

# Der Wert der Wiederaufforstung

Eine umweltökonomische Analyse zur Bewertung der  
Ökosystemleistungen von Baumpflanzungen zur Wiederaufforstung

Autoren:

Tarin Karzai, Jesko Hirschfeld – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Auftraggeber:

Bundesverband der Deutschen Volksbanken und Raiffeisenbanken

Berlin, 2025



# Impressum

Herausgeber:

Institut für ökologische

Wirtschaftsforschung GmbH, gemeinnützig

Potsdamer Straße 105

D-10785 Berlin

Tel. +49 – 30 – 884 594-0

Fax +49 – 30 – 882 54 39

E-Mail: [mailbox@ioew.de](mailto:mailbox@ioew.de)

[www.ioew.de](http://www.ioew.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Zur Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens der Ökosysteme und ihrer Leistungen</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Rahmen der Analyse und Bewertung</b> .....	<b>13</b>
3.1 Vorarbeiten und Eingrenzung .....	13
3.2 Vorgehensweise und Materialien .....	15
3.3 Anpassung der monetären Werte und Berechnung des Barwerts .....	16
<b>4 Die umweltökonomische Bewertung der Wiederaufforstung</b> .....	<b>18</b>
4.1 Ökosystemleistungen des Waldes .....	18
4.2 Die umweltökonomische Bewertung der Waldökosystemleistungen .....	20
4.3 Eine umweltökonomische Bewertung einer Wiederaufforstung .....	23
4.4 Vergleich der Nutzen und Kosten der Wiederaufforstung .....	28
<b>5 Einordnung und Diskussion der Ergebnisse</b> .....	<b>28</b>
<b>6 Ausblick</b> .....	<b>30</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>31</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Konzepte und Methoden zur Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens eines Ökosystems .....	12
Abbildung 3.2:	Vorgehensweise zur Anpassung der monetären Werte .....	17

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Umweltökonomische Bewertungsmethoden zur Ermittlung des Gesamtnutzens eines Ökosystems .....	11
Tabelle 4.2:	Beispiele der umweltökonomischen Bewertung unterschiedlicher Waldökosystemleistungen aus der Literatur .....	20
Tabelle 4.3:	Berechnung der jährlichen Nutzenflüsse eines wieder aufgeforsteten Mischwalds in €/ha/a .....	26
Tabelle 4.4:	Barwert des gesellschaftlichen Nutzens eines wiederaufgeforsteten Mischwalds .....	27
Tabelle 0.5:	Berechnung der jährlichen Nutzenflüsse eines wieder aufgeforsteten Mischwalds in €/ha/a .....	31
Tabelle 0.6:	Barwert des gesellschaftlichen Nutzens eines wiederaufgeforsteten Mischwalds .....	32

## Abkürzungsverzeichnis

CBD	Convention on Biological Diversity
CO <sub>2</sub> -Äq	Treibhausgasäquivalente in CO <sub>2</sub>
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMUV	Bundesministerium für Umwelt und nukleare Sicherheit
BVR	Bundesverband der Deutschen Volksbanken und Raiffeisenbanken
EU	Europäische Union
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
UBA	Umweltbundesamt
UNEP	Umweltprogramm der Vereinten Nationen
SDW	Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e.V.
WaSEG	Bundesplattform „Wald - Sport, Erholung, Gesundheit“

# Zusammenfassung

In diesem Bericht werden die Ergebnisse einer umweltökonomischen Bewertung von Baumpflanzungen zur Wiederaufforstung und Waldmehrung präsentiert und diskutiert. Hintergrund der Studie stellt die Baumpflanzaktion „Wurzeln“ der Klima-Initiative „Morgen kann kommen“ der Volksbanken Raiffeisenbanken dar. Diese Initiative unterstützt Waldbesitzende bei der klimaresilienten und biodiversen Aufforstung auf Kalamitätsflächen. Die in diesem Bericht erläuterte Bewertung stellt allerdings keine Bewertung dieser konkreten Baumpflanzaktion dar. In diesem Bericht wird eine umweltökonomische Bewertung einer hypothetischen Wiederaufforstung bzw. der Schaffung einer zusätzlichen Waldfläche dargestellt. Das bedeutet, dass der gesellschaftliche Nutzen der Aufforstung einer Waldfläche verglichen wird mit einer Brach- bzw. Grünfläche, auf der kein zusätzlicher Wald wachsen würde. Ausgangspunkt ist der Bewertungsrahmen einer Vorstudie zur Bewertung der Klimaleistung (Krug, J., 2024), die im Rahmen der Klima-Initiative „Morgen kann kommen“ in Auftrag gegeben wurde. In der Vorstudie wurde angenommen, dass der wiederaufgeforstete Wald eine zusammenhängende Mischwaldfläche von 560 ha darstellt und über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren keine Holzentnahmen stattfinden. Diese Annahmen wurden für die umweltökonomische Bewertung übernommen. Darauf aufbauend und unter Einbezug des aktuellen Forschungsstandes zur Monetarisierung von Ökosystemleistungen wurde die in diesem Bericht dargestellte Vorgehensweise zur umweltökonomischen Bewertung der Wiederaufforstung entwickelt. Vier Ökosystemleistungen konnten auf Grundlage der verfügbaren Daten und Ressourcen quantifiziert und bewertet werden: die Klimaschutzleistung, Luftfilterleistung, der Nährstoffrückhalt und die ästhetische Wirkung auf das Landschaftsbild. Der jährliche gesellschaftliche Nutzen der Wiederaufforstung liegt nach diesen Berechnungen bei ca. 10.580 €<sub>2023</sub>/ha/a (bzw. 5,9 Mio. €<sub>2023</sub>/a bezogen auf eine Aufforstungsfläche von 560 ha). Auf Grundlage des jährlichen Nutzenflusses wurde für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren der Barwert des gesellschaftlichen Wertes der wiederaufgeforsteten Fläche berechnet. Dabei wurden unterschiedliche Abzinsungsraten verwendet (1%, 3% und 5%). Im Ergebnis liegt die Spannbreite des Nutzenbarwerts zwischen ca. 163.000 und 273.000 €<sub>2023</sub>/ha (bzw. zwischen 91 und 153 Mio. €<sub>2023</sub> bezogen auf eine Fläche von 560 ha). Da zahlreiche Ökosystemleistungen nicht bewertet werden konnten, können die genannten Spannbreiten als eine Schätzung der unteren Grenze des gesellschaftlichen Wertes der Wiederaufforstung einer entsprechend großen Mischwaldfläche verstanden werden. Im Vergleich zur Schätzung der Kosten einer Wiederaufforstung zeigt sich, dass die Nutzen-Kosten-Bilanz einer Wiederaufforstung eindeutig positiv ist. Die Ergebnisse unterstreichen die gesellschaftliche Relevanz von Wiederaufforstungen und zeigen, dass sich Investitionen in Wälder aus gesellschaftlicher Perspektive auszahlen.

# 1 Einführung

Die menschengemachte Klimakrise und der dramatische Verlust an Biodiversität zählen zu den größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts und können aufgrund ihrer Co-Abhängigkeit nicht isoliert voneinander betrachtet und behandelt werden (Pörtner et al., 2021). Diese Erkenntnis ist nicht nur von wissenschaftlicher Bedeutung, sondern wird auch zunehmend durch die Politik anerkannt und bei der Gestaltung der Klima- und Naturschutzpolitik berücksichtigt. Dies zeigt sich beispielsweise in der EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur. Die Verordnung legt konkrete Ziele fest, die die Mitgliedsstaaten bei der Wiederherstellung degradierten Ökosysteme bis 2030 bzw. 2050 erreichen müssen. Dabei wird einerseits betont, dass die Wiederherstellung der Ökosysteme einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz darstellt, gleichzeitig aber auch die Klimaresilienz der Ökosysteme erhöht und somit die Folgen des Klimawandels auf die Ökosysteme vermindert. (EU, 2022). Naturschutz wird folglich als eine notwendige Klimaschutz- als auch Klimaanpassungsaufgabe verstanden. Auch auf Bundesebene werden die Synergien zwischen Klima- und Naturschutz zunehmend adressiert, explizit beispielsweise in der Gestaltung des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz (ANK). Das ANK soll die Wiedervernässung von Mooren und Feuchtgebieten, einen naturnahen Waldumbau sowie die Erhöhung der Waldbestände vorantreiben. Erklärte Ziele sind dabei die Stärkung der Klimaschutzleistung und der Klimaanpassungskapazitäten der Ökosysteme (BMUV, 2023).

Vor diesem Hintergrund stellen der naturnahe Waldumbau und die Wiederaufforstung artenreicher, klimaresilienter Wälder wichtige gesellschaftliche Aufgaben für den Klima- und Naturschutz in Deutschland dar. Diese Aufgaben verlangen nach aktuellen Schätzungen zusätzliche Anstrengungen und finanzielle Mittel in Milliardenhöhe (Bolte et al., 2021, Johnson et al., unveröffentlicht). Aktuell ist noch unklar, ob und durch wen diese Mittel zur Verfügung gestellt werden. Die Baumpflanzaktion „Wurzeln“ als Teil der Klima-Initiative „Morgen kann kommen“ der Volksbanken Raiffeisenbanken will nach eigener Aussage in enger Zusammenarbeit mit der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e.V. (SDW) Waldbesitzende bei der Pflanzung neuer Bäume auf Kalamitätsflächen unterstützen (BVR, 2024). Die Aufforstung von Kalamitätsflächen ist eine gesetzlich verpflichtende Aufgabe und der Staat stellt hierfür auch Fördermittel zu Verfügung. Gleichzeitig würden die Flächen vermutlich durch eine natürliche Sukzession auch wiederbewaldet werden. Die Initiative schließt jedoch Lücken, wo aktuelle Fördermittel ggf. nicht ausreichen oder aufgrund von Zielvereinbarungen mit Risiken für die Waldbesitzenden verbunden sind. Darüber hinaus fördert die Klima-Initiative eine naturnahe und klimaresiliente Wiederbewaldung, die auf einem hierfür entwickelten Pflanzkodex basiert. Damit soll eine natürliche Sukzession beschleunigt und eine monokulturelle Wiederbewaldung verhindert werden.

Im Zusammenhang mit der Klima-Initiative „Morgen kann kommen“ wurde eine umweltökonomische Bewertung einer idealtypischen Wiederaufforstungsmaßnahme durchgeführt. Die hier vorgestellte Analyse bewertet jedoch nicht die einzelnen Flächen, die im Rahmen der Klima-Initiative aufgeforstet worden sind. Hierzu wäre ein Vergleich zwischen den durch die Initiative aufgeforsteten Waldfläche und derjenigen Bewuchsfläche notwendig, die am jeweiligen Ort ohne die Unterstützung der Initiative entstanden wäre. In dieser Studie wird eine wiederaufgeforstete Mischwaldfläche im Vergleich zu einer Brach- bzw. Grünfläche umweltökonomisch bewertet. Mithilfe der Ergebnisse soll der gesellschaftliche Nutzen von Wiederaufforstung sichtbar gemacht werden. Die umweltökonomische Bewertung soll eine qualitative oder die biophysikalische Bewertung nicht ersetzen, sondern ergänzend hierzu monetäre Werte für den Diskurs rund um die Bedeutung des Waldes und der Wiederaufforstung bereitstellen.

## 2 Zur Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens der Ökosysteme und ihrer Leistungen

Die konzeptionelle Grundlage für die Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens der Wiederaufforstung ist das Konzept des Ökonomischen Gesamtwerts („Total Economic Value“ – TEV). Das Konzept wird genutzt, um den gesellschaftlichen Nutzen (und damit das gesellschaftliche Wohlergehen) eines Ökosystems systematisch und umfassend abzubilden (Pearce & Turner, 1990). Im Rahmen dieses Konzepts wird der gesellschaftliche Nutzen eines Ökosystems in unterschiedliche Kategorien unterteilt. Es wird zwischen Nutzungswerten und Nicht-Nutzungswert unterschieden, wobei Nutzungswerte zusätzlich in direkte und indirekte Nutzungswerte sowie den Optionswert eingeteilt werden.

