o.J.). Nur, wenn dem Wald nicht mehr Bäume entnommen werden als nachwachsen können, steht er einer zukünftigen Nutzung zur Verfügung und behält auf Dauer seine Leistungen. Das Verhältnis zwischen Abgang und Zuwachs muss kleiner als eins sein, um einen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten (Hennig et al., 2019). Die natürliche Restriktion dabei ist das Baumwachstum, denn ein neu gepflanzter Baum braucht Jahrzehnte für sein Wachstum und somit einen erheblichen Zeitraum, bevor er erntereif ist und einen nennenswerten Ertrag bringt. So haben gegenwärtige Eingriffe in den Waldbestand zwangsläufig Auswirkungen auf die Entwicklung und die zukünftige Struktur der jeweiligen Wälder. Im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung ist also die Altersklassenstruktur des Waldes von Bedeutung und wird besonders bei der Bewirtschaftung wichtig (Schütz, 2002). Die nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern umfasst Maßnahmen, die über die Holzernte hinausgehen und die das Ziel haben, Wälder zu befähigen, sich an die veränderten klimatischen Bedingungen anzupassen. Beispiele für diese Maßnahmen sind: Läuterung<sup>4</sup>, Durchforstung, Vorratspflege und der Umbau von reinen Laub- oder Nadelwäldern hin zu Mischwäldern (Spathelf et al., 2022).

Auch die deutsche Forstwirtschaft baut auf dem Handlungsprinzip der Nachhaltigkeit auf, indem sie die verschiedenen Funktionen der Wälder durch Verjüngung, Pflege und Bewirtschaftung schützt, woraus sich die Mehrdimensionalität der Forstwirtschaft ableitet (BMEL, 2016). Damit trägt sie auch zur nachhaltigen Entwicklung bei, denn es sollen ökonomische, ökologische und soziale Leistungen des Waldes für gegenwärtige und zukünftige Generationen dauerhaft und optimal zugänglich sein (BMEL, 2016). Eine nachhaltige Waldbewirtschaftung kann über direkte und indirekte Effekte auf die Erreichung verschiedener der 17 SDGs einzahlen. So werden neben SDG 15 auch diverse andere begünstigt, zum Beispiel SDG 3, 6, 7 oder 11 (UN, 2015).

Die Bundeswaldinventur hat unter anderem untersucht, wie naturnah die unterschiedlichen Waldflächen in Deutschland sind. Sie ergab, dass circa 36 Prozent der Waldfläche als naturnah gelten. Davon ist der Anteil naturnaher Wälder bei Wäldern im staatlichen Besitz höher als bei Wäldern im Privatbesitz (BMEL, 2016; UBA, 2022).

---

<sup>4</sup> Läuterung bezeichnet das Entfernen von zu dicht wachsenden Ästen und Zweigen in einem jungen Waldbestand (DWDS, 2022b). Es ist eine Pflege- und Regulierungsmaßnahme in schwachen oder kranken Stangenhölzern, in der Regel ohne den Anfall wirtschaftlich verwertbaren Holzes.



## 3 Ökosystemleistungen

Dieses Kapitel soll die vielfältigen Funktionen des Waldes und deren Nutzen für den Menschen beleuchten. Dazu wird im ersten Kapitel (3.1) der methodische Ansatz der Ökosystemleistungen vorgestellt, um im zweiten Kapitel (3.2) zu untersuchen, welche Ökosystemleistungen im Klima-Wald-Kontext besonders relevant sind. Leitmotiv bleibt auch bei dieser Betrachtung das Ziel, Wälder an den Klimawandel anzupassen und gleichzeitig den größtmöglichen Schutz für Natur und Umwelt sowie den größtmöglichen Nutzen für den Menschen zu erzielen.

### 3.1 Methodik und Hintergrund

#### Kernaussagen:

- Ökosystemleistungen erfassen die vielfältigen Leistungen und Güter, die Ökosysteme für den Menschen erbringen. Entsprechend stellt auch der Wald als Ökosystem verschiedene Leistungen zur Verfügung.
- Durch die Monetarisierung beziehungsweise Ökonomisierung der Ökosystemleistungen lässt sich der Nutzen für die Menschen quantifizieren.

#### 3.1.1 Definition

Wie jedes Ökosystem, hat der Wald verschiedene ökologische Funktionen. Diese werden von biotischen sowie abiotischen Faktoren beeinflusst. So produzieren Wälder zum Beispiel Sauerstoff und können Kohlenstoff speichern. Darüber hinaus ist der Wald in der Lage, Wasser zu speichern, sowohl im Waldboden als auch in der Biomasse und bietet einen Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten. Die vielfältigen ökologischen Funktionen des Waldes wirken sich auch auf das Wohlergehen der Menschen aus. Ein Ansatz, die vielfältigen Leistungen in Form von Produkten oder Dienstleistungen, die Ökosysteme für den Menschen erfüllen, zu erfassen, ist die Bestimmung von **Ökosystemleistungen**. Ökosystemleistungen wurden von verschiedenen Akteuren und Initiativen genutzt und (weiter-)entwickelt beziehungsweise unter Berücksichtigung unterschiedlicher Ziele angewendet. Wichtige Anwendungen und Entwicklungsschritte von Ökosystemleistungen sind:

- **Millennium Ecosystem Assessment (MEA)**: Das von der UN im Jahr 2001 ins Leben gerufene MEA war die bislang umfassendste Studie zur Ermittlung des Zustands der Ökosysteme der Erde. Es wurden 24 Schlüssel-Ökosystemleistungen untersucht, bewertet und insbesondere ihr Zusammenhang mit dem menschlichen Wohlbefinden erläutert (MEA, 2005).
- **The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)**: TEEB ist eine globale Initiative, die daran arbeitet, Werte der Natur sichtbar zu machen. Primäres Ziel ist die Integration von Werten und Ökosystemleistungen, resultierend aus der biologischen Vielfalt, in die Entscheidungsfindung auf sämtlichen Ebenen in einen strukturierten Bewertungsansatz (TEEB DE, 2012).
- **Common international Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES)**: Das CICES ist ein Klassifizierungssystem der Europäischen Umweltagentur (EEA) mit dem Ziel Ökosystemleistungen zu klassifizieren und zu standardisieren. Dies soll Vergleichbarkeit und umweltökonomische Berechnungen ermöglichen beziehungsweise erleichtern (Haines-Young/Potschin, 2018).

Definiert ist der Begriff Ökosystemleistungen als der Nutzen, den die Menschen aus den vielfältigen Funktionen von Ökosystemen ziehen. Dazu gehören die bereitstellenden Leistungen, die Regulierungs- und

Kulturleistungen, die sich direkt auf den Menschen auswirken, sowie die unterstützenden Leistungen (siehe Abbildung 3-1), die zur Aufrechterhaltung anderer Leistungen erforderlich sind (MEA, 2005).

**Abbildung 3-1: Die vier Arten von Ökosystemleistungen**



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft in Anlehnung an MEA, 2005

Der Begriff der Ökosystemleistungen wird unterschiedlich eng beziehungsweise weit gefasst. Definitionen unterscheiden sich im Umfang der Abbildung von Prozessen, Funktionen und Leistungen sowie den Anwendungsbereichen und den bearbeiteten Fragestellungen. Ein Konzept ist das der **finalen Ökosystemleistungen**. Es ist definiert als die Bestandteile der Natur, die direkt genossen, verbraucht oder genutzt werden, um menschliches Wohlbefinden zu erzeugen (Boyd/Banzhaf, 2007). Die Ökosystemleistungen sollen dabei in physikalischen Einheiten abgebildet werden. So werden Ökosystemfunktionen und Prozesse ausgeschlossen, die sich rein auf die Zustandsänderungen der Bestandteile des Ökosystems beziehen um Doppelzählungen vermieden und um die Perspektive auf die Nutzenstiftung für den Menschen zu lenken. Darüber hinaus lassen sich die Ökosystemleistungen in regionale/lokale (zum Beispiel Lärmschutz) beziehungsweise überregionale (zum Beispiel Erhalt von Biodiversität) Leistungen einteilen, je nachdem, wie weit sich ihr jeweiliger Wirkungsbereich erstreckt.

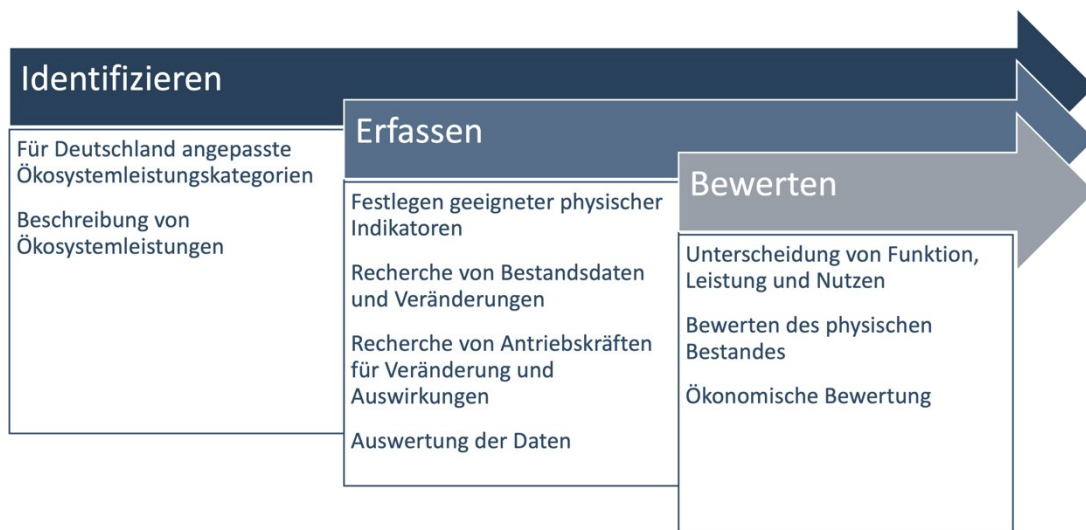
### 3.1.2 Ökonomischer Gesamtwert

Meist sind Ökosystemleistungen frei zugänglich und kostenfrei. Die Leistungen von Wäldern können also als öffentliche Güter betrachtet werden, für die es in den meisten Fällen weder Märkte noch Preise gibt (TEEB DE, 2012). Öffentliche Güter sind diejenigen Güter, die keine Ausschließbarkeit haben, das heißt, Individuen können von der Nutzung der Güter nicht ausgeschlossen werden, und die keine Rivalität im Konsum hervorrufen, das heißt, der Konsum durch ein Individuum beschränkt den Konsum beziehungsweise den Nutzen anderer Individuen nicht. Durch die Monetarisierung beziehungsweise Ökonomisierung der Werte lässt sich der Nutzen für die Menschen, sozusagen die Dividende, quantifizieren (TEEB DE, 2012). Der Erholungswert des Waldes kann beispielsweise durch die Zahlungsbereitschaft der Bürger angegeben werden, muss jedoch aufwändig, zum Beispiel mithilfe einer Befragung, bestimmt werden. Weitere Möglichkeiten sind – abhängig

von den entsprechenden Ökosystemleistungen – CO<sub>2</sub>-Preise, Alternativ- beziehungsweise Opportunitätskosten oder auch direkt anfallende Kosten. Es gibt jedoch auch Ökosystemleistungen, die sich nur schwer in monetären Werten abbilden lassen, da ihre jeweilige physische Größe beziehungsweise Grundlage nur schwer messbar ist (zum Beispiel Erosionsschutz) (Hampicke/Schäfer, 2021).

Für die vielfältigen Leistungen, die dem Menschen kostenfrei erbracht werden, besteht oft ein geringes Bewusstsein (TEEB DE, 2012). Das Konzept der Ökosystemleistungen und die daraus resultierenden Kennziffern über den Wert dieser Leistungen, können ein besseres Verständnis schaffen. Gemäß TEEB DE (2012) können Ökosystemleistungen in drei Schritten bewertet werden (siehe Abbildung 3-2). Zunächst müssen sie **identifiziert** werden, dazu gehört sowohl die Beschreibung der Leistung als auch eine Kategorisierung, zum Beispiel in Anlehnung an MEA (2005) und CICES (Haines-Young/Potschin, 2018). Der nächste Schritt ist die **Erfassung** der Ökosystemleistungen. Dabei werden physische Indikatoren zur Messung der Vorgänge festgelegt, Daten werden erhoben, Wirkungszusammenhänge der einzelnen Leistungen werden in Betracht gezogen und die Daten werden ausgewertet. Der dritte Schritt ist die **Bewertung**. Funktion, Leistung und Nutzen werden differenziert, der physische Bestand wird bewertet und schlussendlich kann eine ökonomische Bewertung vollzogen werden.

**Abbildung 3-2: Vorgehensweise zur Bewertung von Ökosystemleistungen**



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft in Anlehnung an TEEB DE, 2012

## 3.2 Ökosystemleistungen des Waldes

### Kernaussagen:

- Bei der Bewertung der Rolle der Forstwirtschaft mithilfe der Ökosystemleistungen ist sowohl die ökologische als auch die wirtschaftliche sowie soziale Bedeutung zu berücksichtigen.
- Für die Ökosystemleistungen des Waldes können drei zentrale Leistungen aus den insgesamt vier Kategorien zur Bewertung herangezogen werden: Rohholzbereitstellung, Klimaschutzbeitrag und Erholungsgebiet – sie unterscheiden sich in ihrer Wirkungsweise und Möglichkeit zur Quantifizierung.
- Die Ökosystemleistung Rohholzbereitstellung wird anhand der Variablen „nachhaltiges Nutzungspotenzial“ und „Erlös aus Vermarktung“ berechnet.
- Die Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag wird anhand der Variablen „Kohlenstoffspeicherpotenzial“ und „CO<sub>2</sub>-Preis“ berechnet.
- Eine Quantifizierung der Ökosystemleistung als Erholungsgebiet kann über die Zahlungsbereitschaften der Bevölkerung für Waldbesuche vorgenommen werden.

Für die Diskussion über die Rolle der Forstwirtschaft in Hinsicht des Beitrags des Waldes zum Klimaschutz sind Ökosystemleistungen relevant. Bei der Betrachtung ist durch die Multifunktionalität des Waldes sowohl die ökologische als auch die wirtschaftliche sowie die soziale Bedeutung zu berücksichtigen. Die **ökologische Bedeutung** ist vor allem auf die Fähigkeit der Kohlenstoffspeicherung, die Biodiversitätsförderung sowie die Bereitstellung von Lebensraum zurückzuführen. Eine **sozioökonomische Bedeutung** entsteht vor allem dadurch, dass der Wald forstlich bewirtschaftet werden kann und dann als Ressourcenquelle für Holz und andere Produkte (Harze, Kork, Nahrungsmittel wie zum Beispiel Beeren und Pilze) dient. Darüber hinaus bietet der Forstsektor und nachgelagerte Sektoren Arbeitsplätze. Eine **soziale Bedeutung** des Waldes ist vor allem auf seine Bereitstellung eines Erholungsgebiets sowie einer Sportstätte zurückzuführen.

Der Wert der Wälder geht, gemessen an den vielfältigen Ökosystemleistungen, weit über den monetär messbaren Wert des Rohstoffs Holz hinaus (Kramer, 2013). Der Wald bietet zum einen **kulturelle Dienstleistungen**, zu denen neben dem Tourismus weitere Erholungsmöglichkeiten gehören. Der pädagogische sowie der ästhetische Nutzen sind zwei weitere Beispiele dieser Kategorie. Zudem erbringt der Wald **regulierende Dienstleistungen**, worunter beispielsweise die Klima- und Überschwemmungsregulierung sowie die Wasser- und Luftreinigung fallen. Zusätzlich stellt der Wald **Rohstoffe und Materialien** bereit, beispielsweise Holz, Fasern, Wasser, Brennstoff und Nahrungsmittel. Zu den **unterstützenden Ökosystemleistungen** zählen unter anderem der Nährstoffkreislauf, die Bodenbildung sowie der Erhalt von Biodiversität. An dieser Stelle wird erneut deutlich, welche breit gefächerten Leistungen der Wald erfüllt und auf welche unterschiedlichen Weisen das Ökosystem Wald dem Menschen Nutzen stiften kann.

Um diesen Ansatz greifbarer zu machen, werden im Folgenden drei Beispiele für Ökosystemleistungen ausführlich erörtert. In Anlehnung an den Ansatz der finalen Ökosystemleistungen werden die unterstützenden Ökosystemleistungen nicht vertieft. Da es in der vorliegenden Studie vor allem darum geht, die Bedeutung der Forstwirtschaft und ihren Einfluss auf die wichtigen Leistungen der Wälder zu verdeutlichen, begrenzen sich die Betrachtungen auf drei wichtige Ökosystemleistungen für diesen Kontext. Maßgeblich für die Auswahl der analysierten Ökosystemleistungen des Waldes sind die Ausführungen der Waldstrategie des BMEL

(2021b) sowie die Untersuchungen des Thünen-Instituts (Elsasser et al., 2020). Kapitel 3.2.1 stellt die Bereitstellung des Rohstoffes Holz vor, Kapitel 3.2.2 die klimaregulierende Wirkung der Wälder und Kapitel 0 die Erholungsleistung als Beispiel für eine kulturelle Ökosystemleistung.

Grundlage für die genauen Betrachtungen der ausgewählten Ökosystemleistungen bilden diverse Fallstudien, die im Rahmen einer Metastudie identifiziert wurden und in Tabelle 3-1 aufgelistet sind. Bei der Identifikation der Studien wurden Publikationen und wissenschaftliche Analysen betrachtet, die nicht älter als die letzte Bundeswaldinventur, das heißt aus dem Jahr 2010, sind und sich auf die Betrachtung deutscher Wälder fokussieren. Vorzugsweise sollten die Publikationen insbesondere hinsichtlich der angewandten Methodik und auf Basis ihrer Ergebnisse, sofern möglich, miteinander verglichen werden können. Die Suchanfrage<sup>5</sup> wurde in verschiedenen Datenbanken (Web of Science, Wiley) gestartet, weitere Studien wurden durch die Sichtung der verwendeten Literatur bereits ermittelter Studien identifiziert. Der Vergleich von empirischen Untersuchungen von Ökosystemleistungen der Wälder gestaltet sich schwierig, da unterschiedliche Bewertungsansätze verfolgt werden. Nicht nur die Einheiten bei der Erfassung unterscheiden sich, sondern auch die Art und Weise der Datenerhebung sowie der Untersuchungsgegenstand (Maes et al., 2016). Nicht zuletzt sind die betrachtete Fläche und auch die ermittelten Werte für die Ökosystemleistungen in der Regel verschieden. Insgesamt sind die in dieser Metastudie zum Vergleich herangezogenen Studien daher auf die Top-Treffer reduziert.

**Tabelle 3-1: Übersicht Fallstudien der Metaanalyse**

Bezeichnung / Titel	Quelle
Bundeswaldinventur 2012	BMEL, 2016
Bodenzustandserhebung	BMEL, 2018
Kohlenstoffinventur 2017	Riedel et al., 2019
Regionalisierte Bewertung der Waldleistungen in Deutschland	Elsasser et al., 2020 (Thünen Institut)
Klimaziele erreichen – Wald erhalten, Ökosystemleistungen des Waldes honorieren!	AGDW/Familienbetriebe, 2020
Waldstrategie 2050	BMEL, 2021b
Ökonomische Bewertung der Ökosystemleistungen des Waldes	Hampicke/Schäfer, 2021 (Landesforstanstalt MV)
Klimaschutz mit Wald	Schulze et al., 2021
Natürliche Senken – Kurzugutachten zu dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität	Dena / Öko-Institut, 2021

### 3.2.1 Wald als Rohholzbereitsteller

Insbesondere bei der Betrachtung der Forstwirtschaft ist die **Bereitstellung von physischem Material**, vor allem des Rohstoffes Holz, eine essenzielle Ökosystemleistung von Wäldern. Holz ist ein nachwachsender Rohstoff, der in Rohholz auf der einen und Reststoffe, wie Sägenebenprodukte, Altholz und

<sup>5</sup> Suchanfrage am 29.03.2022 mit den Schlagworten Ecosystem services, ESS, Ökosystemdienstleistungen, Ökosystemleistungen, ÖSL, Forest, Wald, Economy, economic, forestry, Forstwirtschaft, sustainable, climate, forestry and nature protection, climate smart forestry.

Landschaftspflegematerial, auf der anderen Seite unterteilt werden kann. Neben dem stofflichen Einsatz kann Holz energetisch genutzt werden und ein Substitut für emissionsintensive Rohstoffe darstellen. Zudem ist Holz ein vielfältig einsetzbarer Rohstoff, der in diversen Sektoren, wie beispielsweise dem Bausektor, gebraucht und verarbeitet wird. Gemäß CICES Klassifizierung (Version 5.1) fällt darunter das Volumen des Holzes, welches erntereif ist („volume of timber ready to be cut“) (Haines-Young/Potschin, 2018, 3).

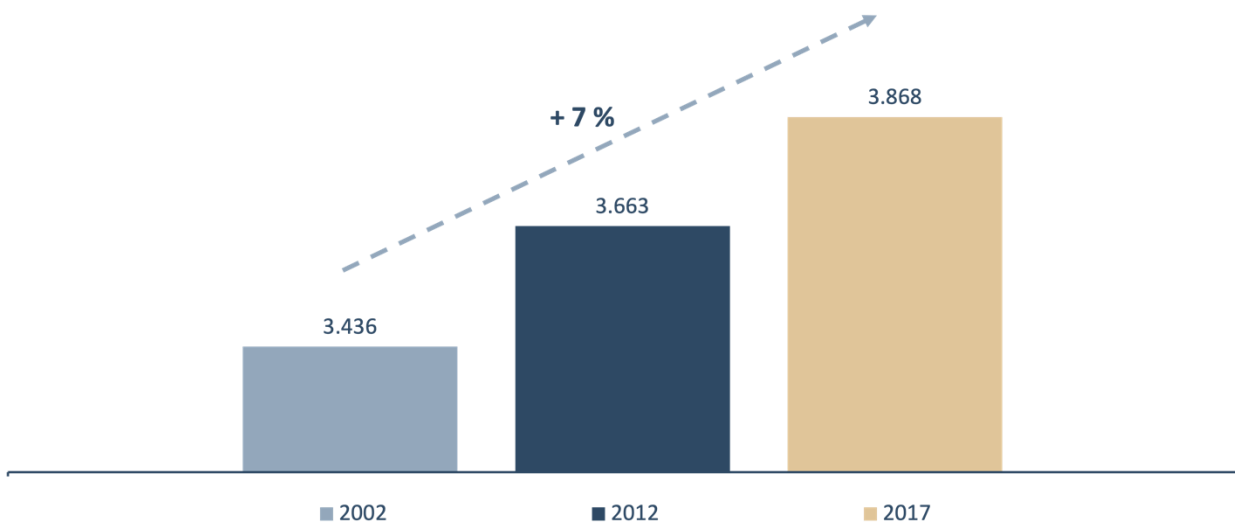
**Begriffserklärungen und -abgrenzung im Zusammenhang mit Rohholz**

Bei der Bestimmung der von Wäldern bereitgestellten Menge an Rohholz in verschiedenen Sorten und Waldrestholz ist zu beachten, dass diverse Maßeinheiten existieren. Neben dem vorhandenen Vorrat an Holz ist die entscheidende Größe zur Bestimmung des Nutzungspotenzials der Holzzuwachs, denn nur wenn das Verhältnis zwischen Abgang und Zuwachs kleiner eins ist, wird das Nachhaltigkeitsprinzip erfüllt (Henning et al. 2019). Das Volumen des bestehenden Baumvorrats, der eine wirtschaftliche Bedeutung hat und potenziell genutzt werden kann, wird anhand des vorhandenen **Derbholzes** (Derbholzvorrat) gemessen. Der Vorratzzuwachs des Derbholzes ist der Zuwachs an Stamm- und Astholz mit einem Durchmesser größer als 7 cm. Der Abgang umfasst den natürlichen Abgang durch Mortalität und die Nutzung. Die verwendete Maßeinheit für die Angabe des Vorrats ist in der Regel der Kubikmeter (m<sup>3</sup>). Der sogenannte Vorratsfestmeter (Vfm) ist die Einheit, die für die Angabe des Derbholzvorrats verwendet wird (FNR, 2018; Elsasser et al., 2020). Das Nutzungspotenzial entspricht demnach dem potenziell nachhaltig nutzbaren Derbholz, welches dem bereits vorhandenen Derbholzvorrat zuzüglich dem Derbholzzuwachs bis zum Zeitpunkt der Entnahme beinhaltet.

In bestehenden Wäldern existiert in der Regel bereits Vorrat an Derbholz, der sich durch den Zuwachs infolge natürlichen Wald- beziehungsweise Baumwachstums erweitert. Das nachhaltig nutzbare Derbholz kann im Wald verbleiben beziehungsweise zurückgehalten werden, zum Beispiel für den Verkauf in günstigeren Marktsituationen, oder geerntet und vermarktet werden. Die Bundeswaldinventur (BMEL, 2016) sowie die Kohlenstoffinventur (Henning et al., 2019) liefern Ergebnistabellen über die physische Menge des Derbholzvorrats. Ein Überblick über die Entwicklung der deutschen Holzvorräte in den Jahren 2002 bis 2017 liefert Abbildung 3-3.

**Abbildung 3-3: Deutsche Holzvorräte im Überblick**

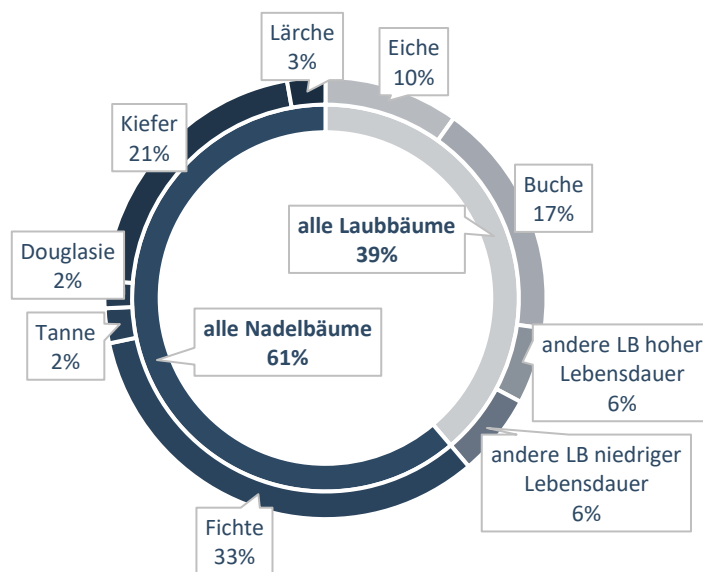
Angaben über Derbholzvorrat in Millionen Vfm



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft in Anlehnung an BMEL, 2016; BMEL, 2021b; Henning et al., 2019

Auch der Holzvorrat der Wälder ist abhängig von den vielfältigen Zusammenhängen und Einflussfaktoren des Ökosystems Wald. So weisen unterschiedliche Baumarten Unterschiede in ihrem Volumen und der Wachstumsgeschwindigkeit auf, was sich schlussendlich auch auf die Menge an Derbholz auswirkt. Die Veränderung des Derbholzvorrats wird vom Zuwachs bestimmt, der wiederum unter anderem von der Baumart, dem Alter und der waldbaulichen Behandlung abhängt. Bei der Bestimmung der Rohholzbereitstellung von Wäldern ist demnach zu berücksichtigen, aus welchen Arten sich die Wälder zusammensetzen. Abbildung 3-4 gibt einen Überblick über den deutschen Holzvorrat nach Baumarten unterteilt. Der deutsche Derbholzvorrat entsprach im Jahr 2012 etwa 3,7 Milliarden Vorratsfestmeter. Beispiele für Laubbäume mit hoher Lebensdauer sind Ahorn, Esche, Kastanie, Linde, Ulme und Hainbuche, während Birke, Elsbeere, Erle, Pappel, Traubenkirsche und Vogelbeere Beispiele für Laubbäume mit niedriger Lebensdauer sind.

**Abbildung 3-4: Holzvorrat nach Baumarten**



LB: Laubbäume

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft in Anlehnung an BMEL, 2016

Neben der Baumartenvielfalt hat auch die zeitliche Dimension einen Einfluss auf das Potenzial der Bereitstellung von Rohholz. Bei der Bestimmung dieser Ökosystemleistung wird daher auch die Berücksichtigung von potenziell zukünftig verfügbaren Einheiten Holz relevant (Kauppi et al., 2018).

Die Veränderung des Holzvorrats bildet nicht die tatsächlich geerntete Menge Holz ab, sondern den theoretisch nachhaltig nutzbaren Zuwachs an Holz, der als Grundlage für die Bestimmung des Nutzens, den der Wald stiftet– die Ökosystemleistung, dient (Elsasser et al., 2020; BMEL, 2016). Eine Besonderheit bei der Bestimmung der Ökosystemleistung Rohholzbereitstellung ist die Tatsache, dass der Rohstoff Holz tatsächlich auf Märkten zu Preisen gehandelt wird. Wichtig für die Quantifizierung der Ökosystemleistung ist es, die Abgänge zu integrieren. Abgänge können aus natürlichen Verlusten, dem Verlust durch die Ernte oder durch den Verlust von Rinde entstehen (Elsasser et al., 2020).

### Ökosystemleistung Rohholzbereitstellung

Die meisten Studien ermitteln keine konkreten Werte, sondern vergleichen unterschiedliche Ansätze zu deren Bestimmung (zum Beispiel Tiemann/Ring, 2022). Eine umfassende Studie des Thünen-Instituts (Elsasser et al., 2020) hat auf Grundlage der Daten des BMEL (2016) Werte für die Ökosystemleistungen ermittelt. Bei der Quantifizierung bilden zwei Größen die Grundlage: Zum einen Daten über den Derbholzvorrat im Wald und zum anderen die Erlöse aus der Vermarktung des Holzes. Die Höhe des jährlichen Zuwachses an Derbholz beziehungsweise das nachhaltige Nutzungspotenzial wird zunächst um Verluste an Rinden und durch die Ernte reduziert, bevor der Wert dann mit den Bruttoerlösen aus der Holzvermarktung multipliziert wird. Im Ergebnis kommt dieser preisbasierte Ansatz auf ein **Brutto-Erlöspotenzial von 7,1 Milliarden Euro pro Jahr**. Da es sich bei der physischen Größe lediglich um das nutzbare Potenzial handelt und nicht um die tatsächlich geerntete Menge Holz, kann der tatsächliche Wert der Ökosystemleistung von dem Brutto-Erlöspotenzial abweichen. Aus diesem Grund kann ab dem Zeitpunkt der Datenverfügbarkeit der Wert der Ökosystemleistung konkret berechnet werden, indem der vermarktete Anteil des Nutzungspotenzials mit dem erzielten Erlös multipliziert wird und der nicht genutzte Anteil mit einem Wert von Null €/m<sup>3</sup>.

Die Berechnung der Ökosystemleistung Rohholzbereitstellung ergibt sich aus den Variablen „nachhaltiges Nutzungspotenzial“ und „Erlös aus Vermarktung“. Um die Größe zu erhöhen, die die Ökosystemleistung quantifiziert, muss also in der Theorie eine der beiden Variablen, entweder der Preis oder der Holzzuwachs, gesteigert werden. Durch die forstliche Bewirtschaftung lässt sich die Nutzungsmenge sowie der Holzzuwachs in Wäldern erhöhen, da Bedingungen geschaffen werden, die idealerweise zu höherem Zuwachs führen (Schulze et al., 2021).

### 3.2.2 Wald als Klimaschützer

Weitere wichtige Leistungen des Waldes, die regulierend wirken, lassen sich als **Klimaschutzbeitrag** zusammenfassen. Zum einen ist der Wald Kohlenstoffspeicher und zum anderen Sauerstoffproduzent.

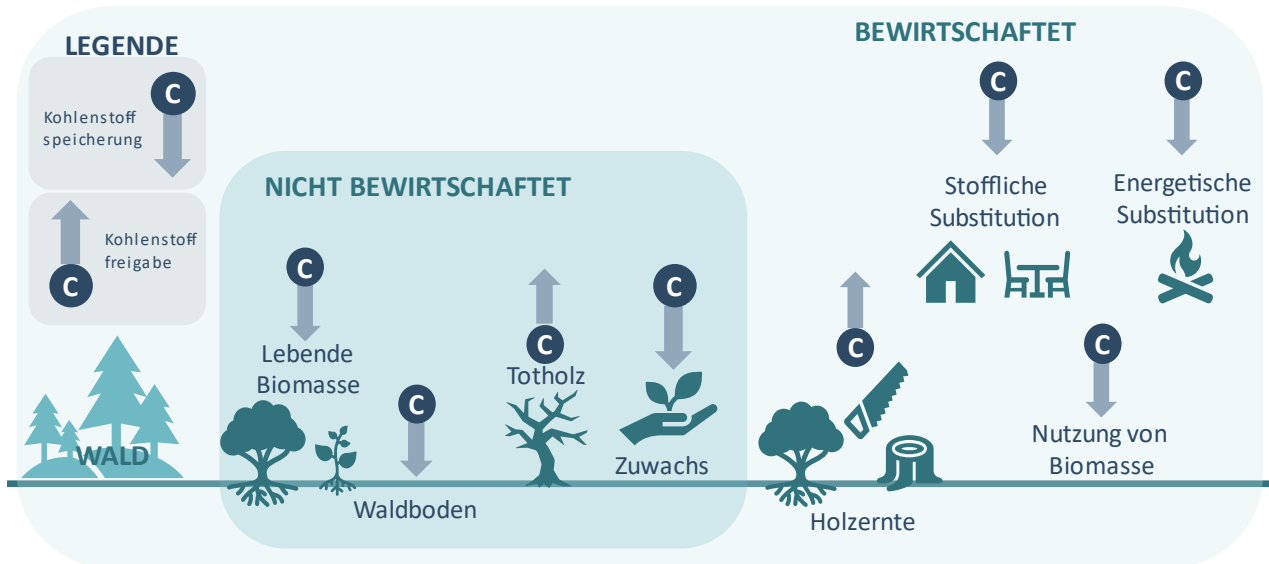
#### Begriffserklärungen und -abgrenzung im Zusammenhang mit Klima

Vereinfacht lassen sich die ablaufenden Prozesse wie folgt beschreiben: Kohlenstoff wird von Bäumen und Pflanzen aufgenommen und gespeichert, im sogenannten Primärspeicher. Dabei entsteht Sauerstoff, der wieder in die Atmosphäre abgegeben wird. Durch die Abbauprozesse im Totholz wird der gespeicherte Kohlenstoff wieder in die Atmosphäre abgegeben (BMEL, 2021b). In Holzprodukten bleibt der gespeicherte Kohlenstoff auch nach der Holzernte erhalten – der Sekundärspeicher. Neben dem Speichern von Kohlenstoff in Biomasse, bildet auch der Waldboden einen wichtigen Speicher für Kohlenstoff. Die Klimaschutzleistung resultiert auch aus der stofflichen und energetischen Substitution emissionsintensiver Baustoffe, Produkte und Brennstoffe durch Holz (BMEL, 2021b; Elsasser et al., 2020; Haines-Young/Potschin, 2018; Brunet-Navarro et al., 2018). Neben der natürlichen Freigabe von Kohlenstoff durch Zersetzungsprozesse kann auch durch die Bewirtschaftung, zum Beispiel durch das Aufwühlen des Waldbodens, Kohlenstoff abgegeben werden (Schulze et al., 2021). Eine schematische Übersicht über die Klimaschutzleistung des Waldes liefert Abbildung 3-5.