Der *direkte Nutzungswert* eines Ökosystems bildet beispielsweise die Bereitstellung von Versorgungsgütern (z.B. Holz oder Nahrungsmittel) ab, umfasst aber auch den Erholungsnutzen, der sich durch den freizeithlichen Besuch eines Ökosystems ergeben kann. Das heißt, der direkte Nutzungswert erfasst Umweltgüter und Leistungen, die direkt konsumiert werden können. Der *indirekte Nutzungswert* erfasst positive Wirkungen der Ökosysteme auf unsere Umwelt bzw. Umweltqualität, wovon die menschliche Gesellschaft wiederum auf unterschiedliche Art und Weise profitiert. Zum indirekten Nutzungswert eines Ökosystems zählt beispielsweise die Bindung von Kohlenstoff und damit der Beitrag zum Klimaschutz. Der *Optionswert* beschreibt wiederum Umweltgüter oder Leistungen, die ein Ökosystem bereitstellt, die aktuell aber (noch) nicht genutzt werden. Entweder weil dieser Nutzen nicht wahrnehmbar bzw. erfassbar ist oder weil dieser Nutzen noch keine gesellschaftliche Relevanz hat bzw. die technologischen Mittel fehlen, um daraus einen Nutzen zu generieren. Biotechnologische Produkte sind ein geeignetes Beispiel, um aufzuzeigen, dass Ökosysteme kontinuierlich Nutzenpotenziale bergen, deren Realisierung erst durch wissenschaftlichen, technologischen und gesellschaftlichen Fortschritt ermöglicht wird. Im Gegensatz zu diesem direkten, indirekten Nutzungs- und Optionswert steht der *Nicht-Nutzungswert* eines Ökosystems. Diese Wertkategorie beschreibt den gesellschaftlichen Wert, den Menschen den Ökosystemen aufgrund moralischer, religiöser oder spiritueller Vorstellungen und Überzeugungen zuschreiben – dazu zählt auch der Wunsch, dass zukünftige Generationen Ökosysteme weiterhin erleben und nutzen können. Das heißt, im Fokus des Nicht-Nutzungswerts stehen die nutzungsunabhängige Existenz und der Erhalt eines Ökosystems und geht ebenso in den Ökonomischen Gesamtwert ein wie der Nutzungswert.

Zur Abbildung und Quantifizierung dieser unterschiedlichen Wertkategorien wird in der Umweltökonomie in den letzten Jahren häufig das Konzept der Ökosystemleistungen<sup>1</sup> verwendet. Dieses Konzept dient dazu, die unterschiedlichen Umweltgüter bzw. Leistungen eines Ökosystems zu systematisieren, um dadurch Wirkungszusammenhänge zwischen Ökosystemen, ihren Leistungen und den daraus resultierenden gesellschaftlichen Nutzen sichtbar zu machen. Im Rahmen dieses Konzeptes werden versorgende, regulierende, kulturelle sowie unterstützende Leistungen unterschieden. *Versorgende Ökosystemleistungen* beschreiben die Bereitstellung von Rohmaterialien, Nahrungsmitteln oder Trink- und Brauchwasser. *Regulierende Leistungen* umfassen die (im oberen

<sup>1</sup> Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis; TEEB. 2010. Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations. In der internationalen Diskussion, u.a. im Kontext von IPBES, wird aktuell ein neues Konzept – genannt „Nature’s Contribution to People (NCPs) – entwickelt. Dieses Konzept soll ein pluralistisches und weniger anthropozentrisches Werteverständnis von Ökosystemen stärken. Dabei werden vor allem kulturelle Aspekte und Nicht-Nutzungswerte stärker hervorgehoben (Díaz et al., 2018).

Absatz bereits erwähnten) positiven Auswirkungen der Ökosysteme auf die Umwelt bzw. Umweltqualität und den Nutzen, der sich daraus ergibt. Das sind zum Beispiel die Kohlenstoffbindung, Kühlungswirkung, die Luftschadstofffilterung und die damit einhergehende verminderte Gesundheitsbelastung sowie der Wasserrückhalt und der Hochwasserschutz. *Kulturelle Leistungen* erfassen Leistungen, die sich daraus ergeben, dass Menschen Ökosysteme für Erholung, Naturerfahrung, Forschung & Bildung und traditionelle oder religiöse Zeremonien nutzen, ihre ästhetischen Auswirkungen auf das Landschaftsbild wertschätzen (Nutzungswerte) oder sie die Existenz und den Erhalt der Ökosysteme aus unterschiedlichen Motiven und Überzeugungen gesichert sehen möchten (Nicht-Nutzungswerte). Zu den *unterstützenden Leistungen* zählt die Habitatbereitstellung und Biodiversität<sup>2</sup>, da diese Aspekte eines Ökosystems die Funktionalität, die Resilienz und das Fortbestehen eines Ökosystems und dessen Leistungen ermöglichen und damit die Bereitstellung der Ökosystemleistungen unterstützen.

Bei der Bewertung der Ökosystemleistungen spielt außerdem die Wirkungsebene eine wichtige Rolle. Unterschiedliche Ökosystemleistungen können auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Ebenen einen gesellschaftlichen Nutzen entfalten. Die Unterschiede in den Wirkungsebenen sind nicht davon abhängig, ob die Ökosystemleistung eine versorgende, regulierende, kulturelle oder unterstützende Leistung ist. Beispielsweise ist die Klimaschutzleistung eine globale Ökosystemleistung, da durch die Bindung von Kohlenstoff ein Beitrag zur Vermeidung von Klimawandelfolgen geleistet wird. Die Klimawandelfolgen betreffen allerdings nicht nur die Bevölkerung am Ort der Treibhausgasbindung, sondern die Menschen auf der ganzen Welt. Anders verhält es sich beispielsweise beim Erholungsnutzen eines Ökosystems, der zwar allen Menschen grundsätzlich zur Verfügung steht, aber letztlich nicht durch alle Menschen, sondern vor allem durch die lokale oder regionale Bevölkerung genutzt wird.

Für die umweltökonomische Bewertung der Ökosystemleistungen und Ermittlung des ökonomischen Gesamtwerts stehen der Umweltökonomie unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Es existieren sogenannte präferenzbasierte Methoden, preis- bzw. kostenbasierte Methoden, wie beispielsweise der Schadenskostenansatz. Die unterschiedlichen Methoden sind mit Kurzerklärungen und geeigneten Beispielen in Tabelle 2.1 zusammengefasst.

*Präferenzbasierte Methoden* dienen dazu, den Nutzen einer Ökosystemleistung oder eines Umweltguts zu bestimmen und z.B. in einer entsprechenden Zahlungsbereitschaft abzubilden. Es wird in Methoden der angegebenen und offenbarten Präferenzen (stated and revealed preferences) unterschieden. *Angegebene Präferenzen* bzw. Zahlungsbereitschaften werden über Befragungen und sogenannte Auswahlexperimenten („Choice Experiments“) oder Kontingente Bewertungen („Contingent Valuation“) ermittelt. Im Rahmen dieser Methoden werden die Befragten in Situationen versetzt, in der sie sich zwischen unterschiedlichen Szenarien entscheiden müssen, die sich in der Bereitstellung oder Qualität des Umweltguts oder der Ökosystemleistung unterscheiden. Die Szenarien sind außerdem mit einem zu zahlenden Preis versehen (z.B.: Steuer oder Abgabe), der bei der Umsetzung des Szenarios fällig werden würde. Dadurch lässt sich die Zahlungsbereitschaft für das gesamte Szenario oder für eine bestimmte Qualität oder die Bereitstellung eines Umweltguts oder einer Ökosystemleistung im Szenario ermitteln.

<sup>2</sup> Ob und in welcher Kategorie die Biodiversität als Ökosystemleistung klassifiziert werden sollte, ist in der wissenschaftlichen Literatur aufgrund der Mehrdimensionalität und Komplexität des Konzepts umstritten (Mace et al., 2012; Bartkowski et al., 2015). Es gibt daher unterschiedliche Ansätze. So wird die Biodiversität teilweise als kulturelle oder auch als versorgende Leistungen verstanden oder aber auch als „Produktionsfaktor“ für die Bereitstellung aller Ökosysteme.

*Offenbarte Präferenzen* ergeben sich aus der Analyse tatsächlich getätigter Ausgaben. Hier werden zum Beispiel Reisekosten - inklusive Reisezeit und Opportunitätskosten – herangezogen, um die Wertschätzung der Menschen für einen Naturraum bzw. ein Ökosystem zu ermitteln (Reisekostenmethode – „travel cost method“). Außerdem können auch Immobilienpreise (oder Mietkosten) verwendet werden, um die offenbarte Zahlungsbereitschaft für eine Ökosystemleistung zu ermitteln (Hedonische Analysen – „Hedonic Pricing“). Bei diesen Analysen wird angenommen, dass sich in diesen Preisen Informationen über die Wertschätzung unterschiedlicher Qualitäten des gehandelten Guts – inklusive des Nutzens aus Ökosystemleistungen (z.B.: durch die Nähe der Immobilie zu einem Wald) – verbergen. Somit sollte die Wertschätzung über eine Zerlegung des Preises ermittelt werden können.

*Schadenskostenansätze* bestimmen den gesellschaftlichen Wert eines Umweltgutes oder einer Ökosystemleistung über die gesellschaftlichen Schäden, die entstehen würden, sofern es dieses Umweltgut oder die Ökosystemleistung nicht gäbe oder diese in ihrer Qualität oder Menge eingeschränkt wären. Beispielsweise verursachen Luftschadstoffe Atemwegserkrankungen, die wiederum eine ärztliche Behandlung erfordern oder gar die Lebenszeit verkürzen. Folglich kann der gesellschaftliche Nutzen der Luftschadstofffilterleistung von Wäldern über die Vermeidung dieser Gesundheitsbelastung monetarisiert werden. Aber auch die Bindung von Kohlenstoff wird oftmals über den Schadenskostenansatz bewertet, da mit der Bindung oder Vermeidung von CO<sub>2</sub> ein Beitrag zur Vermeidung von Klimawandelfolgen geleistet wird. Die Folgen des Klimawandels verursachen gesellschaftliche Kosten, wie zum Beispiel zunehmende Gesundheitsbelastung durch Hitze, Schäden an Infrastruktur durch Starkregen- oder Hochwasserereignisse und Ökosystemverlust durch Dürreperioden. Diese Kosten können geschätzt und für die Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens der Kohlenstoffbindung herangezogen werden.

*Preis- und kostenbasierte Bewertungen* basieren auf tatsächlich und direkt gezahlten Preisen für eine Ökosystemleistung (z.B. Marktpreisen für Holz) oder Preise und Kosten, die sich daraus ergeben, dass Ausgaben für den Erhalt der Ökosystemleistung (Wiederherstellungskosten) oder den technischen Ersatz bzw. die Substitution der Ökosystemleistung (Ersatzkosten, Vermeidungskosten, Preise für Substitution,) getätigt werden. Alle Methoden der umweltökonomischen Bewertung sind mit methodischen Unsicherheiten verbunden und haben ihre Vor- und Nachteile in der Bestimmung des gesellschaftlichen Werts der Ökosystemleistungen. Beispielsweise sind nicht alle Methoden dazu geeignet, den Nicht-Nutzungswert zu bestimmen. Dafür eignen sich vor allem die Methoden der angegebenen Präferenzen. Darüber hinaus können preis- oder kostenbasierte Methoden den gesellschaftlichen Nutzen strenggenommen nicht vollständig abbilden. Da diese Daten aber oftmals verfügbarer sind, werden sie zur Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens als Proxygröße herangezogen.