**Abbildung 3-5: Schematische Übersicht der Klimaschutzleistung des Waldes**

Vereinfachte Darstellung über die Klimaschutzleistung eines (nicht) bewirtschafteten Waldes



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Für die Bestimmung der Klimaschutzleistung der Wälder muss zunächst die Systemgrenze bestimmt werden, also ob nur die Primärspeicherung berücksichtigt wird oder ob auch der sekundäre Speicher berücksichtigt werden. Darüber hinaus unterscheiden sich Baumarten in der Raumdichte sowie den Zerfallsraten, welche unterschiedliche Potenziale zur Kohlenstoffspeicherung bieten. Diese beeinflussen die Klimaschutzleistung und sind entscheidend für die Bestimmung der Ökosystemleistung.

Die Metastudie spiegelt zum einen die unterschiedliche Systemabgrenzung wider und zeigt zum anderen, dass unterschiedliche Grundlagen zur Berechnung verwendet werden. So werden je nach Studie sowohl verschiedene Maßeinheiten (zum Beispiel C, CO<sub>2</sub> / CO<sub>2</sub> äq) als auch unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Speicherkompartimente (zum Beispiel Biomasse, Boden, Totholz, Holzprodukte) verwendet. Der Waldzustand beeinflusst die Variable ebenso, das heißt die Baumartenzusammensetzung, das Alter der Bäume und deren Vitalität spielen eine wichtige Rolle für die Ermittlung des Speicherpotenzials. Eine Übersicht über den ermittelten Kohlenstoffspeicher gibt Tabelle 3-2.

**Tabelle 3-2: Übersicht ermittelte Kohlenstoffspeicher/ Senkenfunktion des Waldes**

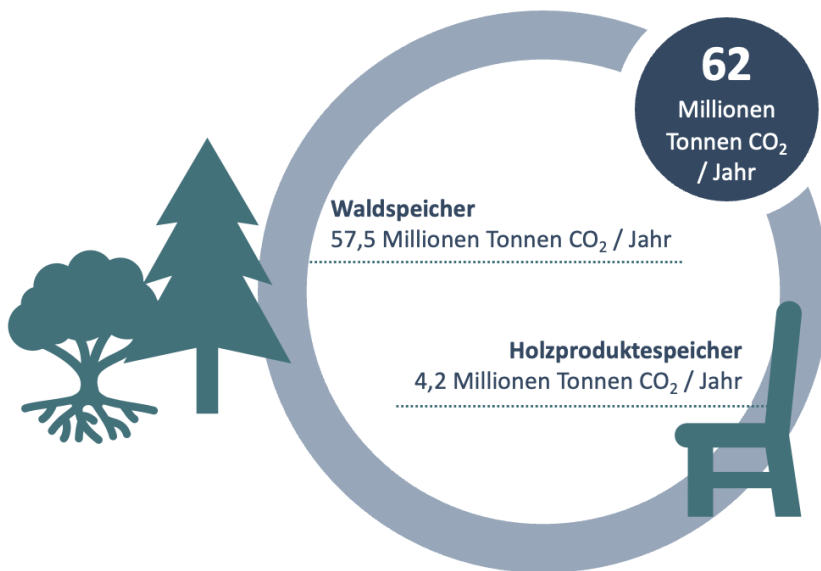
Quelle	Jahr	Primärspeicher im Wald			Sekundär- speicher in Holzprodukten	Gesamtspeicher
		lebende Biomasse	Totholz	Boden		
Bundeswald- inventur 2012 (BMEL, 2016)	2002- 2012	1.169 Mio t C (105 t C/ ha)				
Bodenzustands- erhebung (BMEL, 2018)	-			850 Mio t C		
Kohlenstoff- inventur (Riedel et al., 2019)	2012- 2017	1.230 Mio t C	33,6 Mio t C			
dena/Öko- Institut, 2021 (Datengrund- lage: Thünen- Institut/BMEL)	2017/ 2018	1.230 Mio t C (112 t C/ ha)  / 50 Mio t CO <sub>2</sub> äq	10 Mio t C	659 Mio t C  / 16 Mio t CO <sub>2</sub> äq	3 Mio t CO <sub>2</sub> äq	67 Mio t CO <sub>2</sub> äq
Waldstrategie 2050 (BMEL, 2021b)	-	2,6 Mrd t C  57,5 Mio t CO <sub>2</sub> /Jahr			4,2 Mio t CO <sub>2</sub> / Jahr	62 Mio t CO <sub>2</sub> / Jahr
Schulze et al., 2021	-			~ 0,41 t C ha/ Jahr	1,2 bis 2,1 t C	

CO<sub>2</sub> äq: Kohlenstoffdioxid-Äquivalent; ha: Hektar; Mio: Millionen; Mrd: Milliarden; t: Tonnen

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Der vorhandene CO<sub>2</sub>-Speicher des Waldes in Form von lebenden Bäumen sowie Totholz beträgt laut Daten der Bundeswaldinventur gegenwärtig 1.169 Millionen Tonnen Kohlenstoff, was etwa 105 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar Holzboden entspricht. Des Weiteren ergibt sich aus der Bodenzustandserhebung im Wald ein zusätzlicher Vorrat von 850 Millionen Tonnen Kohlenstoff für die Streuauflage und den Mineralboden. Der deutsche Wald kann in seiner Funktion als CO<sub>2</sub>-Senke der Atmosphäre circa 62 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich entziehen und somit die Emissionen um circa 7 Prozent reduzieren (siehe Abbildung 3-6) (BMEL, 2021b). Allerdings wird ebenso prognostiziert, dass der Wald zukünftig weniger CO<sub>2</sub> aufnehmen können wird. Grund dafür sind die großen Waldflächen, in denen hauptsächlich Fichten aus Aufforstungen nach dem Krieg stehen, die bald gerntet werden müssen (BMEL, 2021b).

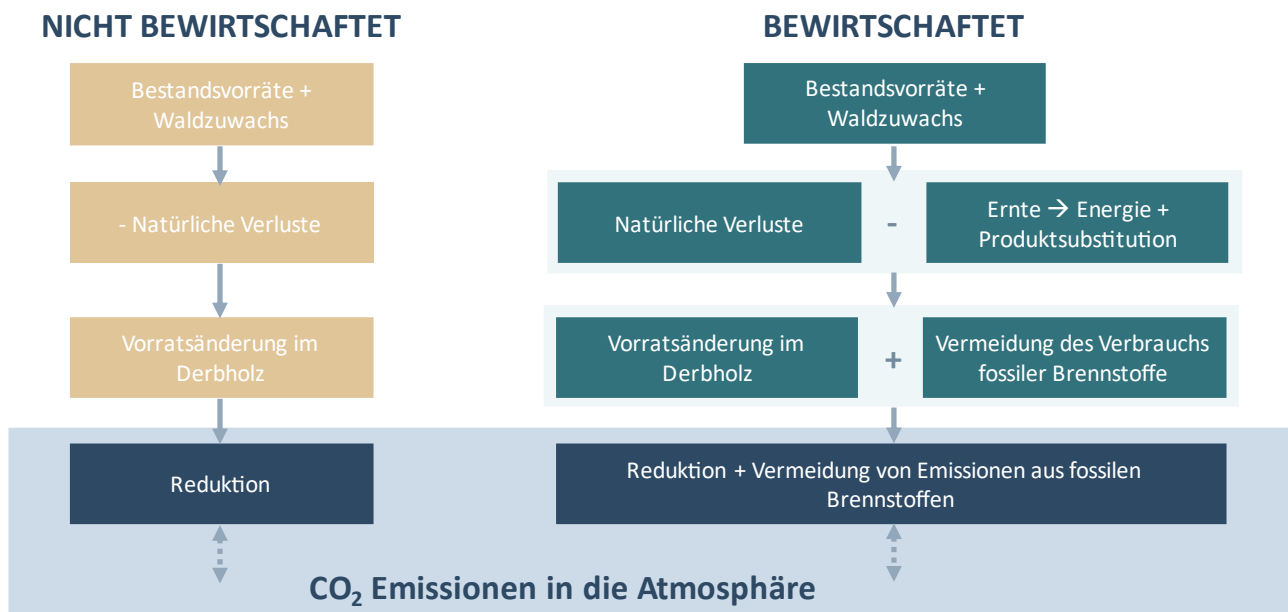
Abbildung 3-6: Kohlenstoffspeicher von Wald und Holzprodukten



Quelle: BMEL, 2021b

Der Sekundärspeicher in Holzprodukten besteht nur in bewirtschafteten Wäldern, während sich in nicht-bewirtschafteten Wäldern der gesamte Kohlenstoffspeicher im Wald selbst befindet. Gemäß der Waldstrategie 2050 verbessern die Waldbewirtschaftung und der Holzeinsatz aktuell die deutsche CO<sub>2</sub>-Bilanz um circa 11 bis 14 Prozent (BMEL, 2021b). Im Allgemeinen verzeichnet der bewirtschaftete Wald im Vergleich zum nicht-bewirtschafteten Wald einen höheren Zuwachs sowie positive Substitutionseffekte durch Holzprodukte und energetische Holznutzung (Riedel et al., 2019). Dies führt zu unterschiedlichen Beiträgen von bewirtschafteten und nicht-bewirtschafteten Waldflächen hinsichtlich ihres Beitrags zum Klimaschutz, den Abbildung 3-7 schematisch darstellt.

Abbildung 3-7: Leistungen des Waldes für den Klimaschutz



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft in Anlehnung an Schulze et al., 2021

Die genaue Form der Bewirtschaftung, der Zustand des Waldes sowie weitere Faktoren beeinflussen das Kohlenstoffspeicherpotenzial des Waldes und somit die Monetarisierung der Ökosystemleistung. Um den Einfluss der Forstwirtschaft zu analysieren, muss die Betrachtung die zusätzliche Klimaschutzwirkung durch Substitutionen, das heißt die indirekten Effekte im Sekundärspeicher ebenso einschließen, wie die direkten Effekte im Primärspeicher.

### Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag

Der ökonomische Wert für die Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag ergibt sich aus dem Produkt zwischen den Variablen „Kohlenstoffspeicher“ und „CO<sub>2</sub>-Preis“. Diverse Faktoren üben Einfluss auf die beiden Variablen aus, weshalb die untersuchten Studien unterschiedliche Zahlen als Berechnungsgrundlage ermitteln. Für den CO<sub>2</sub>-Preis werden je nach Studie die gesetzlichen Preise herangezogen oder Preise auf Grundlage des EU-Emissionshandelssystems (EU-ETS) ermittelt. Außerdem werden zum Teil Vermeidungs- beziehungsweise zukünftige Kosten einbezogen, die durch den Klimawandel entstehen. Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Metastudie ist die Erkenntnis, dass die betrachteten Quantifizierungen der Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag keine Unterscheidung zwischen einem bewirtschafteten und einem nicht bewirtschafteten Wald treffen, sondern Durchschnittswerte für aktuelle Waldflächen als Basis ihrer Rechnung nutzen. So kann der Einfluss der Forstwirtschaft auf die Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag anhand der betrachteten Studien nicht abschließend quantifiziert werden.

Tabelle 3-3 zeigt eine Übersicht der untersuchten Berechnungen der Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag von Wäldern. Wie zuvor beschrieben, führen die unterschiedlichen Betrachtungsgrößen sowie Grundlagen für die Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Preise zu unterschiedlichen Ergebnissen. Die Angaben für die betrachtete **Klimaschutzleistung** des Waldes in Tonnen CO<sub>2</sub> pro Hektar Wald variieren **zwischen 6 und knapp 10 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Hektar**. Die **CO<sub>2</sub>-Preise** wurden mit Werten **zwischen knapp 19,5 und 50 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>** quantifiziert. Im Ergebnis werden für die Ökosystemleistung **Klimaschutzbeitrag**, gemäß des eingangs beschriebenen

Bewertungsschemas, Werte **zwischen 189 und circa 308 Euro pro Hektar Wald pro Jahr** angegeben. Lediglich die Untersuchung des Thünen-Instituts liefert einen Wert für den **aggregierte Klimaschutzbeitrag** deutscher Wälder. Dieser beträgt **2,1 Milliarden Euro pro Jahr** (Elsasser et al., 2020).

**Tabelle 3-3: Überblick Berechnungen der Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag**

Quelle	Basis	Klimaschutzleistung	CO <sub>2</sub> -Preis	Wert
AGDW Die Waldeigentümer (2020)	deutsche Wälder	8 t CO <sub>2</sub> / ha/Jahr	25 €/ t CO <sub>2</sub>	200 €/ ha/ Jahr
Thünen-Institut (Elsasser et al., 2020)	deutsche Wälder	9,69 t CO <sub>2</sub> / ha / Jahr; 108 Mio t CO <sub>2</sub> / Jahr	19,49 €/ t CO <sub>2</sub>	189 €/ ha/ Jahr*; 2,1 Mrd €/ Jahr
Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern (Hampicke/Schäfer, 2021)	Wälder MV	~ 6 t CO <sub>2</sub> / ha/Jahr*	50 €/ t CO <sub>2</sub>	307,52 €/ ha/ Jahr

\*Eigene Berechnungen; ha: Hektar; MV: Mecklenburg-Vorpommern; Mio: Millionen; Mrd: Milliarden; t: Tonnen

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft in Anlehnung an AGDW, 2020; Elsasser et al., 2020; Hampicke/Schäfer, 2021

Um die die Ökosystemleistung quantifizierende Größe zu erhöhen, muss in der Theorie eine der beiden Variablen, entweder der Kohlenstoffspeicher oder der CO<sub>2</sub>-Preis, gesteigert werden. Da sich auch bei dieser Ökosystemleistung erst rückwirkend bestimmen lässt, wie hoch die Klimaschutzleistung tatsächlich ausfällt, ist bei der Entscheidungsfindung, zum Beispiel über die Bewirtschaftungsform einer Waldfläche, vor allem das Kohlenstoffspeicherpotenzial eine relevante Größe.

### 3.2.3 Wald als Erholungsgebiet

Die Ökosystemleistung Erholung wird als Beispiel für kulturelle Ökosystemleistungen herangezogen. Ein Erholungsgebiet kann von unterschiedlichen Individuen auf unterschiedliche Art und Weise genutzt werden.

#### Begriffserklärungen und -abgrenzung im Zusammenhang mit Erholung

Ähnlich wie die Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag ist das Erholungsgebiet ein öffentliches Gut. Das BMEL gibt in der Waldstrategie 2050 an, dass über 55 Millionen Menschen, was etwa 70 Prozent der deutschen Bevölkerung entspricht, den Wald mindestens einmal jährlich aktiv als Erholungsgebiet nutzen (BMEL, 2021b). Dies resultiert in einem Durchschnittswert von jährlich etwa 28 Waldbesuchen pro Person. Die Waldstrategie betont zudem den Stellenwert des Waldes für die physische und psychische Gesundheit der Menschen (BMEL, 2021b; MEA, 2005).

Eine ökonomische Bewertung kann über die Zahlungsbereitschaften der Bevölkerung für Waldbesuche vorgenommen werden. Das Bundesamt für Naturschutz ordnet der Ökosystemleistung Erholungsgebiet folgende Nutzungskategorien zu: Spaziergehen, Joggen, Walken, Wandern, Radfahren und Hunde ausführen (BfN, 2013). Zudem wird der Beitrag der Forstwirtschaft zur Ausübung dieser Tätigkeiten beschrieben, welche in Abbildung 3-8 aufgelistet sind. So kann die Forstwirtschaft unter anderem Infrastruktur unterhalten und pflegen. Abhängig von der Nutzungsintensität können die Waldbesucher entsprechend gelenkt werden, so dass der negative Einfluss auf den Wald begrenzt wird.

Abbildung 3-8: Forstwirtschaftliche Leistungen und Indikatoren der Ökosystemleistung Erholungsgebiet



Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft in Anlehnung an BfN, 2013

### Ökosystemleistung Erholungsgebiet

Die Metastudie zeigt für die drei Studien, in denen die Ökosystemleistung Erholungsgebiet bewertet wird, dass ähnliche Zahlungsbereitschaften angegeben werden. Während das Thünen-Institut (Elsasser et al., 2020) eine Zahlungsbereitschaft von 29,70 Euro pro Person pro Jahr ermittelt, kommt die Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern (Hampicke/Schäfer, 2021) auf einem Wert von 26,03 Euro pro Person pro Jahr für den Wald in Mecklenburg-Vorpommern. Beide Zahlungsbereitschaften bewegen sich entsprechend in einer ähnlichen Größenordnung und werden durch weitere Veröffentlichungen, auf die in den jeweiligen Studien referenziert wird, bestätigt. Die Waldstrategie 2050 bezieht sich auf die Zahlen des Thünen-Instituts. Ein klares Ziel, welches in der Waldstrategie bis 2023 formuliert wird, ist es, Grundlagen zur besseren Bewertung der Ökosystemleistung Erholungsgebiet zu schaffen. In den Bereichen Natursport, Erholung und Gesundheit sollen Ökosystemleistungen honoriert werden.

## 4 Der Wald im Klimawandel

Dieses Kapitel diskutiert den wesentlichen Wirkungszusammenhang zwischen Klimawandel und Bewirtschaftung des Waldes. Dazu wird zunächst erklärt, wie sich der Klimawandel auf das Ökosystem Wald und seine Funktionen auswirkt (Kapitel 4.1), anschließend wird das Spannungsfeld zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft beleuchtet (Kapitel 4.2), indem die Klimaschutzwirkung nachhaltiger forstlicher Bewirtschaftung herausgearbeitet wird. Der letzte Abschnitt (Kapitel 4.3) fasst die Diskussion zusammen und gibt einen Ausblick.

## 4.1 Das Ökosystem Wald im Klimawandel

### Kernaussagen:

- Der Wald muss an den Klimawandel angepasst werden, um das Potenzial von Wäldern, das Klima zu schützen, aufrechtzuerhalten und auch zukünftig zu ermöglichen.
- Forstliche Klimaschutzmaßnahmen und Klimawandelanpassungen fokussieren im Wesentlichen auf den Erhalt und die Ausweitung des Kohlenstoffspeichers.

Der Klimawandel wirkt sich auf vielfache Weise auf die Wälder aus, sodass Wälder heute unter anderem mit Temperaturanstiegen, veränderten Niederschlagsmengen und häufigeren Extremwetterereignissen konfrontiert sind (Steffen et al., 2015). Folglich muss der Wald an den Klimawandel angepasst werden, damit er sein Potenzial, das Klima zu schützen, weiterhin entfalten kann. Diese wechselseitige Beziehung und die grundlegende Besonderheit eines gesunden Waldes, wenig Emissionen zu erzeugen, sondern als CO<sub>2</sub>-Speicher zu fungieren (diverse, unter anderem: AGDW, 2019; Elsasser, 2019), muss bei der ökonomischen Bewertung des Waldes anhand seiner Ökosystemleistungen einbezogen werden. Durch den Klimawandel verändern sich die Anforderungen an den Wald, sodass beispielsweise seine Funktion, CO<sub>2</sub> speichern zu können, sowie seine Kühl- und Schutzfunktionen nie wichtiger waren als jetzt. **Forstliche Klimaschutzmaßnahmen** beziehungsweise Klimawandelanpassungen zielen also unter anderem auf den **Erhalt und die Ausweitung des Kohlenstoffspeichers** (Elsasser, 2019). Neben den forstwirtschaftlich genutzten Waldflächen gibt es Schutzgebiete, die insbesondere in Bezug auf die Biodiversität und den Artenschutz eine wichtige Rolle spielen. Diese Schutzgebiete haben Ende 2020 einen Anteil von 3,1 Prozent ausgemacht, der bis 2030 auch 4 Prozent betragen soll (Stand: Ende des Jahres 2020) (BMEL, 2021b).

Bei der Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald spielt zudem die Waldstruktur, dazu zählt beispielsweise das Alter der Bäume, eine wichtige Rolle. Ältere Bäume verlieren in der Regel zunehmend die Widerstandsfähigkeit gegen die negativen Auswirkungen des Klimawandels und sind deshalb häufiger von Schäden als Folge klimatischer Änderungen betroffen. Das BMEL vermutet zudem, dass der Erfolg einer Wiederbewaldung durch Pflanzung, Saat und Naturverjüngung abnehmen wird, sofern Extremwetterereignisse wie zuletzt weiter zunehmen (BMEL, 2021b; Riedel, 2019).

## 4.2 Diskussion der Effekte forstlicher Bewirtschaftung im Hinblick auf das Klima

### Kernaussagen:

- Wenn die Waldbewirtschaftung mit ihren Folgen vor Ort wegfällt und der Wald sich selbst überlassen werden soll, um die Natur zu schützen, können Verlagerungseffekte entstehen.
- Die ökonomische Betrachtung des Waldes schließt Wohlfahrtseffekte von Ökosystemleistungen, die öffentliche Güter darstellen, auf die Gesellschaft ein. Sie gehen über die Grenzen des Waldes hinaus.
- Die Ökosystemleistung Rohholzbereitstellung ist die Einzige, die ein privates Gut darstellt, und kann anhand von Marktpreisen bewertet werden.
- Opportunitätskosten spielen in der Waldbewirtschaftung eine Rolle, da das Belassen des Holzes im Wald die Opportunitätskosten hat, die durch den wirtschaftlichen Betrieb nicht realisiert werden.

Bei der Analyse des Spannungsfelds zwischen dem Naturschutz und der Forstwirtschaft können unterschiedliche Effekte betrachtet und beleuchtet werden, darunter Verlagerungseffekte sowie ökonomische Effekte. Dazu zählen unter anderem die Auswirkungen auf die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt und das optimale Angebot öffentlicher Güter. Grundsätzlich hat die Frage, ob Wälder zum Schutz der Natur sich selbst überlassen oder stattdessen (nachhaltig) bewirtschaftet werden sollen, verschiedene Implikationen in unterschiedlichen Bereichen, wovon eine Auswahl an dieser Stelle vorgestellt werden soll.

#### 4.2.1 Verlagerungseffekte

Verlagerungseffekte können dann entstehen, wenn die negativen Teilaspekte forstlicher Bewirtschaftung vor Ort wegfallen und der Wald zum Zwecke des Naturschutzes sich selbst überlassen werden soll. Diese Nutzungsanpassung hat jedoch keinen direkten Effekt auf die Holznachfrage und Holz ist – wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben – ein nachwachsender und nachhaltiger Rohstoff, dessen Einsatz in vielen Bereichen durchaus positive Effekte auf den Klimaschutz hat. Unter der Annahme, dass die Nachfrage nach Holzrohstoffen nicht durch Ersatzprodukte gedeckt wird und die Nachfrage nach den anderen Ökosystemleistungen des Waldes (beispielsweise Erholungsgebiet) bestehen bleibt, muss die Nachfrage entsprechend aus anderen Quellen bedient werden. Für den Fall des Holzrohstoffs bedeutet dies einen Anstieg der Holzimporte und somit eine Verlagerung der Effekte auf den Wald an einen anderen Ort. Für die Beschaffung des Rohstoffes Holz geht diese Verlagerung häufig über Landesgrenzen hinaus. Dort findet die Bewirtschaftung von Wäldern unter anderen (Nachhaltigkeits-)Standards statt, die nicht selten niedriger sind als in Deutschland (Schulze et al., 2021). Zudem muss der Transport und die damit verbundene Klimawirkung in die Abwägung der Effekte einbezogen werden. Zusätzlich zu den Verlagerungseffekten ergeben sich Auswirkungen auf die nachgelagerte Wertschöpfung in unterschiedlichen Branchen im Inland.

#### 4.2.2 Ökonomische Effekte öffentlicher Güter

Ökonomische Effekte des Waldes schließen die Betrachtung der Wohlfahrt der Gesellschaft ein. Daher müssen für die Beantwortung der Frage, ob ein Wald bewirtschaftet werden soll oder nicht, Wohlfahrtseffekte auf die Gesellschaft miteingeschlossen werden, die weit über die Waldgrenzen hinausgehen und sowohl durch die Bereitstellung von Ökosystemleistungen als auch die Effekte auf Wertschöpfungsketten verschiedener Produkte verschiedene Bereiche betreffen. Aus diesem Grund ist das Wohlfahrtsoptimum für die Gesellschaft kurzfristig nicht eindeutig zu bestimmen und abhängig von vielen Rahmenbedingungen. Zudem spielt die Kategorisierung vieler Ökosystemleistungen als öffentliche Güter, die dem Menschen frei zur Verfügung stehen, eine wichtige Rolle in der Auflösung dieses Spannungsfelds. Der Klimawandel erfordert allerdings Investitionen in den Klimaschutz und auch Naturschutz hat einen Preis. Der Schutz der Natur geht oft mit Flächennutzungsverzichten einher, das heißt Flächen können nicht bebaut oder landwirtschaftlich beziehungsweise forstlich genutzt werden. Das bedeutet, dass in die Argumentation, Holz aus dem Wald zu entnehmen, um aus den Rohstoffen Profit zu generieren, die externen Kosten des Nutzungsverzichts einbezogen werden müssen. Bei einer Abwägung für oder gegen eine Bewirtschaftung von Waldfläche muss beachtet werden, dass Wälder an den Klimawandel angepasst werden müssen, um ihre Ökosystemleistungen zu erhalten und Holzprodukte zudem häufig klimafreundlicher sind als ihre Substitute.

#### 4.2.3 Ökonomische Effekte privater Güter

Da Rohholz ein privates Gut ist, welches auf Märkten gehandelt werden kann, können Marktpreise zur ökonomischen Bewertung dieser Ökosystemleistung verwendet werden. Damit ist diese Ökosystemleistung des Waldes die Einzige, die ein privates Gut bereitstellt (Elsasser et al., 2020). Die Bewertung anhand von



Marktpreisen unterscheidet sich konzeptionell von anderen Bewertungsmethoden für Ökosystemleistungen, die in der Regel öffentliche Güter hervorbringen. Eine Besonderheit Ökosystemleistung Rohholzbereitstellung sind folglich existierende Eigentumsrechte an der Herstellung von Rohholz, die die Forstbetriebe innehaben, während dies für öffentliche Güter nicht der Fall ist. Nichtsdestotrotz ist die preisbasierte Bewertung der Ökosystemleistung Rohholzbereitstellung adäquat, um regionale oder zeitliche Analysen durchzuführen (Elsasser et al., 2020).

In der Regel funktioniert das Ernten von Holz zum einen nach ökologischen Gesichtspunkten, um den Wald zu pflegen und nachhaltig zu bewirtschaften, und zum anderen nach ökonomischen Gesichtspunkten, um Rohholz auf dem Markt anzubieten und Einkommen zu generieren. Entsprechend sind diese Märkte und die politischen Rahmenbedingungen auch ein Treiber für die Nutzungsmenge. Zu diesen Rahmenbedingungen können Subventionen oder Besteuerungen sowie andere Regulierungsmechanismen zählen. Diese negativen Auswirkungen der Holzernte werden von der gesamten Gesellschaft getragen, da andere Ökosystemleistungen des Waldes beeinflusst und möglicherweise reduziert werden. Diese gesamten Kosten werden jedoch bei der Entscheidung über die optimale Menge der Ernte nicht einbezogen, weshalb es zu einer zu hohen Erntemenge führen kann (TEEB DE, 2012).

#### 4.2.4 Opportunitätskosten

Eine ökonomische Betrachtung des Waldes erweitert die rein ökologische Entscheidung für oder gegen eine Holzernte um den Aspekt der Opportunitätskosten. Opportunitätskosten beschreiben im Allgemeinen den Nutzen, der nicht erzielt werden konnte, da eine alternative Handlung gewählt wurde. In dem konkreten Fall der forstwirtschaftlichen Nutzung des Waldes bedeutet es, dass das Belassen des Holzes im Wald die Opportunitätskosten hat, die durch den wirtschaftlichen Betrieb, das heißt durch die Holzernte und den Verkauf beziehungsweise die Verarbeitung, nicht realisiert werden können. Ein steigender Marktpreis geht entsprechend mit steigenden Opportunitätskosten einher. Ein Argument für die Nutzung von Holz als Rohstoff ist entsprechend, dass die Einnahmen, die aus dem Holz erzielt werden können, zum Schutz der Wälder oder zur Finanzierung von Waldumwandlungsmaßnahmen verwendet werden können. Unter diesen Maßnahmen ist beispielsweise der Ersatz von Baumarten zu verstehen, die sich nicht an die sich ändernden klimatischen Bedingungen anpassen können (Kauppi et al., 2018).

### 4.3 Ausblick

#### Kernaussagen:

- Bisherige Studien zur Quantifizierung der Ökosystemleistungen legen den Fokus nicht auf die Differenzierung zwischen bewirtschafteten und nicht-bewirtschafteten Wäldern, sondern bestimmen Durchschnittswerte für aktuelle Waldflächen.
- Auswirkungen von Waldbewirtschaftung auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen können qualitativ anhand der Wirkungszusammenhänge beschrieben und analysiert werden.
- Aus Klimaschutzperspektive gilt die Anforderung an eine nachhaltige Bewirtschaftung, dass mit forstlichen Maßnahmen der größtmögliche Klimaschutzbeitrag von Wäldern erzielt wird.

Werden Waldflächen nicht mehr bewirtschaftet und bleiben im Sinne des Naturschutzes und zur Förderung der Biodiversität naturbelassen, geht damit ein Nutzungsverzicht für andere Leistungen, insbesondere für die der Rohholznutzung, einher. Einige Studien schreiben einem Nutzungsverzicht zwar positive Effekte für die

Biodiversität und den Schutz des Waldes zu, andere Untersuchungen sehen eher eine Zunahme der Biodiversität bei nachhaltiger Bewirtschaftung. Zudem können einem Nutzungsverzicht sozioökonomische Effekte gegenüberstehen (Spathelf et al., 2022). Die aktuellen klimatischen Veränderungen und daraus resultierende Störungen machen ein Handeln jedoch besonders akut (IPCC, 2022). Zur Einhaltung der Ziele des deutschen Klimaschutzgesetzes müssen die Potenziale der deutschen Wälder also erweitert werden. Bislang lassen sich die Auswirkungen einer Bewirtschaftung auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen zwar qualitativ anhand der Wirkungszusammenhänge beschreiben, jedoch legen die untersuchten Studien zur Quantifizierung den Fokus nicht auf die Differenzierung zwischen bewirtschafteten und nicht-bewirtschafteten Wäldern, sondern bestimmen Durchschnittswerte für aktuelle Waldflächen.

Bei einer Kosten-Nutzen-Betrachtung der forstlichen Bewirtschaftung von Waldflächen im Rahmen des Klimaschutzes ist zu beachten, dass quantitative Kosten-Nutzen-Analysen nur einen Mehrwert liefern können, wenn sie vollständig sind, da ansonsten ein Ungleichgewicht entstehen kann, welches die Realität nicht wahrheitsgemäß wiedergibt. Betrachtungen, welche mit Annahmen und Vereinfachungen der komplexen Zusammenhänge arbeiten, müssen diese Tatsache ebenfalls berücksichtigen. Auch ist eine quantitative Bewertung der jeweiligen Beiträge wichtig, die vergleichbare Werte liefert. Die komplexen Wirkzusammenhänge und die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Monetarisierung von privaten und öffentlichen Gütern erschweren das Erfüllen diese Vergleichbarkeit. Nichtsdestotrotz liefern qualitative Beschreibungen wichtige Erkenntnisse und zeigen wesentliche Zusammenhänge auf.

Aus Klimaschutzperspektive gilt die Anforderung an eine nachhaltige forstliche Bewirtschaftung, dass mit forstlichen Maßnahmen der größtmögliche Beitrag zum Klimaschutz bei gleichbleibender Produktivität geleistet wird. Außerdem soll eine Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in einem Maß erreicht werden, dass Ökosystemleistungen weiterhin für die Gesellschaft gewährleistet werden (Elsasser, 2019). Während forstliche Maßnahmen Grundlagen beziehungsweise Voraussetzungen für Klimaschutz und Klimawandelanpassungen der Wälder legen können, ist die Umsetzung in vielen Fällen einerseits von einer politischen Flankierung und Unterstützung sowie andererseits von entsprechenden Maßnahmen in nachgelagerten Wertschöpfungsstufen abhängig. Konkret können Maßnahmen aus den folgenden vier Bereichen zielführend sein, sofern sie gut umgesetzt und aufeinander abgestimmt sind (Elsasser, 2019):

- **Kohlenstoffvorräte im Wald erhöhen** (zum Beispiel durch geeignete Baumartenwahl, Erhöhung der Bestandsdichte oder des Baumalters, Düngung, Züchtung)
- **Waldfläche vergrößern** (durch das Rodungsverbot nach § 9 des Bundeswaldgesetzes ist eine Waldneubegründung quasi irreversibel)
- **Holzproduktespeicher und Substitutionspotenzial erhöhen** (siehe Kapitel 3.2.1)
- **Vermeidung von Kohlenstoffverlusten** (zum Beispiel durch Störungen, forstliche Bewirtschaftung oder Aktivitäten außerhalb des Forstsektors)

Gemäß der Waldstrategie 2050 soll zur Erreichung dieser Anforderungen eine „möglichst naturnahe Waldbewirtschaftung“ stattfinden, die alle Ökosystemleistungen des Waldes bereitstellt (BMEL, 2021b). Sie sieht nicht nur die Bewirtschaftung, sondern ebenso die Regeneration von Wäldern und die Waldmehrung als

Aufgaben der nachhaltigen Bewirtschaftung, um damit ebenso auf das Ziel 15 für die nachhaltige Entwicklung der UN einzuzahlen (BMEL, 2021b).