Vor diesem Hintergrund ist wichtig, einen geeigneten Kanon von Methoden einzusetzen, um die Komplexität des gesellschaftlichen Nutzens eines Ökosystems aus unterschiedlichen methodischen Richtungen in Wertspannen zu erfassen. Die Ermittlung des „einen richtigen Wertes“ ist dabei nicht Ziel der umweltökonomischen Bewertung. Vielmehr geht es um die Annäherung an einen richtungssicheren Wert, der die Größenordnung des gesellschaftlichen Nutzens in ökonomischen Einheiten greifbarer macht und beispielsweise für Entscheidungsprozesse den Wert der Natur sichtbar machen soll. Häufig können dabei nur Untergrenzen für den tatsächlichen Nutzen ermittelt werden. In nicht wenigen Fällen liegen diese mit einem sehr konservativen Vorgehen ermittelten Nutzenwerte von Ökosystemleistungen trotzdem sehr viel höher als die Kosten, die zu ihrer Bereitstellung aufgebracht werden müssen. Genau dieser Fall zeigt sich in der weiteren Analyse auch in Bezug auf die hier im Fokus der Untersuchung stehenden Aufforstungsmaßnahmen.

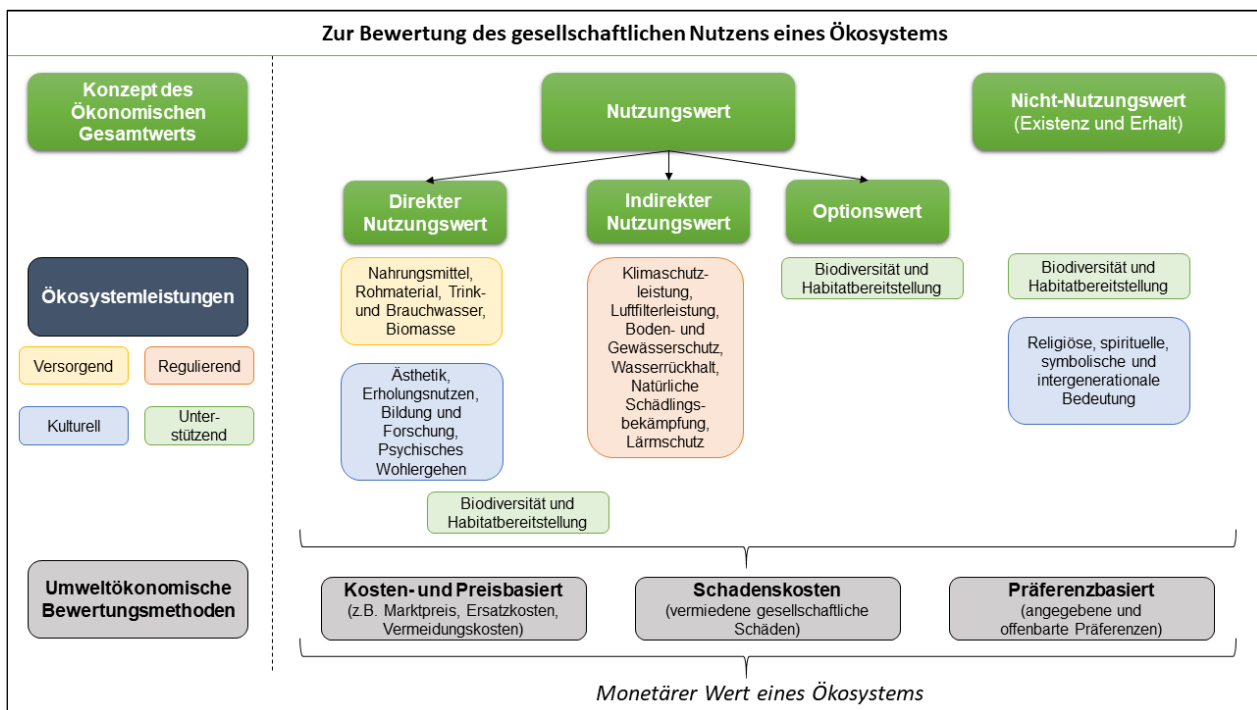
**Tabelle 2.1: Umweltökonomische Bewertungsmethoden zur Ermittlung des Gesamtnutzens eines Ökosystems**

<b>Bewertungsmethode</b> (Hauptkategorie)	<b>Bewertungsmethode</b> (Unterkategorie)	<b>Kurzerklärung</b>	<b>Beispiele</b>
Präferenzbasierte Methoden (Angegebene Präferenzen)	Kontingente Bewertung	Ermittlung der Zahlungsbereitschaft für ein Umweltgut oder eine Kombination von Umweltgütern als ein in sich geschlossenes „Paket“	Ermittlung der Zahlungsbereitschaft für die Schaffung eines Waldnaturschutzgebietes
	(Discrete) Choice Experiment	Aufteilung eines Umweltgutes oder Ökosystems in unterschiedliche „Attribute“, die sich zwischen den Auswahl-szenarien unterscheiden, um die Zahlungsbereitschaft nicht nur für das gesamte Gut, sondern auch für die einzelnen Attribute zu ermitteln	Ermittlung der Zahlungsbereitschaft für die unterschiedlichen Ökosystemleistungen (z.B. Klimaschutzleistung, Erholungsnutzen, Habitatbereitstellung) eines naturnahen Waldes
Präferenzbasierte Methoden (Offenbarte Präferenzen)	Reisekostenmethode	Bewertung eines Ökosystems (vor allem dessen Erholungsnutzen) über die Ausgaben und Opportunitätskosten für den Besuch des Ökosystems	Ermittlung der Zahlungsbereitschaft über die Ausgaben für eine Erholungsreise (Fahrkosten, Zeit- und Opportunitätskosten) in einen Natur-schutzpark
	Hedonische Analyse	Bewertung eines Ökosystems oder einer Ökosystemleistung über die Zerlegung des Kaufpreises (oder der Mietzahlung) einer Immobilie in unterschiedliche Faktoren, die den Preis der Immobilie beeinflussen könnten	Ermittlung der Zahlungsbereitschaft für die Ästhetik oder den Erholungsnutzen eines Waldes über den Kaufpreis einer Immobilie mit einem Wald in Sichtweite
Schadenskostenansatz		Eine Ökosystemleistung wird über die gesellschaftlichen Schäden bewertet, die durch die Ökosystemleistung vermieden werden können	Vermiedene Gesundheitsschäden durch die Luftschadstofffilterleistung; Vermiedene Klimawandelfolgekosten durch die Treibhausgasbindung
Preis- und kostenbasierte Methoden	Marktpreisermethode	Bewertung einer Ökosystemleistung über tatsächlich gehandelte Preise für die Ökosystemleistung	Bewertung der Bereitstellung von Holz durch einen Wald über den Marktpreis für Holz
	Wiederherstellungskosten	Ausgaben für die Wiederherstellung von einem Ökosystem	Bewertung der Habitatbereitstellung eines Waldes über die Kosten der Wiederaufforstung
	Ersatzkostenmethode	Ausgaben für den technischen Ersatz einer Ökosystemleistung	Bewertung des Wasserrückhalts eines Ökosystemleistung über die Kosten für den Bau eines Wasserrückhaltebeckens

Vermeidungskostenmethode	Ausgaben für die technische Vermeidung einer Umweltbelastung	Bewertung der Luftfilterleistung eines Ökosystems über die Kosten für eine Luftfilteranlage zur Vermeidung einer Verschlechterung der Luftqualität
Substitutpreismethode	Marktpreis eines direkten Substituts für die Ökosystemleistung	Bewertung der Bodenfruchtbarkeit durch Anreicherung von Nährstoffen über den Marktpreis für synthetische Substitute dieser Nährstoffe

*Dies ist keine vollständige Aufzählung aller Methoden, die der umweltökonomischen Bewertung zur Verfügung stehen. Die Tabelle dient ausschließlich der Veranschaulichung der Vielfalt an Methoden anhand einiger weniger Beispiele.*

Zur Zusammenfassung der in diesem Kapitel diskutierten Konzepte und Methoden zur Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens eines Ökosystems dient die folgende Abbildung 2.1. Die Graphik soll aufzeigen, wie die unterschiedlichen Konzepte und Methoden miteinander zusammenhängen. Die Graphik bildet allerdings nicht alle Dimensionen der umweltökonomischen Bewertung ab. Das heißt, sie zeigt nicht alle Ökosystemleistungen, die ein Ökosystem bereitstellt und umfasst auch nicht alle Bewertungsmethoden, die der Umweltökonomie zur Verfügung stehen. Die in der Graphik dargestellte Auswahl dient ausschließlich der Illustration einzelner Zusammenhänge.



**Abbildung 2.1: Konzepte und Methoden zur Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens eines Ökosystems**  
(eigene Darstellung)

## 3 Rahmen der Analyse und Bewertung

Ziel der vorliegenden Analyse ist eine umweltökonomische Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von Aufforstungsmaßnahmen, wie sie mit der Baumpflanzaktion „Wurzeln“ der Volksbanken Raiffeisenbanken unterstützt werden, die im Jahr 2022 begonnen hat und im Rahmen derer über 1,1 Mio. Bäume finanziert worden sind<sup>3</sup>.

Die umweltökonomische Bewertung erfolgt auf Grundlage der Konzepte und Methoden, die in Kapitel 2 dargestellt sind. Der Bewertung ging eine Sichtung der Vorarbeiten, die im Rahmen des Projekts durchgeführt worden sind, sowie eine umfassende Literaturrecherche voraus.

### 3.1 Vorarbeiten und Eingrenzung

Im Vorfeld dieser umweltökonomischen Bewertung wurde bereits eine Bewertung der Klimaschutzleistung einer Wiederaufforstung in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äq pro Hektar auf Grundlage eines Wald-Wachstumsmodells berechnet (Krug, J., 2024). Für die Bestimmung der Klimaschutzleistung wurden Daten aus der Baumpflanzaktion „Wurzeln“ verwendet. Allerdings wurden Annahmen getroffen, die von der Realität der Pflanzaktion abweichen, sodass die Berechnungen Bewertung eines theoretischen Szenarios einer Wiederaufforstung darstellen. Die Vorgehensweise und die Annahmen der Vorstudie bilden einen Bewertungsrahmen, an dem die umweltökonomische Betrachtung anknüpft.

Zentral für die Analyse der Klimaschutzleistung ist die Annahme, dass die Bewertung auf Grundlage eines *virtuell wiederaufgeforsteten Hektars Mischwaldes* vorgenommen wird. Datengrundlage für die Abbildung dieses Mischwaldes stellen die Daten zu den tatsächlich gepflanzten Bäumen dar. Die Baumpflanzaktion „Wurzeln“ wird in ganz Deutschland in unterschiedlichen Waldgebieten und auf unterschiedlichen Kalamitätsflächen durchgeführt. Dabei variiert die Anzahl der gepflanzten Bäume und Baumarten sowie die jeweils daraus resultierende aufgeforstete Fläche. Folglich unterscheiden sich auch die biophysikalischen Standortbedingungen, die auf das Wachstum und damit die Klimaschutzleistung der Bäume Einfluss nehmen. Die Klimaschutzleistung kann sich daher zwischen den unterschiedlichen Standorten und gepflanzten Bäumen stark unterscheiden und ist außerdem davon abhängig, wie sich diese Flächen ohne die Pflanzaktion entwickelt hätten. In der Vorstudie wird darauf verwiesen, dass eine derartige Differenzierung der Analyse den Rahmen der Untersuchung überschreiten würde (Krug, J., 2024). Daher leitete Krug (2024) auf Grundlage von verallgemeinernden Annahmen und mithilfe der verfügbaren Daten eine Mischwaldfläche her, die die aggregierte Gesamtfläche und die Baumartenzusammensetzung der Baumpflanzaktion „Wurzeln“ darstellen sollte und zur Berechnung der Klimaschutzleistung pro Hektar genutzt wurde. Zur Herleitung der Größe der virtuellen Mischwaldfläche wurde ein Datensatz verwendet, der 603.682 gepflanzte Bäume<sup>4</sup> erfasst und mit Informationen zur Stammzahl pro Hektar aus der Bundeswaldinventur III verrechnete. Im Ergebnis wurde somit eine Fläche von 560 Hektar mit 1.076 Bäumen pro Hektar bestimmt (Krug, J., 2024).