Ökosystemleistungen, die einen Einfluss auf das menschliche Wohlergehen haben und Nutzen stiften, müssen aufrechterhalten werden und ihre Verfügbarkeit auf aktuelle Bedingungen und Gegebenheiten abgestimmt werden. Der Wald mit seiner positiven Eigenschaft das Klima zu schützen, muss also gleichzeitig an den Klimawandel und seine Folgen angepasst werden, um zu überleben und seine Leistungen weiterhin erbringen zu können. Dies geschieht durch eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder. Da eine Waldbewirtschaftung auch von der Wirtschaftlichkeit der getroffenen Maßnahmen abhängt, müssen Anreize geschaffen werden. Insbesondere Maßnahmen, die den Klimaschutzbeitrag des Waldes aufrechterhalten, sollten deshalb honoriert werden. Dies bedeutet, dass die Ausweitung der Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag wirtschaftlich attraktiv sein muss, damit insgesamt eine optimale Kombination der Ökosystemleistungen generiert werden kann. Voraussetzung dafür ist eine Vergleichbarkeit der Ökosystemleistungen.

In der konkreten Umsetzung geeigneter Anreize zur Ausweitung der Klimaschutzleistung des Waldes im Sinne der positiven externen Effekte auf die Gesellschaft, bietet sich eine Kopplung an den CO<sub>2</sub>-Preis an. Die Meta-studie (Kapitel 3.2.2) zeigt, dass der Klimaschutzbeitrag bereits mithilfe des CO<sub>2</sub>-Preises bewertet und in eine ökonomische Größe übersetzt werden kann. Deshalb erscheint es sinnvoll, die CO<sub>2</sub>-Bepreisung als Basis einer Honorierung zu nutzen und damit dieser Möglichkeit der Reduktion von Emissionen einen bereits etablierten Marktpreis zuzuweisen. Erbrachte Klimaschutzleistungen des Waldes sollen insbesondere deshalb honoriert werden, da die Forstwirtschaft einen wichtigen Beitrag zur deutschen Wirtschaft leistet (Teil II).

## Teil II: Analyse des volkswirtschaftlichen Einflusses der Forstwirtschaft

### 5 Ökonomischer Effekt

Neben ihrer hohen ökologischen Bedeutung spielt die Bewirtschaftung des deutschen Waldes auch eine zentrale ökonomische Rolle in der deutschen Wirtschaft. Im folgenden Kapitel wird daher die wirtschaftliche Bedeutung des Waldes quantifiziert. Dabei werden nicht nur die Kennzahlen des Wirtschaftszweigs selbst, sondern auch der Umfang der gesamten vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette betrachtet.

#### 5.1 Methodisches Vorgehen

##### Kernaussagen:

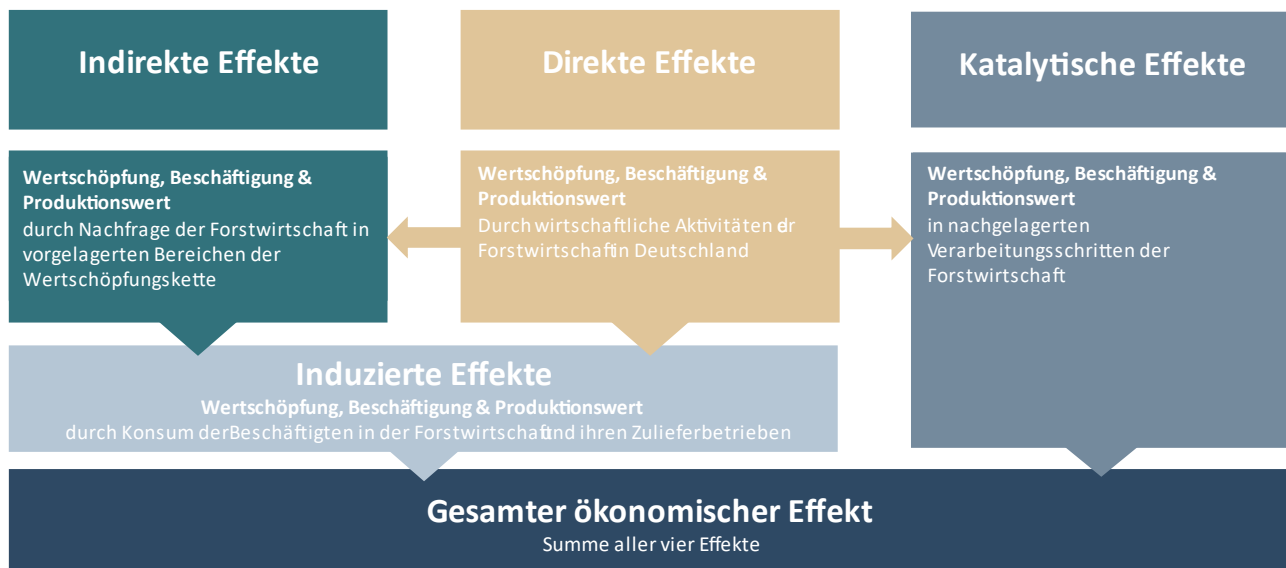
- Die Ökonomische Bedeutung des Waldes geht deutlich über die Bereitstellung von Arbeitsplätzen in der Bewirtschaftung des Waldes hinaus.
- Neben der vorgelagerten Wertschöpfungskette der Forstwirtschaft und den so generierten Kaufkrafteffekten ist vor allem die Wirkung des Waldes als Enabler in holzaffinen Branchen zu beachten. Holzaffine Branchen sind Wirtschaftszweige, die auf den Rohstoff Holz und den daraus entstehenden Produkten als zentrales Vorprodukt angewiesen sind.

Um die ökonomische Bedeutung der Forstwirtschaft zu ermitteln, sind neben der wirtschaftlichen Aktivität der Branche selbst auch die vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsschritte von Bedeutung. Die Forstwirtschaft stößt durch ihre Nachfrage nach Vorleistungsprodukten Produktionsimpulse in anderen deutschen Branchen an. Dabei spielen nicht nur die direkten Vorleistungsprodukte der Forstwirtschaft (beispielsweise Kettensägen des Maschinenbaus) eine Rolle, sondern auch die indirekten Vorleistungen (beispielsweise die Herstellung des Motors dieser Kettensägen). Auf die gleiche Weise ermöglichen die Produkte der Forstwirtschaft als Vorleistungsprodukte für andere Branchen die Produktion in nachgelagerten Schritten der Wertschöpfungskette (beispielsweise die Herstellung von Möbeln). Um die Bedeutung der Forstwirtschaft zu quantifizieren ist es also wichtig, dass die gesamte Wertschöpfungskette der Forstwirtschaft betrachtet wird. Für diesen Zweck können Input-Output Tabellen (IOTs) verwendet werden. In einer nationalen IOT werden die Güter- und Dienstleistungslieferungen zwischen den verschiedenen Wirtschaftszweigen (WZs) eines Landes dargestellt. Mithilfe bestimmter Berechnungsmethoden ist es möglich, in der IOT nicht nur abzulesen, welche Vorleistungen die Forstwirtschaft direkt bezieht, sondern die gesamte vorgelagerte Wertschöpfungskette der Branche zu erfassen, also zu berechnen, in welchen Branchen wieviel Produktion durch die Forstwirtschaft angestoßen wird.

Als Basis der Berechnungen wird die IOT von Eurostat „Figaro“ (Eurostat, 2021) verwendet, die die wirtschaftlichen Verflechtungen von 64 verschiedenen Wirtschaftszweigen wiedergibt und in ihrer aktuellen Version für das Jahr 2017 vorliegt. Mithilfe des Input-Output-Modells der IW Consult ist es möglich, die Basis-IOT von Eurostat mit aktuellen Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts zu verknüpfen und so auf das Jahr 2020 fortzuschreiben. Somit kann ein aktuelles und umfassendes Bild der ökonomischen Bedeutung der Forstwirtschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette gezeichnet werden. Insbesondere werden die folgenden Effekte berechnet (siehe Abbildung 5-1):

**Abbildung 5-1: Übersicht der vier Effekte**

Direkt, indirekt, induziert, katalytisch



Quelle: IW Consult GmbH

Der direkte Effekt quantifiziert die ökonomischen Kennzahlen (Beschäftigte, Wertschöpfung und Umsatz) der Forstwirtschaft selbst (Wirtschaftszweig (WZ) 02 der Klassifikation der Wirtschaftszweige). Im indirekten Effekt werden die wirtschaftlichen Impulse ermittelt, die bei Zulieferern der Forstwirtschaft durch deren Nachfrage nach Waren und Dienstleistungen entstehen (beispielsweise im Maschinenbau). Der induzierte Effekt gibt den Umfang der wirtschaftlichen Aktivitäten an, die durch den Konsum der zuvor ermittelten Beschäftigten in der Forstwirtschaft und bei den Zulieferern entstehen.

Die Bedeutung der Forstwirtschaft wäre unterschätzt, wenn nur die Effekte in der vorgelagerten Wertschöpfungskette erfasst würden. Genauso wichtig ist der Blick in die Verwendungsrichtung der Produkte der Forstwirtschaft. Diese „upstream“-Betrachtung der Wertschöpfungsketten wird oft als katalytische Effekte bezeichnet. Gemeint sind die Bereiche der Volkswirtschaft, die nur existieren können, weil es Holz gibt – für die Holz also ein nicht-substituierbarer Rohstoff ist. Da aber Holz ein universeller Rohstoff ist, der beinahe von allen Unternehmen und Konsumenten direkt oder indirekt verwendet wird, muss ein sinnvoller Grenzwert definiert werden, ab dem eine Branche als abhängig gilt. In einem ersten Schritt werden im katalytischen Effekt alle Branchen erfasst, deren Produktion direkt oder indirekt in einem maßgeblichen Anteil Wertschöpfung der Forstwirtschaft enthält. Die Maßgeblichkeitsgrenze wird so definiert, dass zwischen der relativen Bedeutung für die erfassten Branchen und den nicht mehr erfassten Branchen eine deutliche Differenz besteht. Für die Forstwirtschaft als Branche am Anfang der Wertschöpfungskette ergibt sich ein sinnvoller Grenzwert bei 0,2 Prozent der Wertschöpfung der Branchen. Nach dieser Definition zählen die Holzverarbeitung (WZ 16), und jeweils der holzbezogene Teil des Baugewerbes (WZ 41-43), der Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren (WZ 31-32) und des Großhandels (WZ 46) zu den essenziell vom Input „Holz“ abhängigen Branchen. Da ein hoher Wertanteil am Rohstoff Holz in der Produktion noch nichts darüber aussagt, wie gut sich dieser Rohstoff bei der Produktion substituieren ließe, wird die Liste der abhängigen Branchen auf Basis der Veröffentlichung der Europäischen Kommission (1999) um drei weitere holzaffine Branchen ergänzt: die Papierindustrie (WZ 17), die Herstellung von Druckerzeugnissen aus Papier (WZ 18.1) und das

Verlagswesen für Druckerzeugnisse (WZ 58.1). Diese Branchen sind vor allem indirekt auf den Rohstoff für ihre Produktion angewiesen. Neben der Zulieferung von Holzfasern für die Papierproduktion basieren auch die recycelten Materialien ursprünglich auf Holz als Ausgangsprodukt.

Der gesamte ökonomische Effekt ergibt sich aus der Summe der vier Effekte (direkt, indirekt, induziert und katalytisch) und erfasst die Bedeutung der Forstwirtschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

## 5.2 Ergebnisse

### Kernaussagen:

- Die Forstwirtschaft in Deutschland steht ökonomisch durch die zunehmende Hitze, Trockenheit und Extremwetterereignisse wie Stürme unter Druck. Ihre direkte Wertschöpfung hat sich aufgrund sinkender Rentabilität seit 2018 um 40 Prozent reduziert.
- Die Forstwirtschaft ist dabei vor allem als Enabler der Holz und Holzprodukte verarbeitenden Branchen ein großer Wirtschaftsfaktor in Deutschland. Insgesamt wurden im Jahr 2020 über eine Million Arbeitsplätze und rund 57 Milliarden Euro Wertschöpfung durch die wirtschaftlichen Aktivitäten der Forstwirtschaft bedingt.

Die Forstwirtschaft erwirtschaftete im Jahr 2020 in Deutschland direkt etwa 2,2 Milliarden Euro Wertschöpfung. In der Branche waren beinahe 37.800 Erwerbstätige beschäftigt, der Produktionswert<sup>6</sup> belief sich auf etwa 5,3 Milliarden Euro. Damit steuerte die Forstwirtschaft 0,07 Prozent des Bruttoinlandsprodukts in Deutschland im Jahr 2020 bei (siehe Abbildung 5-2). Die schwierigen Rahmenbedingungen für die Forstwirtschaft der letzten Jahre mit anhaltender Trockenheit und Hitze in Deutschland und den damit verbundenen Waldschäden zeigt sich bereits in den ökonomischen Kennzahlen der Branche. So fiel die Bruttowertschöpfung der Branche im Jahr 2020 mit rund 2,2 Milliarden Euro um rund 40 Prozent niedriger aus als im Jahr 2018. Hier lag die Bruttowertschöpfung der Forstwirtschaft noch bei rund 3,7 Milliarden Euro. Bei relativ konstanten Personal- und Materialkosten<sup>7</sup> war vor allem die Rentabilität der Betriebe der Branche in den letzten beiden Jahren rückläufig.

<sup>6</sup> Die Kennzahlen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung geben den Bruttoproduktionswert von Branchen wieder. Dieser enthält neben dem Umsatz auch Bestandsveränderungen an Waren sowie die Produktion für den Eigenverbrauch.

<sup>7</sup> Nach Angaben der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (Destatis, 2021b) stiegen die Bruttolöhne und -gehälter in der Forstwirtschaft von 0,89 Milliarden Euro im Jahr 2018 auf 0,91 Milliarden Euro im Jahr 2020 (Anstieg von rund 1,7 Prozent). Die Kosten für Vorleistungsbezüge der Forstwirtschaft beliefen sich im Jahr 2018 auf 3,03 Milliarden Euro, im Jahr 2020 waren es 3,04 Milliarden Euro (Anstieg von 0,5 Prozent).

## Abbildung 5-2: Ökonomische Kennzahlen der Forstwirtschaft Deutschland

Anzahl der Beschäftigten, Bruttowertschöpfung (in Mrd. €) und Bruttoproduktionswert (in Mrd. €) im Jahr 2020



Quelle: Destatis, 2021b; IW Consult GmbH

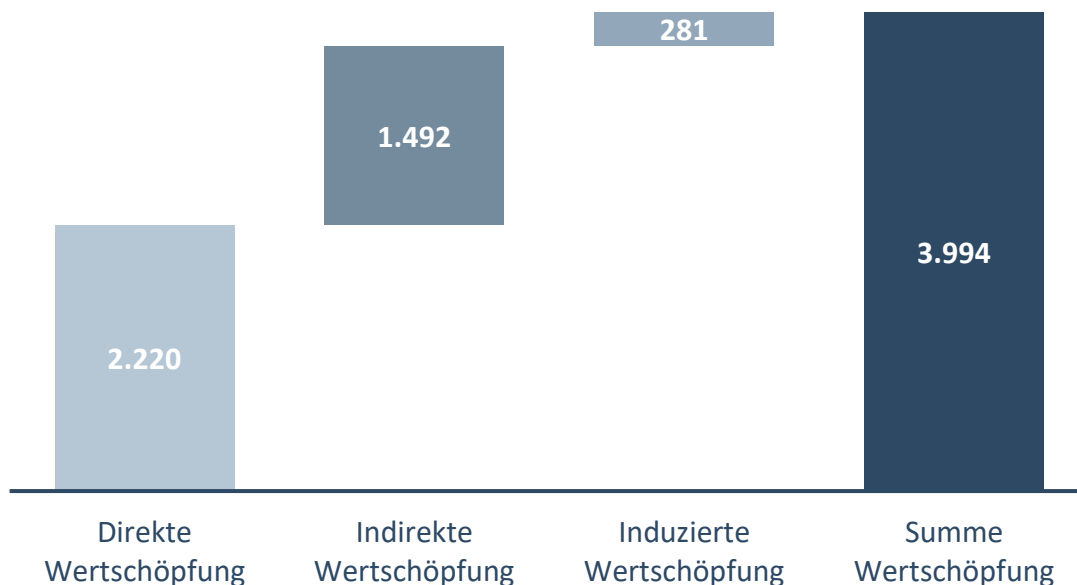
Mit der ausschließlichen Betrachtung dieser Werte würde die Bedeutung der Forstwirtschaft jedoch unterschätzt werden. Im Folgenden wird daher der ökonomische Impact der Forstwirtschaft in seiner vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette besprochen und dargestellt.

### 5.2.1 Effekte der vorgelagerten Wertschöpfungskette

In Abbildung 5-3 ist die von der Forstwirtschaft abhängige Wertschöpfung im Jahr 2020 dargestellt. Die Branche selbst erwirtschaftet eine Wertschöpfung in Höhe von rund 2,2 Milliarden Euro. Durch die Nachfrage nach Vorleistungsprodukten stößt die Forstwirtschaft im indirekten Effekt bei weiteren Branchen im Inland einen wirtschaftlichen Mehrwert in Höhe von 1,5 Milliarden Euro an. Zusätzlich geben die dort arbeitenden Erwerbstätigen und die Beschäftigten der Forstwirtschaft selbst einen Teil ihres Lohns für Konsumgüter aus und induzieren dadurch Wertschöpfung in Höhe von weiteren 280 Millionen Euro. Jeder Euro Wertschöpfung in der Forstwirtschaft stößt somit 80 Cent Wertschöpfung in der vorgelagerten Wertschöpfungskette in Deutschland an. Insgesamt belief sich der Impact der Forstwirtschaft im Jahr 2020 auf fast 4 Milliarden Euro – das sind 0,13 Prozent des Bruttoinlandsprodukts in diesem Jahr.

**Abbildung 5-3: Wertschöpfungseffekte**

Direkte, indirekte und induzierte Bruttowertschöpfung in Millionen Euro



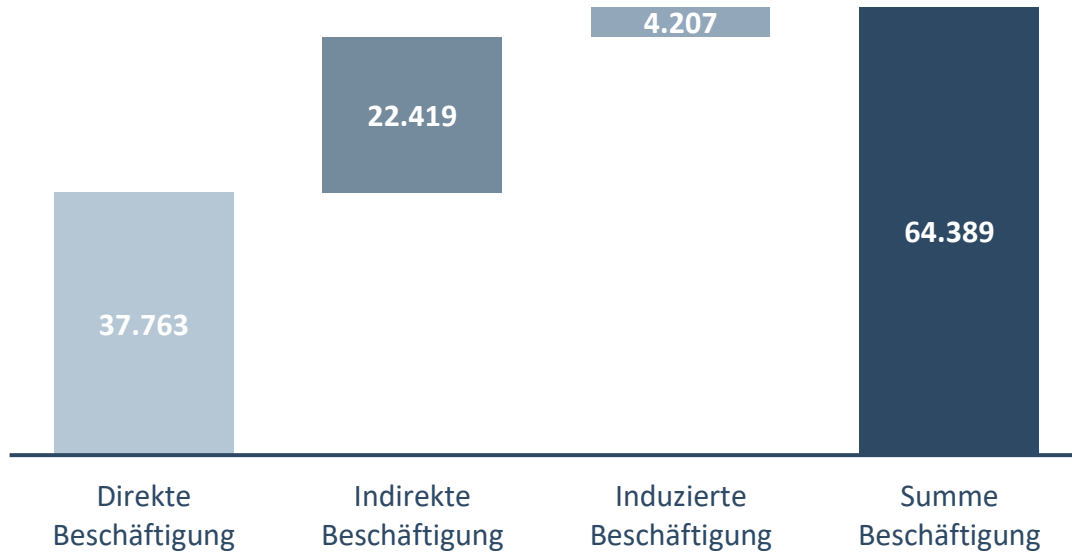
Quelle: Destatis, 2021b; Eurostat, 2021; IW Consult GmbH

Die Beschäftigungseffekte sind in Abbildung 5-4 dargestellt. Zusätzlich zu den fast 38.000 Erwerbstätigen der deutschen Forstwirtschaft arbeiten rund 22.500 Beschäftigte in Unternehmen, die die Forstwirtschaft direkt und indirekt mit Vorleistungsgütern beliefern. Weitere rund 4.200 Erwerbstätige kommen durch die Konsumnachfrage dieser Beschäftigten und der Beschäftigten der Forstwirtschaft zustande. Insgesamt hingen im Jahr 2020 in Deutschland somit rund 64.400 Beschäftigungsverhältnisse in Deutschland an der Forstwirtschaft.



**Abbildung 5-4: Beschäftigungseffekte**

Anzahl der direkt, indirekt und induzierten Beschäftigten

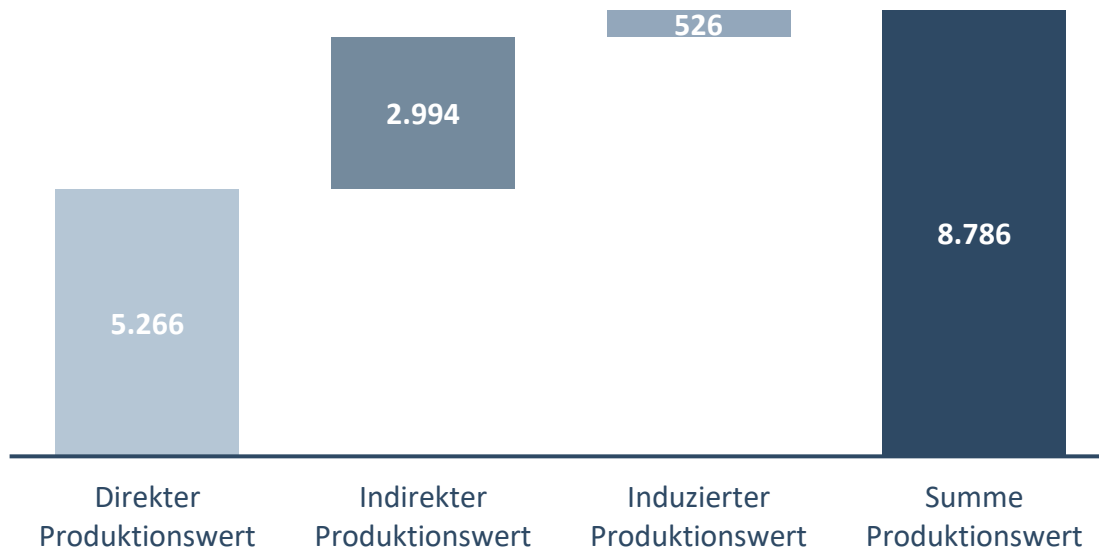


Quelle: Destatis, 2021b; Eurostat, 2021; IW Consult GmbH

Abbildung 5-5 stellt die Produktionseffekte der Wertschöpfungskette der Forstwirtschaft dar. Die Forstwirtschaft erzeugt selbst Produkte und Dienstleistungen im Wert von 5,3 Milliarden Euro. Der Produktionswert aller nötigen Vorleistungsgüter und -dienstleistungen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette beläuft sich auf rund 3 Milliarden Euro. Im induzierten Effekt kommen noch einmal rund 530 Millionen Euro Produktionswert hinzu. Insgesamt beträgt der durch die Forstwirtschaft angestoßene Produktionswert 8,8 Milliarden Euro.

### Abbildung 5-5: Produktionseffekte

Direkter, indirekter und induzierter Bruttoproduktionswert in Millionen Euro



Quelle: Destatis, 2021b; Eurostat, 2021; IW Consult GmbH

### 5.2.2 Effekte der nachgelagerten Wertschöpfungskette

Um die komplette Bedeutung der Forstwirtschaft in der deutschen Wirtschaft quantifizieren zu können, ist (wie in Kapitel 5.1 erläutert) auch die „upstream“-Betrachtung der Wertschöpfungskette sehr wichtig, also die Berücksichtigung der essenziell von Holz abhängigen Branchen. Insbesondere für die Forstwirtschaft, die mit der Gewinnung des Rohstoffs Holz tendenziell am Anfang der Wertschöpfungskette steht, ist die Berücksichtigung des katalytischen Effekts relevant.

Als besonders vom Rohstoff „Holz“ abhängig wurden diejenigen Branchen und Branchenteile definiert, deren Produktion einen besonders hohen Anteil an Wertschöpfung der Forstwirtschaft enthält oder deren Produkte nach Abgrenzung der Europäischen Kommission (1999) stark von Holz als Vorprodukt abhängig sind, ohne Holz in primärer oder wiederverwerteter Form also nicht produzieren könnten.

Folgende Wirtschaftsbereiche wurden als besonders holzabhängig definiert und gehen damit in die Berechnung des katalytischen Effekts ein:

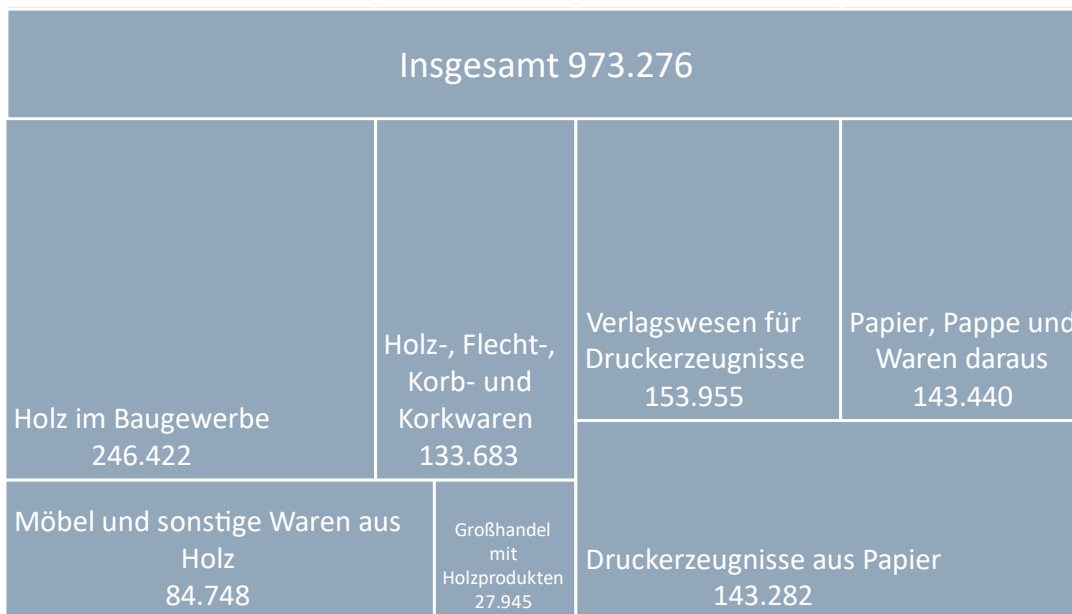
- Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren
- Möbel und sonstige Waren aus Holz
- Holz im Baugewerbe
- Großhandel mit Holzprodukten
- Papier, Pappe und Waren daraus

- Druckerzeugnisse aus Papier
- Verlagswesen für Druckerzeugnisse

Die Beschäftigungseffekte der so ermittelten, besonders holzabhängigen Branchen sind in Abbildung 5-6 aufgeführt. Gut 970.000 Erwerbstätige sind in Branchen beschäftigt, die von der Lieferung des Rohstoffs Holz abhängig sind. Der größte Anteil dieser Erwerbstätigen, nämlich gut 246.000 Beschäftigte, arbeiten im Holzbaugewerbe. Hierzu zählen neben klassischen Zimmermannsarbeiten wie der Bau eines Dachstuhls aus Holz auch Bautischlertätigkeiten oder die Parkettverlegung. Mit 154.000 Erwerbstätigen ist auch das Verlagswesen für Druckerzeugnisse eine der größeren holzabhängigen Branchen. Berücksichtigt wurden dabei nur die Mitarbeiter, die in Verlagen mit Printmedien arbeiten und nicht reine Digitalverlage. Auch bei den Herstellern von Möbeln und sonstigen Waren wurden nur holzverarbeitende Betriebe berücksichtigt wie die Hersteller von Tischen und Stühlen aus Holz oder entsprechende Polstermöbel mit Holzgestell.

**Abbildung 5-6: Katalytischer Beschäftigungseffekt**

Anzahl der Beschäftigten in den holzabhängigen Branchen im Jahr 2020



Quelle: Destatis, 2021b; Eurostat, 2021; IW Consult GmbH

In Abbildung 5-7 wird die Bruttowertschöpfung der holzabhängigen Branchen dargestellt. Insgesamt ergibt sich ein katalytischer Effekt in Höhe von fast 53 Milliarden Euro Wertschöpfung. Jeder Euro Wertschöpfung in der Forstwirtschaft bedingt somit beinahe 24-mal so viel Wertschöpfung in den Branchen der nachgelagerten Wertschöpfungsschritte. Die Branche, die unter den holzabhängigen Wirtschaftsbereichen die höchste Wertschöpfung realisiert, ist das Verlagswesen für Druckerzeugnisse mit 11,5 Milliarden Euro. Die zweitgrößte Branche ist mit etwa 10,7 Milliarden Euro Wertschöpfung die „Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus“, gefolgt vom Holzbau mit 9,8 Milliarden Euro Wertschöpfung.

**Abbildung 5-7: Katalytischer Wertschöpfungseffekt**

Bruttowertschöpfung der holzabhängigen Branchen in Millionen Euro im Jahr 2020

Insgesamt 52.955			
Verlagswesen für Druckerzeugnisse 11.527	Papier, Pappe und Waren daraus 10.730	Holz im Baugewerbe 9.803	Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren 7.082
	Druckerzeugnisse aus Papier 5.725		Möbel und sonstige Waren aus Holz 4.954
			Großhandel mit Holzprodukten 1.942

Quelle: Destatis, 2021b; Eurostat, 2021; IW Consult GmbH

Gemessen am Produktionswert gehören erneut die Papierindustrie und das Verlagswesen für Druckerzeugnisse zu den beiden größten holzabhängigen Branchen. Insgesamt beläuft sich der katalytische Produktionseffekt auf gut 144 Milliarden Euro (siehe Abbildung 5-8).

**Abbildung 5-8: Katalytischer Produktionseffekt**

Bruttoproduktionswert der holzabhängigen Branchen in Millionen Euro im Jahr 2020

Insgesamt 144.132			
Papier, Pappe und Waren daraus 35.756	Verlagswesen für Druckerzeugnisse 26.305	Holz im Baugewerbe 24.601	Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren 22.695
	Druckerzeugnisse aus Papier 15.086		Möbel und sonstige Waren aus Holz 16.339
			Großhandel mit Holzprodukten 3.350

Quelle: Destatis, 2021b; Eurostat, 2021; IW Consult GmbH

### 5.2.3 Fazit

Um die Bedeutung der deutschen Forstwirtschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu quantifizieren, müssen zusätzlich zu den ökonomischen Kennzahlen der Forstwirtschaft auch die indirekten, induzierten und katalytischen Effekte berücksichtigt werden. Da die Forstwirtschaft als Lieferant des Rohstoffs „Holz“ tendenziell am Anfang der Wertschöpfungskette steht, sind die Abhängigkeiten in der nachgelagerten Wertschöpfungskette besonders hoch. Die Forstwirtschaft stößt durch die Nachfrage nach Vorleistungsprodukten und den Konsum der Beschäftigten jedoch auch im indirekten und induzierten Effekt Produktion in weiteren Branchen an.

In Abbildung 5-9 ist der gesamte ökonomische Effekt der Forstwirtschaft in Deutschland im Jahr 2020 dargestellt. Er berechnet sich aus der Summe des direkten, indirekten, induzierten und katalytischen Effekts.

#### Abbildung 5-9: Gesamte Ökonomische Bedeutung der Forstwirtschaft in Deutschland

Beschäftigte (in Mio.), Bruttowertschöpfung (in Mrd. €) und Bruttoproduktionswert (in Mrd. €) im Jahr 2020



Quelle: Destatis, 2021b; Eurostat, 2021; IW Consult GmbH

Insgesamt hingen im Jahr 2020 in Deutschland 57 Milliarden Euro Wertschöpfung an der Forstwirtschaft. Das sind 1,9 Prozent des Bruttoinlandsprodukts in diesem Jahr. Jeder Euro Wertschöpfung in der Forstwirtschaft bedingt somit beinahe 26-mal so viel Wertschöpfung in anderen Bereichen der Wirtschaft. Gut eine Millionen Beschäftigungsverhältnisse konnten durch die Forstwirtschaft gesichert werden, das sind 2,3 Prozent aller im Jahr 2020 bestehender Beschäftigungsverhältnisse. Der Wert der an der Forstwirtschaft hängende Produktion belief sich mit 153 Milliarden Euro auf etwa 2,5 Prozent der gesamten Produktion in Deutschland im Jahr 2020. Die Forstwirtschaft hat somit eine nicht unerhebliche Bedeutung für den Wirtschaftsstandort Deutschland.

## 6 Regionalität der Wertschöpfungskette Holz

### Kernaussagen:

- Die Wertschöpfungskette Holz ist stark regional geprägt. Rund zwei Drittel des verwendeten Holzes in Primärform oder als weiterverarbeitetes Vorprodukt, das in Deutschland verwendet wird, stammt aus dem Inland. Ein weiteres Viertel kommt aus anderen Ländern Europas. Nur rund sieben Prozent werden aus außereuropäischen Ländern eingeführt.
- Die Regionalität der Wertschöpfungskette Holz bietet auch Vorteile in Bezug auf die Nachhaltigkeit der Holzverarbeitenden Branchen. Durch kurze Lieferwege können CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Transport des Rohstoffs Holz eingespart werden.
- Die holzaffinen Branchen in Deutschland sind auf die Bereitstellung nachhaltiger Leistungen der Forstwirtschaft in Deutschland angewiesen. Die Branche stellt mit rund 17 Prozent der Rundholzproduktion in der EU den größten Einzelproduzenten in Europa. Andere angrenzende Staaten haben nicht die Produktionskapazitäten, um einen Lieferausfall in Deutschland zu ersetzen.