<sup>3</sup> Von den 1.1 Mio. finanzierte Bäumen sind noch nicht alle gepflanzt worden. Die Bewertung bezieht sich allerdings auch nicht auf die 1.1 Mio. Bäume, sondern auf eine kleinere und bereits gepflanzte Teilmenge (siehe Kapitel 3.1).

<sup>4</sup> Dies stellt die Anzahl der gepflanzten Bäume bis Mitte des Jahres 2024 dar. Im Rahmen der Klima-Initiative „Morgen kann kommen“ und der Baumpflanzaktion „Wurzeln“ wurden aber bisher 1.1 Mio. Bäume gepflanzt – also fast doppelt so viele Bäume (BVR, 2024). Bei der Berechnung des gesellschaftlichen Nutzens werden die Ergebnisse für die Hektarfläche (560 ha) hochgerechnet, von der auch die Vorstudie von Krug (2024) ausging, und somit nicht die gesamte Baumpflanzaktion abbildet.

Die Annahme einer *virtuellen wiederaufgeforsteten Mischwaldfläche* wird in der vorliegenden Analyse für die umweltökonomische Bewertung übernommen. Das heißt, der virtuelle Hektar Mischwald, gepflanzt auf einer Kalamitätsfläche, die ansonsten nicht wieder aufgeforstet worden wäre, ist die verwendete Untersuchungseinheit der umweltökonomischen Bewertung. Der gesellschaftliche Nutzen wird somit im Vergleich zu einem Szenario berechnet, indem es diese Mischwaldfläche *nicht* gäbe und die Fläche als Brach- oder Grünland (fort)bestehen würde. Regionale oder lokale Unterschiede im gesellschaftlichen Nutzen werden dabei auch nicht berücksichtigt. Diese Unterschiede könnten allerdings eine große Wirkung auf den Umfang des jeweiligen regionalen gesellschaftlichen Nutzens haben, da zahlreiche Ökosystemleistungen, die sich durch eine Wiederaufforstung ergeben, nicht nur von den biophysikalischen Standortbedingungen, sondern auch vom sozialen und sozioökonomischen Kontext in der Region abhängig sind und auf einer lokalen bzw. regionalen Ebene wirken.

Der *Betrachtungszeitraum von 30 Jahren*, der in der Studie zur Bewertung der Klimaschutzleistung festgelegt worden ist, wird auch für die umweltökonomische Bewertung der Wiederaufforstung übernommen. Der Autor der vorangegangenen Studie begründet diesen zeitlichen Rahmen damit, dass auf Grundlage dieses Rahmens belastbare Aussagen über die Klimaschutzleistung getroffen werden können. Zwar wird darauf hingewiesen, dass die Klimaschutzleistung der Bäume über 50 oder 100 Jahre anhält und über diesen Zeitraum auch zunimmt, ein noch längerer Betrachtungszeitraum jedoch zusätzliche Annahmen und Berechnungen hinsichtlich Ausdünnung des Bestandes und langfristigerer klimatischer Entwicklungen verlangen würde. Diese zusätzlichen Analyse-schritte waren im Rahmen des Projekts nicht möglich (Krug, J., 2024). Aus umweltökonomischer Perspektive lässt sich der festgelegte Zeitraum außerdem dadurch begründen, dass sich über die Jahrzehnte sozioökonomische und -kulturelle Entwicklungen ergeben können, die auf die Bewertung einen großen Einfluss nehmen und diese gegenüber dem hier dargestellten Stand verändern würden. Im Rahmen der hier durchgeführten Bewertung können derartige Entwicklungen nicht abgebildet werden. Das heißt, die Unsicherheit der Ergebnisse in Abhängigkeit von solchen gesellschaftlichen Entwicklungen nimmt mit der Länge des Betrachtungszeitraums zu. Somit sind die Ergebnisse für einen Zeitraum von 30 Jahren belastbarer als die Ergebnisse für längere Zeiträume von beispielsweise 50 bis 100 Jahren, können jedoch nur eine Untergrenze der tatsächlichen Nutzenwerte abbilden.

Darüber hinaus wird hier die Wachstumsphase und die analoge Entwicklung der Ökosystemleistungen im Rahmen der umweltökonomischen Bewertung vernachlässigt. Ein junger bzw. heranwachsender Wald stellt die Ökosystemleistungen nicht im selben Umfang bereit wie ein ausgewachsener Wald. Das heißt, zur Bestimmung der Nutzenflüsse über die ersten 30 Jahre müssten Entwicklungskurven der einzelnen Ökosystemleistungen vorliegen. Im Rahmen der Vorstudie zur Bewertung der Klimaschutzleistung wurde dies für die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Äq-Speicherung über ein Wachstumsmodell berücksichtigt. Für die weiteren Ökosystemleistungen liegen solche wachstumsbezogenen Modelle nicht vor. Folglich wird davon ausgegangen, dass die Ökosystemleistungen ab dem Zeitpunkt der Wiederaufforstung konstant über die 30 Jahre hinweg bereitgestellt werden können<sup>5</sup>. Die Bewertung der weiteren Ökosystemleistungen erfolgt demnach nicht auf Basis eines heranwachsenden virtuellen Mischwaldes, sondern auf Grundlage eines virtuellen und wiederaufgeforsteten Mischwaldes im Durchschnittsalter. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da keine Entwicklungsmodelle zur Beschreibung der Entwicklung der bereitgestellten Waldökosysteme über die Zeit vorlagen. Darüber hinaus lässt sich diese vereinfachte Vorgehensweise auch

---

<sup>5</sup> Im Anhang findet sich eine alternative Berechnung, die auf der Annahme beruht, dass sich sowohl die Luftfilterleistung als auch der kulturelle Nutzen für das Landschaftsbild über den Betrachtungszeitraum linear entwickeln und erst mit Ende der 30 Jahre die entsprechenden Ökosystemleistungen ihre vollen Umfänge erreichen.

damit rechtfertigen, dass die Phase, in der sich die Ökosystemleistungen analog zum Wachstum erst noch schrittweise entwickeln, im Vergleich zum gesamten Lebenszyklus eines Waldes vernachlässigbar ist. Eine Bewertung der Wachstumsphase allein würde somit zu einer systematischen Unterschätzung des gesellschaftlichen Nutzens einer wiederaufgeforsteten Waldfläche führen.

Die in dieser Studie berechneten Ergebnisse gelten ausschließlich für diesen Bewertungsrahmen. Sie können den tatsächlichen Wert der wiederaufgeforsteten Flächen folglich nicht vollständig abbilden, bieten jedoch eine richtungssichere Annäherung an den gesellschaftlichen Wert einer entsprechenden Wiederaufforstung. Die Ergebnisse lassen sich auch nicht zur Bewertung eines tatsächlichen Waldgebiets oder des gesamten Waldgebiets in Deutschland verwenden.

## 3.2 Vorgehensweise und Materialien

Neben der Weiterverarbeitung der Ergebnisse der Studie zur Bewertung der Klimaschutzleistung eines wiederaufgeforsteten Mischwaldes (Krug, J., 2024) wurde außerdem eine Literaturrecherche zu Bewertungsstudien hinsichtlich der Ökosystemleistungen von Wäldern durchgeführt. Mithilfe der Literaturrecherche sollten Bewertungsmethoden und monetäre Werte identifiziert werden, die zur Bewertung der Wiederaufforstung herangezogen werden können. Bei einer einfachen Wertübertragung (im engl. Unit Benefit Transfer) werden die Durchschnittswerte aus den Primärstudien auf das Fallbeispiel übertragen. Um sicherzustellen, dass die Werte übertragbar sind, wurde die Literaturrecherche daher auf Studien aus Deutschland fokussiert. In einzelnen Fällen wurden weitere Studien aus Nachbarstaaten bzw. -regionen herangezogen, um zu überprüfen, ob außerhalb Deutschlands umweltökonomische Bewertungen bestimmter Ökosystemleistungen vorliegen, die für eine Bewertung der Waldflächen in Deutschland relevant sein könnten.

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden die Datenbank von Förster et al. (2019) und die darauf aufbauende Datenbank von Johnson et al. (unveröffentlicht)<sup>6</sup> verwendet. Beide Datenbanken beinhalten eine umfangreiche Sammlung von Bewertungsstudien, die vor allem in Deutschland durchgeführt worden sind. Letztere (Johnson et al., unveröffentlicht) wurde vom IÖW explizit zur Erfassung von monetären Bewertungen von Wäldern und Mooren in Deutschland erstellt. Darüber hinaus wurde außerdem die Ecosystem Services Database (ESVD) – die weltweit größte und aktuellste Datenbank zu Bewertungen von Ökosystemleistungen – nach geeigneten Bewertungsstudien durchsucht (Brander et al., 2024). Um die Recherche einzugrenzen, wurden ausschließlich die Dateneinträge für das Ökosystem Wald und die Region Europa gefiltert heruntergeladen und anschließend ausgewertet.

Zusätzlich zur Auswertung der umweltökonomischen Fachliteratur zur Bewertung von Wäldern wurde die Methodenkonvention des Umweltbundesamts (UBA) für die Bewertung der Ökosystemleistungen des virtuellen wiederaufgeforsteten Mischwalds herangezogen (Matthey et al., 2024, Matthey & Bünger, 2020). Die UBA Methodenkonvention ist eine Sammlung von Schadenskosten zur Bewertung anthropogen verursachter Emissionen und Umweltwirkungen. Diese Schadenskostensätze werden teilweise auch für unterschiedliche Wirtschaftssektoren (z.B.: Verkehr und Landwirtschaft) differenziert aufbereitet. Die Methodenkonvention wird regelmäßig in Zusammenarbeit

<sup>6</sup> Es handelt sich bei dieser Quelle um einen Endbericht Forschungsprojekts zur Bewertung der Renaturierung von Wäldern und Mooren, das durch das BfN mit Mitteln des BMUVs gefördert wird (FKZ: 3522810400). Der Bericht ist bereits erstellt und wurde bereits gegengeprüft. Eine Veröffentlichung ist im ersten Quartal 2025 geplant. Für weitere Informationen zum Projekt siehe: [https://www.ioew.de/projekt/oekonomische\\_analysen\\_zum\\_nutzen\\_der\\_wiederherstellung\\_degradierter\\_oekosysteme](https://www.ioew.de/projekt/oekonomische_analysen_zum_nutzen_der_wiederherstellung_degradierter_oekosysteme)

mit renommierten wissenschaftlichen Instituten überprüft und überarbeitet. Der wahrscheinlich prominenteste Schadenskostensatz in der Methodenkonvention sind die Klimakosten pro emittierter Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Sie bilden die marginalen gesellschaftlichen Schäden ab, die durch eine zusätzlich emittierte Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent entstehen. Aktuell werden diese im Rahmen der Methodenkonvention auf 300 €<sub>2024</sub>/tCO<sub>2</sub>Äq geschätzt (Matthey et al., 2024). Neben den Schadenskosten für Treibhausgase finden sich darin außerdem auch Umweltkosten für Luftschadstoff- und Nährstoffemissionen. Die Schadenskosten zur Bewertung von Luftschadstoffen bilden vor allem die Gesundheitsbelastung durch Luftschadstoffe ab. Die Umweltkosten der Nährstoffemissionen basieren dagegen auf einer Schätzung der Schäden an aquatischen Ökosystemen, die mit einer Nährstoffüberlastung der Gewässer einhergehen.

### 3.3 Anpassung der monetären Werte und Berechnung des Barwerts

Die verwendeten Werte aus der Literatur stammen aus unterschiedlichen Jahren und müssen auf ein Referenzjahr angepasst werden. Dieses Referenzjahr stellt den Ausgangspunkt für die Berechnung des Barwerts des gesellschaftlichen Nutzens dar. Als Referenzjahr wurde das Jahr 2023 festgelegt, da zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts die zur Anpassung notwendigen öffentlich zugänglichen Statistiken für das Jahr 2023, allerdings noch nicht für 2024, vorlagen. Entscheidend für die Anpassung der Werte ist der Verbraucherpreisindex des Statistischen Bundesamts zur Inflationsbereinigung sowie das jährliche Bruttoinlandprodukt für die Anpassung der Werte an die Veränderung des Einkommensniveaus. Bei der Übertragung von monetären Werten aus dem Ausland müssen außerdem auch Unterschiede in der Kaufkraft berücksichtigt werden. Eine Umrechnung der monetären Werte in Euro war dagegen nicht notwendig, da Bewertungsstudien außerhalb des Euroraums nicht berücksichtigt wurden. Die Vorgehensweise zur Anpassung der monetären Werte ist in Abbildung 3.2 dargestellt. Sie orientiert sich an den methodischen Empfehlungen zur Anpassung monetärer Werte aus Best et al. (2019).

**Inflationsbereinigung**

$$W_{VPI} = W_{Studie} * \left( \frac{VPI_{2023}}{VPI_{t-Studie}} \right)$$

$W_{VPI}$ : Inflationsbereinigter Wert

$W_{Studie}$ : Wert aus der Studie

$VPI_{2023}$ : Verbraucherpreisindex im Jahr 2023

$VPI_{t-Studie}$ : Verbraucherpreisindex im Erhebungsjahr der Studie

**Wenn der Wert aus dem Euro-Ausland stammt (vor Inflationsbereinigung):**

$$W_{PPP} = W_{Studie} * \left( \frac{PPP_{DE}}{PPP_{Land-Studie}} \right)$$

$W_{PPP}$ : Kaufkraftbereinigter Wert

$W_{Studie}$ : Wert aus der Studie

$PPP_{DE}$ : Kaufkraftparität im Erhebungsjahr in Deutschland

$PPP_{Land-Studie}$ : Kaufkraftparität im Erhebungsjahr im Land der Studie

**Wenn der Wert Zahlungsbereitschaften darstellt:**

$$W_{BIP} = W * \left( \frac{BIP_{2023}}{BIP_{t-Studie}} \right)^e$$

$W_{BIP}$ : Einkommensniveaubereinigter Wert

$W$ : (kaufkraft – und) inflationsbereinigter Wert

$BIP_{2023}$ : Bruttoinlandprodukt in Deutschland im Jahr 2023

$BIP_{t-Studie}$ : Bruttoinlandprodukt in Deutschland im Erhebungsjahr der Studie

$e$ : Einkommenselastizität der Zahlungsbereitschaft = 0,85 (aus Best et al., 2019)

**Abbildung 3.2: Vorgehensweise zur Anpassung der monetären Werte**

Der Barwert des gesellschaftlichen Nutzens ist die Summe der Gegenwartswerte der jährlichen Nutzenflüsse, die sich durch die wiederaufgeforstete Mischwaldfläche und die damit zusammenhängende Bereitstellung von Ökosystemleistungen über den Betrachtungszeitraum ergeben. Das heißt, der Barwert stellt den Wert des wiederaufgeforsteten Mischwaldes über 30 Jahre in heutigen Geldeinheiten dar. Zur Berechnung des Barwertes muss eine geeignete Abzinsungsrate gewählt werden, um den heutigen Wert der zukünftigen Nutzenflüsse bzw. Zahlungen zu bestimmen. In der Umweltökonomie ist es üblich, unterschiedliche Abzinsungsraten zu verwenden, um dadurch unterschiedliche Annahmen über die Gewichtung des zukünftigen Nutzens abzubilden. Dabei ist zu beachten, dass die zukünftigen Nutzenflüsse mit zunehmender Abzinsungsrate gegenüber der Gegenwart und näheren Zukunft stärker abgewertet werden. Im Rahmen dieser Studie wurden die Berechnungen mit Abzinsungsraten von 1%, 3% und 5% durchgeführt. Die untere Grenze der Abzinsungsrate soll dabei eine die Interessen zukünftiger Generationen stärker berücksichtigende gesellschaftliche Zeitpräferenz, die höheren Abzinsungsraten dagegen gängige Markttraten, bzw. weniger zukunftsensible gesellschaftliche Zeitpräferenzen darstellen.

## 4 Die umweltökonomische Bewertung der Wiederaufforstung

Deutschland ist eines der walddreichsten Länder Europas. Die gesamte Waldfläche in Deutschland liegt bei circa 11,5 Mio. Hektar (BMEL, 2024b). Fast ein Drittel der deutschen Landesfläche ist bewaldet und Wälder sind somit – nach der landwirtschaftlich genutzten Fläche – das flächenmäßig relevanteste Ökosystem in Deutschland.

Die verschiedenen Waldökosystemleistungen sowie deren Bewertung in der Literatur werden in diesem Kapitel dargestellt. Dabei wird nicht die gesamte Literatur zur Waldbewertung in Deutschland diskutiert. Vielmehr werden anhand ausgewählter Studien die Waldökosystemleistungen und deren Bewertung illustriert. Darüber hinaus wird explizit darauf eingegangen, wie in der Literatur der Waldzuwachs bewertet wurde bzw. wie dieser auf Grundlage der vorliegenden Studien bewertet werden kann. Anschließend wird eine umweltökonomische Bewertung von Baumpflanzungen auf Grundlage des Bewertungsrahmen (Kapitel 3) durchgeführt.

### 4.1 Ökosystemleistungen des Waldes

Wälder in Deutschland stellen der Gesellschaft versorgende, regulierende und kulturelle Ökosystemleistungen bereit. Dabei ist die Versorgung mit Holz zwar eine wichtige aber nicht die einzige oder relevanteste Waldökosystemleistung.

#### ***Versorgende Waldökosystemleistungen***

Der jährliche Holzeinschlag lag im Jahr 2023 bei circa 70,6 Mio. Kubikmetern (BMEL, 2024a). Neben der Bereitstellung von Holz versorgen Wälder die Gesellschaft mit weiteren pflanzlichen und tierischen Rohmaterialien und Produkten. So sind Wälder Habitate für Wildtiere, die wiederum in Deutschland gejagt und verzehrt werden dürfen (Schulp et al., 2014). In der Saison 2022/2023 wurden nach Angaben des Deutschen Jagdverbands (2024) über 25.000 Tonnen Wildfleisch in Deutschland verwertet. Außerdem wachsen in Wäldern auch Beerenfrüchte und Pilze, die für den Nahrungsmittelkonsum geerntet und weiterverarbeitet werden (Bastian et al., 2017). Eine weitere wichtige Versorgungsleistung der Wälder ist die Grund- und Trinkwasserbereitstellung. Waldböden fangen Regenwasser auf, sodass sich das Grundwasser im Boden anreichern kann. Darüber hinaus sind Waldböden weniger stark durch Nährstoffeinträge über Düngemittelzufuhr belastet als beispielsweise Ackerböden. Sie können Nähr- oder Schadstoffe im Boden binden und abbauen. Somit trägt der Wald dazu bei, dass das unter Waldgebieten neugebildete Grundwasser als Trinkwasser verwendet werden kann (Siebert, 2014; Hampicke & Schäfer, 2021).

#### ***Regulierende Waldökosystemleistungen***

Der Wasser- und Nährstoffrückhalt durch den Waldboden tragen nicht nur zur Grundwasserneubildung und Trinkwasserversorgung bei, sondern sind gleichzeitig auch wichtige regulierende Ökosystemleistung des Waldes. Der Wasserrückhalt des Waldbodens kann beispielsweise für hochwassergefährdete Regionen eine Schutzfunktion darstellen, sodass zusätzliche technische Schutzmaßnahmen eingespart werden können (Bastian et al., 2017). Der Nährstoffrückhalt trägt wiederum dazu bei, dass aquatische Ökosysteme weniger stark durch Nährstoffeinträge belastet werden (Sieberth, 2014; Johnson et al., unveröffentlicht). Eine überhöhte Nährstoffbelastung der

aquatischen Ökosysteme kann zu Eutrophierung von Gewässern führen. Eutrophierung führt wiederum zu einem Verlust an aquatischer Biodiversität und beeinträchtigt auch die freizeitliche Nutzung der betroffenen Gewässer.

Zu den aktuell prominentesten regulierenden Leistungen der Wälder gehört die Bindung von Kohlenstoff und die damit zusammenhängende Klimaschutzleistung. Durch den Waldzuwachs, die Lagerung von Totholz und die Anreicherung im Waldboden wird Kohlenstoff im Wald gespeichert und somit der Atmosphäre entzogen. Außerdem bleibt der Kohlenstoffspeicher nach der Holzernte und der Weiterverarbeitung in den Holzprodukten (zumindest über ihre Lebensdauer hinweg) bestehen. Aber auch als Energieträger kann Holz dazu beitragen, klimaschädlichere Energiequellen zu substituieren (Elsasser et al., 2020).

Neben der Bindung von Kohlenstoff nehmen Wälder auch Einfluss auf die Luftqualität. Durch die Ablagerung von Feinstaubpartikeln auf den Blättern der Waldbäume reduzieren Wälder die Konzentration von Schadstoffen in der Luft und verbessern damit die Luftqualität, was sich wiederum positiv auf die Gesundheit der Menschen in ihrer Umgebung auswirkt (Nowak et al., 2014).

Wälder haben auch einen Kühlungseffekt auf das lokale bzw. regionale Mikroklima. Vor allem über Verdunstungseffekte können Wälder lokal Hitzebelastungen reduzieren und der Austrocknung von Böden entgegenwirken (Ibisch et al., 2021). Im ländlichen Raum kann sich dies positiv auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Böden auswirken. Im urbanen Raum trägt die Abkühlung der Luft durch Stadtwälder und daraus hervorgehende Kaltluftströme vor allem zur Reduktion der mit Hitze einhergehenden Gesundheitsbelastung der Bevölkerung bei.

Zu den regulierenden Leistungen der Wälder in Siedlungsgebieten gehört darüber hinaus auch der Lärmschutz. Wälder können wie Lärmschutzwände wirken und den Umgebungslärm – vor allem Verkehrslärm – dämpfen oder abschirmen (Liu et al., 2019). Dies wirkt sich wiederum positiv auf die Lebensqualität und die Gesundheit der Anwohner\*innen in den lärmgeschützten Gebieten aus.

In bergigen Regionen können Wälder außerdem eine weitere Schutzfunktion wahrnehmen, indem sie die Gefahr und Schäden durch Steinschläge, Erdbeben oder Lawinen vermindern (Accastello et al., 2019). Einerseits können Wälder die Böden stabilisieren, sodass es seltener zu Erdbeben oder Steinschlägen kommt. Andererseits können sie bei Eintritt eines solchen Ereignisses gegebenenfalls als Schutzwall funktionieren.

### ***Kulturelle Waldökosystemleistungen***

Wälder sind wichtige Erholungsorte. Die Wälder in Deutschland werden jährlich circa 2,3 Milliarden Mal besucht - daraus ergeben sich im Durchschnitt ungefähr 28 Waldbesuche pro Person pro Jahr (WaSEG, 2023). Dies unterstreicht die kulturelle Bedeutung des Waldes für die Gesellschaft. Diese kulturelle Bedeutung ergibt sich allerdings nicht nur aus der Erholung. Weitere Aspekte, wie zum Beispiel die ästhetische Wirkung auf das Landschaftsbild, das Erleben der Artenvielfalt in Wäldern, aber auch der Wald als Bildungsort und Forschungsobjekt lassen sich als die kulturellen Ökosystemleistungen der Wälder in Deutschland beschreiben. Die kulturellen Leistungen der Wälder wirken sich vor allem auf das psychische und physische Wohlergehen aus und haben darüber hinaus auch direkte Wirkungen auf die Wirtschaft – zum Beispiel durch Tourismus oder.