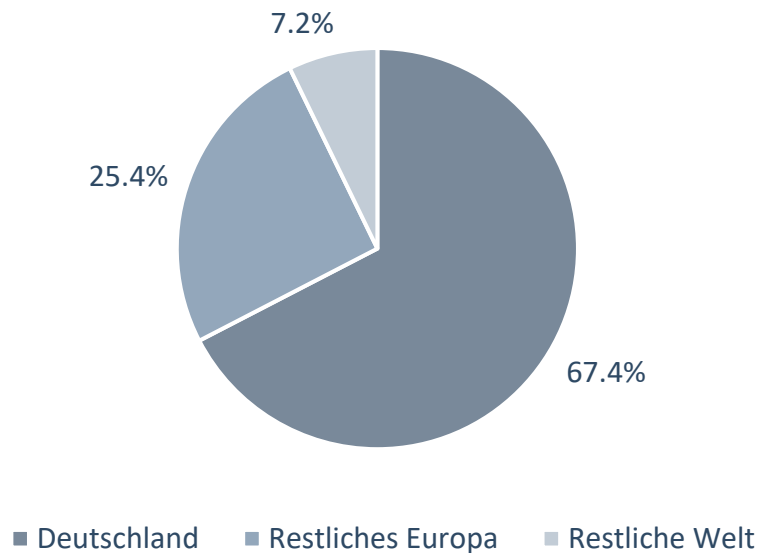
Zunehmend sind Unternehmen dazu aufgefordert, die Einhaltung von ökologischen und sozialen Standards nicht nur in der eigenen Produktion, sondern auch entlang der gesamten Lieferkette sicherzustellen. Besonders von der Forstwirtschaft abhängende Branchen in Deutschland, wie zum Beispiel die Papierindustrie, sind also darauf angewiesen, dass das an sie gelieferte Holz aus nachhaltiger Bewirtschaftung stammt und auf umweltschonenden Wegen zu ihnen gelangt. Ein möglicher Rückgang der Bewirtschaftung des deutschen Waldes aufgrund der Klimakrise oder auch strengerer Regularien könnte somit indirekt auch Auswirkungen auf die in Kapitel 5.2.2 beschriebene nachgelagerte Wertschöpfungskette der Forstwirtschaft haben. Das folgende Kapitel soll deshalb die Regionalität der Wertschöpfungskette Holz in Deutschland untersuchen und analysieren, wie groß die Substitutionspotenziale für einen möglichen Ausgleich verringerter forstwirtschaftlicher Produktion in Deutschland sind.

Um die Regionalität der Wertschöpfungskette Holz zu untersuchen, ist eine genauere Betrachtung der Herkunft von Holz- und holzbasierten Produkten in der Wertschöpfungskette der deutschen Unternehmen nötig. Als Datenbasis für diese Untersuchung bieten sich multiregionale Input-Output-Tabellen an. Die multiregionale Input-Output Tabelle von Eurostat (Figaro), die in der aktuellen Veröffentlichung Daten für das Jahr 2017 enthält, bildet die Handelsverflechtungen zwischen 45 verschiedenen Ländern (plus ein Residuum „Rest of the World“) und jeweils 64 Wirtschaftsbereichen ab. Wie schon im Kapitel 5.1 erläutert, können mithilfe von Input-Output Tabellen nicht nur direkte, sondern auch indirekte Wirtschaftsverflechtungen einbezogen werden. Mit Hinblick auf die Forstwirtschaft können also auch diejenigen Holzlieferungen aus anderen Ländern berücksichtigt werden, die nicht direkt an die deutsche Wirtschaft gehen, sondern zunächst im jeweiligen Land oder auch in einem Drittland weiterverarbeitet werden, beispielsweise zu Spanplatten oder Konstruktionsteilen für den Bau.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Wertschöpfungskette Holz in Deutschland stark regional geprägt ist (siehe Abbildung 6-1). Von den insgesamt in der deutschen Wirtschaft genutzten Produkten und Dienstleistungen der Forstwirtschaft stammen etwa zwei Drittel aus Deutschland selbst. Ein weiteres Viertel des Holzes kommt ursprünglich aus den anderen Ländern Europas. Nur 7 Prozent des in der deutschen Wirtschaft direkt oder indirekt verwendeten Holzes wurde in nicht europäischen Ländern geerntet.

**Abbildung 6-1: Herkunft des in der deutschen Wirtschaft verwendeten Holzes 2017**

Direkte und indirekte Lieferungen der Forstwirtschaften in Deutschland, im restlichen Europa und in der restlichen Welt an die deutsche Wirtschaft, anteilig an der gesamten Verwendung von Produkten der Forstwirtschaft



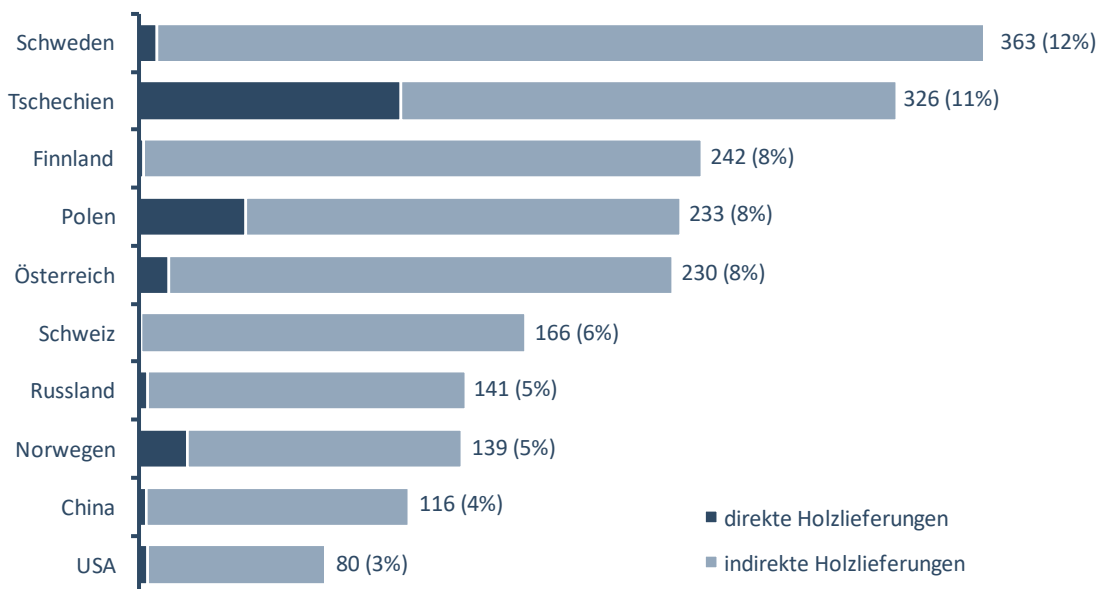
Neben den 26 EU-Mitgliedsländern (EU-27 ohne Deutschland), werden auch die Schweiz, Norwegen und Großbritannien als der EU wirtschaftlich nahestehende Länder zu Europa hinzugezählt. Anteile summieren sich infolge des Rundens der Zahlen nicht auf 100 Prozent.

Quelle: Eurostat, 2021; Destatis, 2021c; IW Consult GmbH

In Abbildung 6-2 werden die für Deutschland wichtigsten ausländischen Holzlieferanten noch einmal einzeln aufgeführt. Gemessen wird, wieviel Wertschöpfung der Forstwirtschaft des jeweiligen Landes im Produktionswert der deutschen Wirtschaft enthalten ist. Die Prozentangaben in Klammern geben den Anteil an den gesamten forstwirtschaftlichen Importen wieder. Für jedes Land wird zudem dargestellt, ob das in Deutschland genutzte Holz direkt geliefert wurde, oder in verarbeiteter Form (also indirekt) nach Deutschland importiert wurde.

**Abbildung 6-2: Die zehn wichtigsten Holzlieferanten (direkt und indirekt) für die deutsche Wirtschaft**

Aus den Forstwirtschaften im Ausland importierte Wertschöpfung in Millionen Euro, prozentuale Anteile an gesamt importierter Wertschöpfung der ausländischen Forstwirtschaften dahinter in Klammern



Quelle: Eurostat, 2021; Destatis, 2021c; IW Consult GmbH

Erneut ist zu erkennen, dass unter den wichtigsten Holzlieferländern vor allem europäische Forstwirtschaften zu finden sind. Beispielsweise werden 363 Millionen Euro Wertschöpfung der schwedischen Forstwirtschaft in der Produktion der deutschen Industrie verwendet, das sind 12 Prozent der insgesamt in Deutschland importierten Wertschöpfung der Forstwirtschaften im Ausland. Das „schwedische“ Holz wird jedoch nur zu einem kleinen Teil als Rohholz direkt nach Deutschland transportiert, ein weitaus größerer Bestandteil fließt in Form von weiterverarbeiteten Produkten in die deutsche Wirtschaft ein. Lediglich in Ländern wie Tschechien und Polen, die geografisch besonders nah an Deutschland liegen, wird ein höherer Anteil des Rohholzes direkt nach Deutschland geliefert. Dies deutet auf eine hohe regionale Konzentration der Wertschöpfungskette Holz hin. Ähnlich wie bei anderen rohstoffnahen Wertschöpfungsketten wie der Förderung von Quarzsanden und der Glasindustrie scheinen lokale Wertschöpfungsketten wirtschaftliche Vorteile zu besitzen. Durch eine geografische Nähe der Rohstoffgewinnung und der Weiterverarbeitung werden Transportkosten eingespart, die gerade in den frühen Stufen der Wertschöpfungskette einen Einfluss auf die Kosten des Produkts besitzen. Geringe Transportwege für Rohstoffe haben zudem den Vorteil, durch den Transport entstehende Emissionen einzusparen, da diese mit der Länge des Transportwegs zum Kunden zunehmen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Betrachtung der forstwirtschaftlichen Lieferketten in Europa ist, dass Deutschland im europäischen Vergleich absolut betrachtet, einer der größten Holzproduzenten ist. Nach Zahlen von Eurostat zur Holzentnahme in den Wäldern der EU wurde in Deutschland im Jahr 2020 mit 84 Millionen Kubikmetern so viel entrindetes Rundholz geerntet, wie in keinem anderen Mitgliedsstaat der EU. Dies entspricht zudem rund 17,2 Prozent der Produktion in der EU-27. Andere geografisch nahegelegene Länder wie Polen kamen mit insgesamt rund 40,6 Millionen Kubikmetern nur auf eine halb so große Produktionsmenge.



Zusammenfassend ist festzuhalten, dass aktuell ein wesentlicher Bestandteil des in Deutschland direkt und indirekt verwendeten Holzes aus Europa stammt, davon ein Großteil aus Deutschland selbst. Dies trägt zur Nachhaltigkeit der deutschen Holzverarbeitenden Industrie bei.

Zum einen ist durch die Nutzung des größtenteils in Deutschland und Europa geernteten Holzes eine relativ nachhaltige Bewirtschaftung der Herkunftswälder gewährleistet. Wie schon im Kapitel 2.2.2 erwähnt, baut die deutsche Forstwirtschaft nach dem Bundeswaldgesetz auf dem Handlungsprinzip der Nachhaltigkeit auf (BMEL, 2016). Auf mindestens 77 Prozent der deutschen Gesamtwaldfläche werden zudem die über die gesetzlichen Standards hinausgehenden strengen PEFC-Regeln einer ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Waldbewirtschaftung angewandt (vgl. PEFC, 2022). Ein Merkmal einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung ist auch die Veränderungsrate des Waldbestands. Nach einer Studie der Food and Agriculture Organization der UN ist Europa nach Asien und Ozeanien die dritte Region der Welt, in der die Nettoveränderung des Waldbestands leicht positiv ist, der Waldbestand also zunimmt<sup>8</sup> (vgl. FAO, 2020a). In Deutschland selbst hielten sich in den Jahren 2015 bis 2020 der Zugewinn und der Verlust an Waldflächen in etwa die Waage (vgl. FAO, 2020b).

Durch die Nutzung von Holz, das überwiegend aus deutscher und europäischer Forstwirtschaft stammt, sind zum anderen auch die Transportwege in den Lieferketten der deutschen Industrie sehr viel kürzer, was wiederum zur Einsparung von CO<sub>2</sub> Emissionen beiträgt<sup>9</sup>. Holz ist an sich ein CO<sub>2</sub>-neutraler Rohstoff, bei dessen Verwendung anstelle CO<sub>2</sub>-intensiverer Materialien einerseits CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden können und andererseits das von den Bäumen aufgenommene CO<sub>2</sub> längerfristig gespeichert werden kann, wenn es als langlebiges Produkt zum Einsatz kommt. In Zukunft wird die Nachfrage nach Holz aufgrund der internationalen Bemühungen zur Klimaneutralität tendenziell sogar noch steigen. Holz kann andere, klimaschädlichere Materialien wie zum Beispiel Beton aber nur dann sinnvoll als CO<sub>2</sub>-neutralen Baustoff ersetzen, wenn die Transportwege möglichst kurz bleiben. Je nach Art des Transports fallen je Kilometer und je Tonne transportierten Holzes beziehungsweise verarbeiteten Holzprodukts 18 Gramm (per Last-/Sattelzug) bis 111 Gramm (per LKW) CO<sub>2</sub> an (UBA, 2022b). Es ist also auch unter diesem Gesichtspunkt essenziell, die Holz-Lieferketten möglichst lokal zu belassen.

Sollte der Ertrag der deutschen Forstwirtschaft in den nächsten Jahren zurückgehen, müsste die fehlende Holzernte mit Holz aus anderen Ländern substituiert werden, da nicht von einer fallenden Nachfrage nach Holzprodukten auszugehen ist, sondern im Gegenteil von einer zunehmenden. Gründe für einen Rückgang der Ernte könnte eine nicht ausreichende Anpassung an den Klimawandel sein, oder auch die Umsetzung der neuen Forststrategie der Europäischen Union für die Zeit nach 2020 (vgl. Europäische Kommission, 2021b). Diese wurde im Rahmen des Europäischen Grünen Deals beschlossen, um (unter anderem) die ökonomische Nutzung der Forstwirtschaft mit den Anforderungen des Europäischen Klimagesetzes und des Ziels der Klimaneutralität bis 2050 zu harmonisieren. Die Holzernte soll im Rahmen des Europäischen Grünen Deals auf ein optimal nachhaltiges Maß beschränkt werden, bei der die Holzernte maximiert wird, ohne die Netto-Senkenleistung des Waldes zu gefährden. Bei der Kosten-Nutzen-Abwägung sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass sich eine Substitution des in Europa angebauten Holzes mit Holz aus anderen Regionen

<sup>8</sup> Die Zahlen beziehen sich auf den Zeitraum 2010-2020, zu Europa wird auch Russland gezählt.

<sup>9</sup> Die Zahlen in Abbildung 6-1, auf die sich diese Aussage stützt, beziehen sich nur auf die ursprüngliche Herkunft des Holzes – es ist also nicht ausgeschlossen, dass ein Teil des Holzes aus Europa in außereuropäischen Drittstaaten weiterverarbeitet wird, bevor es in Deutschland verwendet wird. Dies wird trifft jedoch nur auf einen kleinen Teil des Holzes zu.

der Welt durch die weiteren Transporte und möglicherweise weniger nachhaltige Bewirtschaftung potenziell negativ auf die Nachhaltigkeitskennziffern auswirken könnte. Sollte sich hingegen die Holzernte in Deutschland reduzieren, ohne dass andere europäische Länder betroffen wären, ist es aufgrund des Umfangs der deutschen Holzproduktion fraglich, ob diese Reduktion von anderen europäischen Forstwirtschaften aufgefangen werden könnte. In jedem Fall ist also das Ziel zu verfolgen, die Bewirtschaftung der Waldflächen durch die deutsche Forstwirtschaft weiterhin unter ausreichenden Nachhaltigkeitsvorgaben zu realisieren.

## 7 Abstract

### Economic Analysis of the Forest

#### The significance of German forests regarding climate change

The forest contributes to mitigating climate change through various functions. A healthy forest can act as a carbon sink by absorbing carbon from the atmosphere and releasing oxygen into the environment. It is also a supplier of renewable resources that can replace other materials that are often more harmful to the environment. The forest also serves as a recreational area and is used for various cultural activities. The prerequisite for providing these ecosystem services is that the forest is healthy. However, the forest is already suffering from the impacts of climate change, and it must adapt to changing conditions to avoid being overly damaged by climate change and to prevent its functions from being further reduced. Consequently, forestry climate change mitigation measures focus on maintaining and expanding carbon storage.

The present study addresses this goal: to adapt forests to climate change and, at the same time, to expand their climate protection effect. The achievement of this goal requires a detailed analysis due to the natural system complexity in the forest ecosystem and the diverse interactions. Managed and unmanaged forests make different contributions to climate protection. For example, the secondary storage in wood products exists only in managed forests. According to the Forest Strategy 2050, forest management and the use of wood currently improve the German CO<sub>2</sub> balance by approximately 11 to 14 percent.

By economizing ecosystem services, it is possible to quantify the multiple benefits of forests for humans, which go beyond the monetary value of wood as a raw material. Those forestry measures that aim to expand the climate protection contribution must consequently find a form of compensation so that implementation is profitable. From a market perspective, this is the case if an expansion of the ecosystem service climate protection contribution is economically attractive. While forestry measures can lay the foundations for climate protection and climate change adaptation of forests, in many cases implementation depends on political support on the one hand and on corresponding measures in downstream value chains on the other hand.