### **Unterstützende Waldleistungen**

Wälder können die bisher beschriebenen Ökosystemleistungen in vollem Umfang nur dann erbringen, wenn sie intakt und gesund sind. Die Gesundheit oder Qualität der Ökosysteme stehen in enger Wechselwirkung mit den unterstützenden Leistungen der Wälder, zu denen die Habitatfunktion und die Biodiversität zählen. So deuten Studien darauf hin, dass Ökosystemleistungen – vor allem regulierende und kulturelle – umfassender und stabiler bereitgestellt werden, wenn das Ökosystems eine größere biologische Vielfalt aufweist (Cardinale et al., 2012). Die biologische Vielfalt beschreibt dabei nicht nur die Anzahl unterschiedlicher Arten, sondern auch die genetische Vielfalt innerhalb der Arten und die Vielfalt der Funktionen, die durch die unterschiedlichen Arten wahrgenommen werden (CBD, 1992). Sie ist selbst wiederum auch von der Habitatfunktion der Ökosysteme abhängig, die die biotischen und abiotischen Strukturen der Ökosysteme zusammenfasst (Bartkowski et al., 2015). Strukturell vielfältige, hochwertige Habitate begünstigen eine höhere Biodiversität. Daraus lässt sich ableiten, dass naturnahe Mischwälder eine höhere biologische Vielfalt aufweisen als intensiv bewirtschaftete monokulturelle Wälder und somit auch Ökosystemleistungen in erhöhter Qualität und Quantität erbringen können.

## 4.2 Die umweltökonomische Bewertung der Waldökosystemleistungen

In der folgenden Tabelle 4.2 werden umweltökonomische Bewertung der bisher beschriebenen Waldökosystemleistungen aus der Literatur dargestellt. Es konnten nicht für alle der genannten Ökosystemleistungen geeignete Bewertungsstudien identifiziert werden. Alle Werte wurden, wie in Kapitel 3.3 beschrieben, auf das Jahr 2023 angepasst. Die monetären Einheiten wurden auf die Flächengröße des betrachteten Ökosystems bezogen und in Werte pro Hektar pro Jahr umgerechnet. Dies war aufgrund fehlender Daten oder aufgrund der konkreten Bewertungsfrage innerhalb der Studie nicht für alle Werte möglich.

**Tabelle 4.2: Beispiele der umweltökonomischen Bewertung unterschiedlicher Waldökosystemleistungen aus der Literatur**

Quelle	Betrachtetes Ökosystem	Ökosystemleistung	Monetärer Wert (in € <sub>2023</sub> )	Erläuterung zur Bewertung
<b>Versorgende Leistungen</b>				
Elsasser et al. (2020)	Wälder in Deutschland (allgemein)	Holz als Rohstoff	<b>738,3 €/ha/a</b>	Marktpreismethode: Durchschnittliche nach Holzarten gewichtete Bruttoerlöse
Schulp et al. (2014)	Deutsche Wälder (allgemein)	Wildfleisch	<b>11,4 €/ha/a</b>	Marktpreismethode: Marktwert des geschossenen Wildfleisches bezogen auf die gesamte Waldfläche in Deutschland
Bastian et al. (2019)	Tschechische Wälder	Pilze	<b>33,67 €/ha/a</b>	Marktpreismethode: Marktpreis der gesammelten Pilze bezogen auf die gesamte Waldfläche in Tschechien

**Regulierende Leistungen**

Elsasser et al. (2020)	Wälder in Deutschland (allgemein)	Kohlenstoffspeicherung	<b>224,7 €/ha/a</b>	Marktpreismethode: Der Durchschnittspreis der EU-ETS Zertifikate im Jahr 2018 ( $\approx 19,5$ €) und die durchschnittliche Kohlenstoffspeicherung der Wälder in Deutschland ( $\approx 9,69$ t/ha/a)
Aevermann & Schmude (2015)	Stadtwald im Schlosspark Nymphenburg, München	Luftschadstofffilterung	<b>4.061,9 €/ha/a</b>	Benefit Transfer: Übertragung der Kosten für die medizinische Behandlung von Lungenerkrankungen (Schadenskosten) aus dem US-Gesundheitssystem auf Deutschland zur Bewertung der gefilterten Menge an Luftschadstoffen durch Stadtwald (Insgesamt circa, 14,81 t auf circa 120 ha)
Sieberth (2014)	Waldfläche in der Region Remscheid	Nährstoffrückhalt	<b>749,8 €/ha/a</b>	Ersatzkostenmethode: Anwendung der Ausgaben für die technische Filterung von Nitrat zur Aufbereitung von Trinkwasser
Bastian et al. (2017)	Waldflächen im Erzgebirge	Wasserrückhalt	<b>371,3 €/ha</b>	Ersatzkostenmethode: Anwendung der Ausgaben für ein Wasserrückhaltebecken mit dem Rückhaltevermögen (500.000 m <sup>3</sup> über 8h) des Waldbodens bei einem Flutereignis.
Accastello et al. (2019)	Waldfläche in den Italienischen Alpen	Schutz vor Steinschlag	<b>1.220,1 €/ha/a</b>	Ersatzkostenmethode: Anwendung der Ausgaben für den technischen Schutz, der einen Steinschlag um die gleiche Menge an kinetischer Energie ( $\approx 2.519$ KJ) abmindern könnte wie die Waldfläche
Sieberth (2014)	Waldfläche in der Region Remscheid	Lärmschutz	<b>88,5 €/ha/a</b>	Benefit Transfer: Anwendung der Ergebnisse einer hedonischen Analyse zu Immobilienpreise und ihrer Abhängigkeit von der Stärke des Umgebungslärms. Dabei wurde mithilfe von Literaturwerten und einer GIS-Analyse geprüft, wie stark der Umgebungslärm durch die Waldfläche im Vergleich zu Freiflächen reduziert wird (-11 dbA) und wie viele Immobilien davon profitieren (Vermeidene Schäden).

**Kulturelle Leistungen**

Elsasser et al. (2020)	Wälder in Deutschland (allgemein)	Erholungsnutzen	<b>367,2 €/ha/a</b>	Zahlungsbereitschaft: Repräsentative kontingente Bewertung zur Wertschätzung der Walderholung und des Waldbesuchs. Die Befragten wurden dabei gefragt, wie viel sie bereit wären, für einen Waldbesuch zu zahlen, wenn in Deutschland Eintrittsgelder für den Besuch von Wäldern verlangt werden würden. Der monetäre Wert stellt die jährliche Zahlungsbereitschaft für
------------------------	-----------------------------------	-----------------	---------------------	--

Waldbesuche dar, die über die auf Gemeindeebene aggregierten Zahlungsbereitschaften für den Besuch der lokalen/regionalen Wälder gemittelt worden ist.

Hirschfeld & Sagebiel (2021)	Wälder in Deutschland (allgemein)	Kulturelle Wertschätzung des Landschaftsbilds	<b>105,2 €/Person/a</b>	Zahlungsbereitschaft: Repräsentatives Choice Experiment zu unterschiedlichen Szenarien der Landschaftsgestaltung, wobei der Anteil der Waldfläche in Deutschland ein Attribut der Szenarien darstellt. Der monetäre Wert ist die jährliche Zahlungsbereitschaft für eine Vergrößerung der Waldfläche um 10 Prozent. Die Zahlungsbereitschaft ist stark abhängig von regionalen Unterschieden in der Ausstattung mit Waldfläche. Daher stellt dieser Wert nur einen ungefähren bundesweiten Durchschnittswert dar.
------------------------------	-----------------------------------	---	-------------------------	---

### Unterstützende Leistung

Elsasser et al. (2020)	Wälder in Deutschland (allgemein)	Biodiversität: Waldvogelabundanz	<b>90.995.612 €/Indikatorpunkt/a</b>	Zahlungsbereitschaft: Repräsentatives Choice Experiment zu unterschiedlichen Naturschutzszenarien im Wald, wobei die Waldvogelabundanz, gemessen über den BfN Indikator zur Artenvielfalt und Landschaftsqualität, ein Attribut des Szenarios darstellt. Der monetäre Wert ist die jährliche Zahlungsbereitschaft für eine deutschlandweite Erhöhung des Waldvogelindikators um einen Punkt.
Elsasser et al. (2020)	Wälder in Deutschland (allgemein)	Biodiversität: Laub- und Nadelwaldanteil	<b>1.579.867.755 €/a</b>	Zahlungsbereitschaft: Repräsentatives Choice Experiment zu unterschiedlichen Naturschutzszenarien im Wald, wobei der (prozentuale) Laub- und Nadelwaldanteil ein Attribut des Szenarios darstellt. Der monetäre Wert ist die jährliche Zahlungsbereitschaft für ein Verhältnis von 75:25. Diese Zahlungsbereitschaft ist aber stark abhängig von den regionalen Waldstrukturen und ist daher nur als ungefähre Durchschnittswert zu interpretieren. Für Regionen mit einem höheren Nadelwaldanteil stellt dieser Wert folglich eine Unterschätzung, für Regionen mit höherem Laubwaldanteil eine Überschätzung dar.
Schwepe-Kraft et al. (unveröffentlicht)	Wälder in Deutschland	Habitatbereitstellung durch naturnahe Wälder	<b>4.304,0 €/ha/a</b>	Benefit Transfer: Anwendung der Zahlungsbereitschaft für ein Naturschutzprogramm die im Rahmen einer repräsentativen Kontingenten Bewertungsstudie erhoben worden ist. Die Zahlungsbereitschaft wird dabei auf Biotopwertpunkte (ein Maß der Qualität der Biotope) bezogen. Mithilfe dieses monetären

Wertes lassen sich beispielsweise strukturelle Veränderungen in Wäldern (z.B.: der Baumartenzusammensetzung, des Baumalters, des Totholzanteils), die eine Änderung der Biotopwertpunkte mitbringen, umweltökonomisch bewerten. Der hier aufgeführte Wert ergibt sich aus dem Vergleich eines jungen naturnahen Walds (13,5 Punkte) und einer vegetationslosen Freifläche (0 Punkte).

## 4.3 Eine umweltökonomische Bewertung einer Wiederaufforstung

Die umweltökonomische Bewertung der Wiederaufforstung erfolgt auf Grundlage des in Kapitel 3.1 beschriebenen virtuellen und wiederaufgeforsteten Mischwalds mit einer Flächengröße von 560 ha. Im Rahmen des Projekts konnten auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Daten und Studien die folgenden Ökosystemleistungen bewertet werden:

- **Kohlenstoffbindung bzw. Klimaschutzleistung** (regulierende Ökosystemleistung): Für die Festlegung des Kohlenstoffspeichers wurden die Berechnungen aus der Vorstudie „Klima-Initiative ‚Morgen kann kommen‘ der Volksbanken Raiffeisenbanken: Eine Bewertung der Klimaschutzleistung“ herangezogen (Krug, J., 2024). Krug (2024) schätze im Rahmen seiner Studie die Klimaschutzleistung der Wiederaufforstungsmaßnahmen auf 9,4 t CO<sub>2</sub>-Äq/ha/a<sup>7</sup>. Dieser Wert wurde anschließend über die Schadenskosten der UBA Methodenkonvention monetarisiert (Matthey et al., 2024). Die Schadenskosten bilden (globale) Klimafolgeschäden an der Landwirtschaft, Infrastruktur, Energieverbrauch und Gesundheit ab. Für das Jahr 2024 liegt der Wert bei 300 €/t-CO<sub>2</sub><sup>8</sup> (ebd.). Dieser Wert wurde – den Vorgaben des UBA folgend – auf das Jahr 2023 extrapoliert. Der Wert für das Jahr 2023 liegt somit bei 297,2 €/t-CO<sub>2</sub>. Der monetäre Wert, der sich aus der umweltökonomischen Bewertung unter Anwendung dieser Schadenskosten ergibt, bildet somit die Höhe der vermiedenen Klimafolgeschäden ab, die durch die zusätzliche Speicherung von Kohlenstoff vermieden werden können.

<sup>7</sup> Die im Rahmen der Vorstudie berechnete Klimaschutzleistung wurde auf Grundlage der dritten Bundeswaldinventur und dem Wachstumsmodell der Ecosystem Value Alliance Foundation bestimmt. Die Kohlenstoffspeicherung wird über eine Zeithorizont von 30 Jahren berechnet. Sie berücksichtigt die Baumartenzusammensetzung der Pflanzaktion und die ober- und unterirdische Kohlenstoffspeicherung. Im Rahmen der Studie wird ausschließlich das Wachstum der Bäume betrachtet, da davon ausgegangen wird, dass die Bäume während des Betrachtungszeitraums dem Wald nicht entnommen werden. Das heißt die nachgelagerte Klimaschutzleistung aus der Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten oder aus der Substitution fossiler Energieträger durch die energetische Nutzung von Holz anstatt fossilen Energieträgern werden nicht berücksichtigt. (Krug, J., 2024) Der berechnete Wert wurde mit den Ergebnissen und Berechnungen aus Elsasser et al. (2020) verglichen. In dieser Studie wird eine Klimaschutzleistung von 9,69 t/CO<sub>2</sub>-Äq/ha berechnet und liegt somit in einer vergleichbaren Größenordnung wie der Wert aus Krug, J (2024). Der Autor verwendet dabei auch die Daten der dritten Bundeswaldinventur. Die Berechnung der Klimaschutzleistung umfasst allerdings nicht nur den Waldspeicher, sondern auch den Holzproduktspeicher und den Substitutionseffekt des Holzes. Gleichzeitig berücksichtigen Elsasser et al. (2020) nur die oberirdische Biomasse bei der Berechnung der Klimaschutzleistung.

<sup>8</sup> Dieser Wert wird unter der Annahme einer Zeitpräferenzrate von 1% berechnet. Das UBA empfiehlt die Nutzung dieser Schadenskosten, wenn der heutige Wohlstand stärker gewichtet wird, als der Wohlstand zukünftiger Generationen. Bei einer Gleichgewichtung des zukünftigen und heutigen Wohlstands liegen die Schadenskosten für das Jahr 2024 bei 880 €/t-CO<sub>2</sub>. (Matthey et al., 2024)

- **Luftfilterleistung** (regulierende Ökosystemleistung): Zur Festlegung der Filterleistung des virtuellen Mischwaldes wurden Literaturwerte aus Nowak et al. (2014) herangezogen. In dieser Primärstudie wird die Filterleistung von Wäldern im urbanen und ländlichen Raum der USA für unterschiedliche Luftschadstoffe berechnet. Zur Quantifizierung der Luftfilterleistung in dieser Studie wurden die Filterwerte der Wälder im ländlichen Raum herangezogen. Die Literaturwerte wurden anschließend mithilfe von Schadenskosten aus der UBA Methodenkonvention monetarisiert (Matthey et al., 2024). Dabei wurden die Umweltkosten der Luftverschmutzung durch den Verkehr im ländlichen Raum verwendet (ebd., S.19, Tabelle 7: „Value factors for the emission of air pollutants in transport“)<sup>9</sup>. Diese Werte bilden vor allem Gesundheitsschäden durch Luftverschmutzung ab. Zum Teil erfassen sie aber auch Schäden durch Biodiversitätsverlust, Materialschäden und Ernteauffälle (ebd.). Die Anwendung dieser Schadenskosten bedeutet, dass sich auch hier der gesellschaftliche Wert aus den vermiedenen Schäden ergibt.
- **Nährstoffrückhalt** (regulierende Ökosystemleistung): Der Nährstoffrückhalt der Waldböden wurde auf Grundlage generisch geschätzter Phosphorretentionswerte aus der Literatur bestimmt. Es wurde ein Wert von 1,3 kg-P/ha/a angenommen, der sich aus einem Flächenvergleich zwischen Wald und Grünland/Nicht definierte Landnutzung ergibt (Johnson et al., unveröffentlicht). Die umweltökonomische Bewertung dieser Retentionsleistung erfolgt wieder auf Grundlage von Schadenskosten aus der UBA Methodenkonvention (Matthey & Bünger, 2020). Diese Schadenskosten bilden die Ökosystemschäden ab, die durch die Eutrophierung der Gewässer bei übermäßiger Nährstoffbelastung entstehen können. Im Rahmen dieser Bewertung werden die Umweltkosten verwendet, die das UBA für Situationen empfiehlt, in denen unklar ist, welches Gewässer betroffen ist und welcher Nährstoff (Stickstoff oder Phosphor) die Schädigung in dem Gewässer verursacht. In diesem Fall liegt der Wert bei 153,5 €<sub>2020</sub>/kg-P bzw. 179,1 €<sub>2024</sub>/kg-P. Eine Bewertung der Phosphorretention des virtuellen Mischwaldes erfolgt somit ebenfalls über die Kalkulation der vermiedenen Schäden.

---

<sup>9</sup> Die Methodenkonvention stellt unterschiedliche Schadenskosten zur Bewertung der Luftverschmutzung zur Verfügung. Die hier verwendeten Schadenskosten erscheinen für die Bewertung der Wiederaufforstung am geeignetsten, da davon ausgegangen wird, dass Waldflächen vor allem im ländlichen Raum wiederaufgeforstet werden würden. Allerdings bilden diese Schadenskosten die Luftverschmutzung aus anderen Quellen (z. B. aus industriellen Verbrennungsprozessen) nicht ab. Somit ist dies vermutlich eine konservative Schätzung des gesellschaftlichen Nutzens, der aus der Luftfilterleistung der wiederaufgeforsteten Waldfläche resultiert.

- **Kulturelle Wertschätzung des Landschaftsbildes** (kulturelle Ökosystemleistung): Für die Bewertung der Änderung des Landschaftsbildes, die mit der Wiederaufforstung einher geht, wird die in Hirschfeld & Sagebiel (2021) ermittelte Zahlungsbereitschaft auf das Fallbeispiel übertragen. Die Zahlungsbereitschaft über ein Choice Experiment ermittelt und eignet sich besonders, da sie die gesellschaftliche Wertschätzung für die Waldmehrung abbildet<sup>10</sup>. Für eine Erhöhung um 10% der Waldfläche liegt die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft bei 63,3 €<sub>2013</sub>/Person/a bzw. bei 105,2 €<sub>2023</sub>/Person/Jahr. Die im Choice Experiment bewertete prozentuale Veränderung wurde mithilfe von Statistiken zur gesamten Waldfläche auf Hektarwerte umgerechnet (+10% entsprechen ungefähr 1,07 Mio. Hektar) und über die volljährige Bevölkerung aggregiert<sup>11</sup>. Daraus ergibt sich eine jährliche Zahlungsbereitschaft von 6.926,6 € pro zusätzlichen Hektar Waldfläche.

In Tabelle 4.3 sind die verwendeten Quellen sowie die biophysikalischen und monetären Literaturwerte, die zur Bewertung der Wiederaufforstung verwendet wurden, nochmals zusammengefasst.

<sup>10</sup> Zahlungsbereitschaften, die über Choice Experimente oder Kontingente Bewertungen ermittelt werden, stehen oftmals in der Kritik, dass sie nur hypothetische Werte darstellen und realen Zahlungsbereitschaften oftmals überschätzen. Als eine belastbarere Alternative werden in diesem Zusammenhang oftmals Methoden der offenbarten Präferenzen genannt. Dieser Argumentation kann allerdings entgegengehalten werden, dass die Methoden der offenbarten Präferenzen auf der Analyse von Preisen basieren, die oftmals aufgrund von asymmetrischen Marktstrukturen verzerrt sind. Zudem zeigt sich, dass auch offenbarte Zahlungsbereitschaften teilweise über den angegebenen Zahlungsbereitschaften liegen können. Reisekostenanalyse zeigen immer wieder, dass Menschen gewillt sind, hohe Kosten auf sich zu nehmen, um Ökosysteme wie Wälder zu besuchen. Eine Studie aus Österreich schätzt beispielsweise den Erholungsnutzen der Österreichischen Wälder über die Reisekostenmethode auf circa 6.390 €/ha/a (Getzner & Meyerhoff, 2020).

<sup>11</sup> Zur Nachvollziehbarkeit der Berechnung:  $(105,2 \text{ €}_{2023} / \text{Person} / \text{Jahr} \times 70,4 \text{ Mio. } \ddot{\text{U}}18\text{-Personen}) / (10\% \times 10,7 \text{ Mio. ha Wald})$

**Tabelle 4.3: Berechnung der jährlichen Nutzenflüsse eines wieder aufgeforsteten Mischwalds in €/ha/a**

Ökosystemleistung	Biophysikalischer Wert	Monetärer Wert in € <sub>2023</sub>	Jährlicher Nutzenfluss in € <sub>2023</sub>	Quellen
<b>Klimaschutzleistung</b>	9,4 t-CO <sub>2-äq</sub> /ha/a	294,2 €/t-CO <sub>2-äq</sub>	<b>2.765,2 €/ha/a</b>	Krug, J., (2024); Matthey et al., (2024)
<b>Luftschadstofffilterleistung<sup>12</sup></b>	0,0027 t-PM <sub>2.5</sub> /ha/a	95.864,2 €/t-PM <sub>2.5</sub>	<b>258,8 €/ha/a</b>	Nowak et al. (2014); Matthey et al., (2024)
	0,0055 t-NO <sub>2</sub> /ha/a	45.682,2 €/t-NO <sub>x</sub>	<b>251,3 €/ha/a</b>	
	0,0035 t-SO <sub>2</sub> /ha/a	40.889,02 €/t-SO <sub>2</sub>	<b>143,1 €/ha/a</b>	
<b>Nährstoffrückhalt</b>	1,3 kg-P/ha/a	179,1 €/kg-P	<b>232,9 €/ha/a</b>	Johnson et al., (unveröffentlicht); Matthey & Bünger (2020)
<b>Kulturelle Wertschätzung des Landschaftsbilds</b>	+1 ha Waldfläche	105,22 €/Person/a	<b>6.926,6 €/ha/a</b>	Hirschfeld & Saagebiel (2021)
<b>Gesamter Nutzen pro Hektar und Jahr</b>			<b>10.578 €/ha/a</b>	
<b>Gesamt (bezogen auf 560 ha wieder aufgeforstete Waldfläche)</b>			<b>5.923.627 €/a</b>	

Die Bewertungen weiterer Waldökosystemleistungen, die in der Literatur identifiziert und in Kapitel 4.1 bzw. 4.2 diskutiert wurden, konnten nicht auf das hier zu bewertende Fallbeispiel übertragen werden, da diese für die Bewertung einer Wiederaufforstung nicht übertragbar sind oder der jeweilige Anwendungsfall in den Primärstudien zu spezifisch war. Daher bilden die Ergebnisse der Bewertung den Gesamtwert eines virtuellen und wiederaufgeforsteten Mischwaldes nicht vollständig ab, sondern sind als Untergrenze dieses Gesamtwerts zu verstehen, weil sie eine ganze Reihe der Ökosystemleistungen der zusätzlich geschaffenen Waldfläche nicht abbilden konnten.

Ausgehend von den jährlichen Nutzenflüssen der einzelnen Ökosystemleistungen wurde der Barwert des gesellschaftlichen Nutzens dieser Ökosystemleistungen mit Abzinsungsraten von 1%, 3% und 5% berechnet. Die Barwerte wurden pro Hektar und auf die Gesamtfläche des virtuellen aufgeforsteten Mischwalds (=560 ha) hochgerechnet<sup>13</sup>. Außerdem wurden sie in einen Gesamtwert zusammengefasst. Dieser liegt je nach Abzinsungsrate zwischen 158.413 €/ha und 265.948 €/ha

<sup>12</sup> Die in der Tabelle dargestellten Luftschadstoffe bilden nicht alle Luftschadstoffe ab, die sich auf den Blättern der Bäume ablagern können. Die Auswahl der hier angegebenen Luftschadstoffe ergibt sich aus den in den Primärquellen zur Verfügung stehenden Daten. Weitere relevante Luftschadstoffe wären beispielsweise PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub> und NMVOC.