With the aim of an economic assessment of forests, this study uses a meta-analysis of existing studies to show the quantitative range of important ecosystem services to describe the influence of forest management on climate change. Different effects are highlighted in the analysis of the tension between nature conservation and forest management. A central result is the displacement effect as a consequence of a possible lower production at home. Abroad, the management of forests takes place under different standards, which are often lower than in Germany.

In total, more than one million people are employed in the wood value chain in Germany. Around 57 billion euros in value added were generated in the wood value chain. The German forestry industry is an important economic factor, especially as a supplier to the wood and wood products processing industries. On the one hand, the study underlines the high importance of the regional wood value chain and thus shows that substitution potentials of reduced forestry in Germany are limited and, on the other hand, that the various functions and thus the contributions to climate protection can still be ensured through management.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Übersicht Fallstudien der Metaanalyse .....	20
Tabelle 3-2: Übersicht ermittelte Kohlenstoffspeicher/ Senkenfunktion des Waldes.....	25
Tabelle 3-3: Überblick Berechnungen der Ökosystemleistung Klimaschutzbeitrag .....	28

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Anteil der Fläche des Waldes an der Landesfläche insgesamt .....	11
Abbildung 2-2: Die Wertschöpfungskette von Holz (Auszug) .....	14
Abbildung 3-1: Die vier Arten von Ökosystemleistungen .....	17
Abbildung 3-2: Vorgehensweise zur Bewertung von Ökosystemleistungen.....	18
Abbildung 3-3: Deutsche Holzvorräte im Überblick .....	21
Abbildung 3-4: Holzvorrat nach Baumarten.....	22
Abbildung 3-5: Schematische Übersicht der Klimaschutzleistung des Waldes.....	24
Abbildung 3-6: Kohlenstoffspeicher von Wald und Holzprodukten.....	26
Abbildung 3-7: Leistungen des Waldes für den Klimaschutz .....	27
Abbildung 3-8: Forstwirtschaftliche Leistungen und Indikatoren der Ökosystemleistung Erholungsgebiet.....	29
Abbildung 5-1: Übersicht der vier Effekte .....	36
Abbildung 5-2: Ökonomische Kennzahlen der Forstwirtschaft Deutschland.....	38
Abbildung 5-3: Wertschöpfungseffekte .....	39
Abbildung 5-4: Beschäftigungseffekte.....	40
Abbildung 5-5: Produktionseffekte .....	41
Abbildung 5-6: Katalytischer Beschäftigungseffekt.....	42
Abbildung 5-7: Katalytischer Wertschöpfungseffekt .....	43
Abbildung 5-8: Katalytischer Produktionseffekt .....	43
Abbildung 5-9: Gesamte Ökonomische Bedeutung der Forstwirtschaft in Deutschland .....	44
Abbildung 6-1: Herkunft des in der deutschen Wirtschaft verwendeten Holzes 2017 .....	46
Abbildung 6-2: Die zehn wichtigsten Holzlieferanten (direkt und indirekt) für die deutsche Wirtschaft.....	47

## Literaturverzeichnis

AGDW – Die Waldeigentümer / Familienbetriebe Land und Forst, 2019, Klimaziele erreichen – Wald erhalten, Ökosystemleistungen des Waldes honorieren!, [https://www.fablf.de/fileadmin/introduction/images/Mitgliederbereich/Service/Politik\\_und\\_Medien/Klimapapier\\_AGDW\\_FabLF\\_Final.pdf](https://www.fablf.de/fileadmin/introduction/images/Mitgliederbereich/Service/Politik_und_Medien/Klimapapier_AGDW_FabLF_Final.pdf) [7.6.2022]

AGDW, 2020, Waldwirtschaft: Einblicke und Aussichten 04, 2019 Jahresbericht, [https://www.waldeigentue-mer.de/wp-content/uploads/2020/06/AGDW\\_JB2019\\_mini.pdf](https://www.waldeigentue-mer.de/wp-content/uploads/2020/06/AGDW_JB2019_mini.pdf) [9.6.2022]

BfN – Bundesamt für Naturschutz, 2013, Irene Ring (Hrsg.): Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis, BfN-Skripten 334

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2016, Ergebnisse der Bundeswaldinventur 2012, Berlin, [https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE\\_MASTER/content/Downloads/BMEL\\_BWI\\_Bericht\\_Ergebnisse\\_2012\\_RZ02\\_web-4.pdf](https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Downloads/BMEL_BWI_Bericht_Ergebnisse_2012_RZ02_web-4.pdf) [7.6.2022]

BMEL, 2018, Waldböden in Deutschland: Ausgewählte Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung, [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/WaldboedenBodenzustandserhebung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/WaldboedenBodenzustandserhebung.pdf?__blob=publicationFile&v=4) [9.6.2022]

BMEL, 2021a, Waldbericht der Bundesregierung 2021, [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldbericht2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldbericht2021.pdf?__blob=publicationFile&v=9) [7.6.2022]

BMEL, 2021b, Waldstrategie 2050: Nachhaltige Waldbewirtschaftung – Herausforderungen und Chancen für Mensch, Natur und Klima, <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/waldstrategie2050.html>  
<https://www.bmel.de/DE/themen/wald/waldstrategie2050.html>[7.6.2022]

BMEL, 2022, Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2021, [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ergebnisse-waldzustandserhebung-2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ergebnisse-waldzustandserhebung-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=4) [7.6.2022]

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015, Naturschutz-Offensive 2020, [https://www.bbn-online.de/fileadmin/Service/8\\_2%20Infomaterial/Fachmaterialien/naturschutz-offensive\\_2020\\_broschuere\\_bf.pdf](https://www.bbn-online.de/fileadmin/Service/8_2%20Infomaterial/Fachmaterialien/naturschutz-offensive_2020_broschuere_bf.pdf) [7.6.2022]

Boyd, James / Banzhaf, Spencer, 2007, What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units, in: Ecological Economics, 63. Jg., Nr. 2-3, August 2007, S. 616–626

Brunet-Navarro, Pau / Jochheim, Hubert / Kroiher, Franz / Muys, Bart, 2018, Effect of cascade use on the carbon balance of the German and European wood sectors, Journal of Cleaner Production, 170. Jg., Januar 2018, S. 137-146

Bundestag, o.J., „Was ist Nachhaltigkeit?“, [https://www.bundestag.de/resource/blob/565606/76bc5a2f18ac01d4a826fa1118e93988/was\\_ist\\_nachhaltigkeit-data.pdf](https://www.bundestag.de/resource/blob/565606/76bc5a2f18ac01d4a826fa1118e93988/was_ist_nachhaltigkeit-data.pdf) [1.5.2022]

BWaldG – Bundeswaldgesetz, 2021, Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz), "Bundeswaldgesetz vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), das zuletzt durch Artikel 112 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist", <https://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/BJNR010370975.html> [7.6.2022]

dena – Deutsche Energie-Agentur, Öko-Institut e.V., 2021, Natürliche Senken: Kurzgutachten zur dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität, Berlin, [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/211005\\_DLS\\_gutachten\\_OekoInstitut\\_final.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/211005_DLS_gutachten_OekoInstitut_final.pdf) [9.6.2022]

Destatis – Statistisches Bundesamt, 2021a, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, in: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, Fachserie 3, Reihe 5.1, [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Publikationen/Downloads-Flaechennutzung/bodenflaechennutzung-2030510207004.pdf;jsessionid=C65AA0BFB1FC69361B72236E5467C8F9.live731?\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Publikationen/Downloads-Flaechennutzung/bodenflaechennutzung-2030510207004.pdf;jsessionid=C65AA0BFB1FC69361B72236E5467C8F9.live731?_blob=publicationFile) [7.6.2022]

Destatis, 2021b, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Fachserie 18, Reihe 1.4

Destatis, 2021c, Genesis Online, Außenhandelsstatistik, Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Länder, Warensystematik (51000-0007)

Dieter, Matthias / Weimar, Holger / Iost, Susanne, 2021, Auswirkungen der EU-Biodiversitätsstrategie, in: AFZ-Der Wald, Ausgabe 7, März 2021, [https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2021-7/globale-forstwirtschaft/024\\_auswirkungen-der-eu-biodiversitaetsstrategie?utm\\_source=fp-webseite&utm\\_medium=artikel&utm\\_campaign=textmarketing](https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2021-7/globale-forstwirtschaft/024_auswirkungen-der-eu-biodiversitaetsstrategie?utm_source=fp-webseite&utm_medium=artikel&utm_campaign=textmarketing) [1.4.2022]

DWDS – Der deutsche Wortschatz von 1600 bis heute, 2022a, Windwurf, <https://www.dwds.de/wb/Windwurf> [7.6.2022]

DWDS, 2022b, Läuterung <https://www.dwds.de/wb/L%C3%A4uterung> [7.6.2022]

Elsasser, Peter, 2019, Forstliche Handlungsoptionen für den Klimaschutz, in Fick, J.; Gömann, H. (Hrsg.): Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel. Heidelberg: Springer, [https://www.researchgate.net/publication/333263947\\_Forstliche\\_Handlungsoptionen\\_fu\\_r\\_den\\_Klimaschutz](https://www.researchgate.net/publication/333263947_Forstliche_Handlungsoptionen_fu_r_den_Klimaschutz) [7.6.2022]

Elsasser, Peter / Altenbrunn, Kerstin / Köthke, Margret / Lorenz, Martin / Meyerhoff, Jürgen, 2020, Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.): Regionalisierte Bewertung der Waldleistungen in Deutschland, Thünen Report 79, Braunschweig

Europäische Kommission, 2021a, Neue EU-Waldstrategie für 2030 MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN EMPTY, COM(2021) 572 final, Brüssel, den 16.7.2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0572&from=EN> [1.5.2022]

Europäische Kommission, 2021b, Fragen und Antworten: Europäischer Grüner Deal: Neue EU-Waldstrategie für 2030, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda\\_21\\_3548](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda_21_3548) [21.5.2022]

EU – Europäische Union, 2021, Die Europäische Union und die Wälder, <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/105/die-europaische-union-und-die-walder> [7.6.2022]

Eurostat, 2021, FIGARO – integrated global accounts for economic modelling, 2021 Edition

FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2018, Rohstoffmonitoring Holz: Erwartungen und Möglichkeiten, Kurzfassung

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020a, Global Forest Resources Assessments 2020. Main report, Rome

FAO, 2020b, Global Forest Resources assessment 2020. Report Germany, Rome

Grüner, N., 2017, Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Teil 3: Der Waldspeicher. Wald: CO<sub>2</sub>-Senke oder CO<sub>2</sub>-Quelle? [https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Wald\\_in\\_NRW/Teil\\_3\\_-\\_Der\\_Waldspeicher.pdf](https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Wald_in_NRW/Teil_3_-_Der_Waldspeicher.pdf) [7.6.2022]

Haines-Young, Roy / Potschin, Marion, 2018, Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1: Guidance on the Application of the Revised Structure, <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf> [7.6.2022]

Hampicke, Ulrich / Schäfer, Achim, 2021, Ökonomische Bewertung der Ökosystemleistungen des Waldes der Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern, DUENE e.V., Greifswald

Hasenauer, Hubert, 2012, Die Bedeutung der Waldwirtschaft für den Kohlenstoffhaushalt, in: Broschüre „Energie aus der Region“, Dezember 2012, S. 1-4, [https://www.biomasseverband.at/wp-content/uploads/Hasenauer\\_WaldbauCO2\\_Dossier.pdf](https://www.biomasseverband.at/wp-content/uploads/Hasenauer_WaldbauCO2_Dossier.pdf) [2.5.2022]

Henning, Petra / Schnell, Sebastian / Riedel, Thomas, 2019, Rohstoffquelle Wald – Holzvorrat auf neuem Rekord, in: AFZ-Der Wald, Ausgabe 14, S. 24-27, [https://www.thuenen.de/media/institute/wo/Waldmonitoring/THG/Projekt/CI2017/AFZ\\_14\\_19\\_Kohlenstoff\\_Artikel\\_5\\_Rohstoff.pdf](https://www.thuenen.de/media/institute/wo/Waldmonitoring/THG/Projekt/CI2017/AFZ_14_19_Kohlenstoff_Artikel_5_Rohstoff.pdf) [7.6.2022]

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022. Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the IPCC, [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK und New York, NY, USA, [https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf) [28.4.2022]

IKB – Deutsche Industriebank, 2021, Holzwirtschaft im Jahr 2021: permanenter Ausnahmezustand, [https://www.ikb-blog.de/wp-content/uploads/2021/09/Holzwirtschaft\\_IKB-Sausen\\_20210907-.pdf](https://www.ikb-blog.de/wp-content/uploads/2021/09/Holzwirtschaft_IKB-Sausen_20210907-.pdf) [7.7.2022]



Kauppi, Pekka / Hanewinkel, Marc / Lundmark, Thomas / Nabuurs, Gert-Jan, Peltola, Heli, Trasobares, Antoni / Hetemäki, Lauri, 2018, Climate Smart Forestry in Europe, European Forest Institute, [https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/Climate\\_Smart\\_Forestry\\_in\\_Europe.pdf](https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/Climate_Smart_Forestry_in_Europe.pdf) [7.6.2022]

Kramer, Matthias, 2013, 14 Kreislauforientierte Forstwirtschaft in der Oberlausitz, in: Kramer, Matthias / Schurr, Christoph (Hrsg.), Internationales Waldrecht und nachhaltige Waldnutzung: Tschechien, Polen und Deutschland im Vergleich, o. Jg., Springer-Verlag, S. 151-168.

KSG – Klimaschutzgesetz, 2019, Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf> [7.6.2022]

Maes, Joachim et al., 2016, An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020, in: Ecosystem Services, 17. Jg., Nr.?, S. 14-23

MEA – Millennium Ecosystem Assessment, 2005, Ecosystems and Human Well-being. Synthesis. A Report of the Millennium Ecosystem Assessment, Washington D.C., <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> [7.6.2022]

TEEB DE- Naturkapital Deutschland-TEEB DE, 2012, Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft. Eine Einführung. München, ifuplan; Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; Bonn, Bundesamt für Naturschutz

PEFC – PEFC Deutschland e.V., 2022, Immer mehr Wald in Deutschland wird nachhaltig bewirtschaftet. Pressemitteilung, <https://pefc.de/presse/immer-mehr-wald-deutschland-wird-nachhaltig-bewirtschaftet> [20.5.2022]

Riedel, Thomas / Stümer, Wolfgang / Henning, Petra / Dunger, Karsten / Bolte, Andreas, 2019, Wälder in Deutschland sind eine wichtige Kohlenstoffsенке, in: AFZ-Der Wald, Nr. 14, S. 14-18, [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn061187.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061187.pdf) [7.6.2022]

Schall, Peter et al., 2021, Among stand heterogeneity is key for biodiversity in managed beech forests but does not question the value of unmanaged forests: Response to Bruun and Heilmann-Clausen (2021), in: Journal of Applied Ecology, 58. Jg., S. 1817-1826, <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1365-2664.13959> [7.6.2022]

Schulze, E. D. / Rock, J. / Kroiher, F. / Egenolf, V. / Wellbrock, N. / Irlinger, R. / Bolte, A. / Spellmann, H., 2021, Klimaschutz mit Wald: Speicherung von Kohlenstoff im Ökosystem und Substitution fossiler Brennstoffe, in: Biologie in unserer Zeit, 51. Jg., Januar 2021, S. 46-54

Schütz, Jean-Philippe, 2002, Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures, in: Forestry, 75. Jg., Nr. 4, April 2002, S. 329-337

Smith, Thomas M. / Smith, Robert L., 2009, Ökologie, 6. Aktualisierte Auflage, Pearson Deutschland GmbH, [https://books.google.de/books?id=ivAFC6nYiyIC&pg=PR3&dq=das+ökosystem+wald+definition+wissenschaftliche+arbeit&lr=&hl=de&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false](https://books.google.de/books?id=ivAFC6nYiyIC&pg=PR3&dq=das+ökosystem+wald+definition+wissenschaftliche+arbeit&lr=&hl=de&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false) [1.5.2022]

Spathelf, Peter / Ammer, Christian / Annighöfer, Peter / Bolte, Andreas / Seifert, Thomas / Weimar, Holger, 2022, Fakten zum Thema: Wälder und Holznutzung, in: AFZ-Der Wald, Ausgabe 7, S. 39-44

Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2021, Flächenatlas: Flächen für Wald, Siedlung, Verkehr und Landwirtschaft, <https://www.statistikportal.de/de/flaechenatlas> [13.7.2022]

Steffen, Will et al., 2015, Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet, in: Science, 347. Jg., Nr. 6223, S. 736-746

Tiemann, André / Ring, Irene, 2022, Towards ecosystem service assessment: Developing biophysical indicators for forest ecosystem services, in: Ecological Indicators, 137. Jg.

UBA – Umweltbundesamt, 2022a, Nachhaltige Waldbewirtschaftung, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/nachhaltige-waldwirtschaft#die-vielfaltigen-funktionen-des-waldes> [7.6.2022]

UBA, Umweltbundesamt, 2022b, Emissionsdaten, Emissionen im Güterverkehr, [https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich\\_g%C3%BCterverkehr\\_tabelle](https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich_g%C3%BCterverkehr_tabelle) [20.5.2022]

UN – United Nations, General Assembly, 2015, Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1, <https://sdgs.un.org/2030agenda> [10.6.2022]