<sup>13</sup> Die Skalierung der Ergebnisse auf eine noch größere aufgeforstete Waldfläche ist für alle Ökosystemleistungen außer der Klimaschutzleistung grundsätzlich möglich. Die Klimaschutzleistung basiert auf der konkreten Baumartenzusammensetzung. Das bedeutet bei einer Skalierung müsste angenommen werden, dass diese konstant bleibt. Außerdem gilt bei der Bewertung der Ästhetik des Landschaftsbildes, dass die Zahlungsbereitschaft vermutlich bei einer übermäßigen Vergrößerung des Anteils der Waldflächen abnehmen würde, da von einem abnehmenden marginalen Nutzen ausgegangen werden kann.

(bzw. zwischen 91.060.670 € und 152.875.244 € für eine Gesamtfläche von 560 ha). In Tabelle 4.4 sind die Ergebnisse übersichtlich dargestellt.

**Tabelle 4.4: Barwert des gesellschaftlichen Nutzens eines wiederaufgeforsteten Mischwalds**

Ökosystemleistung	Barwert in € <sub>2023</sub> /ha (über 30 Jahre)			Barwert in € <sub>2023</sub> (über 30 Jahre bezogen auf 560 ha Waldfläche)		
	1%	3%	5%	1%	3%	5%
Abzinsungsrate						
<b>Klimaschutzleistung</b>	71.363	54.199	42.508	39.963.517	30.351.497	23.804.408
<b>Luftfilterleistung</b>	16.858	12.803	10.041	9.440.213	7.169.654	5.623.095
<b>Nährstoffrückhalt</b>	6.010	4.565	3.580	3.365.581	2.556.092	2.004.720
<b>Landschaftsbild</b>	178.761	135.765	106.479	100.105.933	76.028.466	59.628.447
<b>Gesamt</b>	<b>272.992</b>	<b>207.332</b>	<b>162.608</b>	<b>152.875.244</b>	<b>116.105.709</b>	<b>91.060.670</b>

Bei Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass sich der berechnete Gesamtwert vor allem aus der Bewertung der Klimaschutzleistung (circa 26% des Gesamtwerts) und der ästhetischen Wirkung auf das Landschaftsbild (circa 66% des Gesamtwerts) ergibt. Es sollte aus dieser Verteilung des Gesamtwerts jedoch nicht abgeleitet werden, dass die weiteren Ökosystemleistungen aus einer ökologischen Perspektive weniger bedeutsam wären.

Im *Anhang* finden sich außerdem eine alternative Berechnung des gesellschaftlichen Nutzens der Wiederaufforstung, für die angenommen wurde, dass sich die Luftfilterleistung und der kulturelle Nutzen durch das Landschaftsbild über den Betrachtungszeitraum parallel zum Aufwuchs der Bäume auf der Waldfläche linear wachsend entwickelt und erst zum Ende des Betrachtungszeitraums vollumfänglich bereitgestellt wird. Aus Mangel an einer geeigneten Modellierung des Aufwuchsverhaltens wurde für diese Berechnung eine lineare Entwicklung angenommen. Das bedeutet, der Umfang der Ökosystemleistungsbereitstellung wird als über den Zeitraum in jährlich konstanten Raten wachsend angenommen.

## 4.4 Vergleich der Nutzen und Kosten der Wiederaufforstung

Ein Kosten-Nutzen-Vergleich kann dazu beitragen, die Bedeutung der Wiederaufforstung noch deutlicher hervorzuheben. Zur Bestimmung der Kosten der Wiederaufforstung kann einerseits auf die Angaben des Auftraggebers und andererseits auf veröffentlichte Werte zurückgegriffen werden.

Die durchschnittlichen Kosten der Baumpflanzaktion „Wurzeln“ liegen nach Angaben des Auftraggebers und der SDW bei ca. 5,95 €<sub>2023</sub> pro Setzling. Die Kosten pro Setzling werden einmalig gezahlt und beinhalten eine Initialpflege über 3 Jahre. Auf Grundlage dieser Kosten pro Setzling werden die Gesamtkosten einer Wiederaufforstung geschätzt und dem Nutzen gegenübergestellt. Ausgehend von der zu bewertenden Gesamtanzahl von gepflanzten Bäumen (= 603.682 Setzlinge insgesamt bzw. circa 1.076 Setzlinge pro Hektar; siehe Krug, J., 2024) liegen die Kosten bei ungefähr 6.400 €/ha bzw. 3,6 Mio. € für die Gesamtzahl der Setzlinge. Das Thünen Institut schätzt im Rahmen einer Auseinandersetzung mit der Waldanpassung die Kosten des Waldumbaus wiederum auf 5.660 – 16.980 €<sub>2023</sub>/ha (Bolte et al., 2021)<sup>14</sup>. Angewandt auf die hier bewertete gesamte Waldfläche (=560 ha), ergäben sich daraus Gesamtkosten von 3.2 Mio. € bis 9.5 Mio. €.

Diesen Kostenschätzungen lassen sich die berechneten Gesamtwerte des gesellschaftlichen Nutzens der Wiederaufforstung gegenüberstellen, um das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu bewerten. Der berechnete Gesamtwert liegt je nach Abzinsungsfaktor zwischen 91 Mio. € und 153 Mio. €. Folglich ist das Kosten-Nutzen Verhältnis eindeutig positiv und der Nutzen der Baumpflanzaktion übersteigt die Kosten demnach um das 9- bis 40-fache. Wird ausschließlich die Klimaschutzleistung betrachtet, liegt der Gesamtwert je nach Abzinsungsfaktor zwischen 24 Mio. € und 40 Mio. € und ist damit weiterhin ein Vielfaches der Kosten. Das zeigt, eine Wiederaufforstung zum Schutze des Klimas ergibt aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive Sinn.

Es sollte darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Kosten zur Wiederaufforstung und (dauerhaften) Pflege der gepflanzten Bäume oberhalb der angegebenen Kosten pro Setzling liegen könnten. Gleichzeitig stellt der Gesamtwert des virtuellen und wiederaufgeforsteten Mischwaldes jedoch nur eine untere Grenze für den tatsächlichen Gesamtwert des zusätzlich geschaffenen Waldes dar. Folglich ist davon auszugehen, dass bei einer perfekten Datenverfügbarkeit das Nutzen-Kosten Verhältnis weiterhin eindeutig sehr positiv bleiben würde.

## 5 Einordnung und Diskussion der Ergebnisse

Die Bewertung zeigt, dass wiederaufgeforstete Waldflächen eine Vielfalt wertvoller Ökosystemleistungen bereitstellen und damit einen hohen gesellschaftlichen Nutzen schaffen.

Die Dringlichkeit zusätzlicher Maßnahmen zur Mehrung und Renaturierung der Waldökosysteme lässt sich auch aus den Ergebnissen der Bundeswaldinventur ablesen, die 2024 veröffentlicht worden sind (BMEL, 2024b). Die Waldinventur zeigt, dass der Wald aufgrund von klimawandelbedingter Hitze und Dürre sowie Schädlingsbefall hohe Kalamitäten aufweist (auf circa 2 Mio. Hektar

<sup>14</sup> Die in Bolte et al. (2021) zitierten Kosten stammen aus einer Expert\*innenbefragung (siehe Offe, 2020). Die Unterschiede in den Kosten ergeben sich aus den Unterschieden in den Anforderungen an die Pflanzung und Pflege unterschiedlicher Kulturen.

wurden Kalamitäten beobachtet). Besonders betroffen sind dabei monokulturelle Fichtenwälder. Gleichzeitig hat der voranschreitende Klimawandel auch Auswirkungen auf den Holzzuwachs, der in den letzten Jahren zurückgegangen ist. Im Ergebnis haben diese Entwicklungen zur Folge, dass der Wald in den Jahren 2017-2022 zwar Kohlenstoff gespeichert hat, aufgrund des hohen Verlustes von lebender Biomasse aber mehr Kohlenstoff abgegeben als aufgenommen wurde. Somit sind die Wälder in Deutschland für den betrachteten Zeitraum zu einer CO<sub>2</sub>-Quelle geworden. Hier zeigt sich die Wechselwirkung zwischen Biodiversität und Klimawandel ganz deutlich. Der Klimawandel belastet die Wälder und ihre Biodiversität. Biodiversitätsarme Wälder sind weniger resilient gegenüber Hitze, Dürre und anderen Umweltbelastungen. Das kann zu einem stärkeren Verlust von lebender Biomasse führen, wodurch Wälder mehr CO<sub>2</sub> freisetzen, was wiederum zur Verschärfung der Klimakrise beitragen könnte.

Dieser Entwicklung kann durch gezielte Investitionen in die Wiederaufforstung und den Waldbau entgegengewirkt werden. Das Bundeswaldgesetz verpflichtet Waldbesitzende, Kalamitätsflächen wieder aufzuforsten. Dafür stehen Waldbesitzenden unterschiedliche Förderinstrumente zur Verfügung, die die Waldbesitzenden bei der Aufforstung finanziell unterstützen sollen. Die Baumpflanzaktion „Wurzeln“ der Volksbanken Raiffeisenbanken ergänzt somit bestehende Förderprogramme. Vor dem Hintergrund zunehmender Kalamitäten und klimabedingter Belastungen der Wälder kann die Bereitstellung öffentlicher Mittel unter Druck geraten, sodass privat finanzierte Programme durchaus von Relevanz sein können. Dabei ist entscheidend, dass auch bei solchen privat finanzierten Wiederaufforstungsprojekten Klimaschutz und Biodiversität zusammengedacht werden. Das Pflanzen von Bäumen allein reicht nicht aus. Es muss darauf geachtet werden, dass Biodiversitätsaspekte mit Blick auf die Baumartenzusammensetzung berücksichtigt werden und die wiederaufgeforstete Fläche möglichst naturnah bewirtschaftet und gepflegt wird. Durch biodiversitätsfördernde Pflanzungen kann die Resilienz des wiederaufgeforsteten Waldgebietes nachhaltig gestärkt werden, sodass auch die Klimaschutzleistung nachhaltig erbracht werden kann und der Wald sich wieder zu einer Kohlenstoffsенке entwickelt. In diesem Zusammenhang kann auf den Pflanzkodex verwiesen werden, der für die Umsetzung der Baumpflanzaktion „Wurzeln“ mit der SDW entwickelt und vereinbart wurde. Dieser zielt darauf ab, dass durch die Aktion auf den Kalamitätsflächen ein möglichst naturnaher und standortgerechter Mischwald entsteht.

Außerdem ist die Wirksamkeit dieser Aktionen von einem funktionierenden Monitoring und einer anhaltenden Pflege der Flächen abhängig. Es muss sichergestellt werden, dass die Bäume tatsächlich wachsen und gesund bleiben. Dies ist für die Bereitstellung der Ökosystemleistungen und den daraus resultierenden gesellschaftlichen Nutzen essenziell. Im Rahmen der umweltökonomischen Bewertung wird zwar von einem konstanten Nutzenfluss ab Pflanzung ausgegangen, aber in der Realität steigt der Umfang der erbrachten Ökosystemleistungen mit dem gesunden Wachstum der Bäume (siehe Berechnungen im Anhang). Die biophysikalische Wirkung und der gesellschaftliche Nutzen einer Wiederaufforstung wären demnach signifikant geringer oder gegebenenfalls gar nicht vorhanden, wenn die wiederaufgeforstete Waldfläche aufgrund fehlenden Monitorings oder mangelnder Pflege bereits nach wenigen Jahren wieder degradiert.

Ein weiterer Hinweis zur Einordnung der Ergebnisse richtet sich außerdem an mögliche Diskussionen über die Verwendung dieser Ergebnisse für sogenanntes Greenwashing. In diesem Zusammenhang setzt sich bereits die Vorstudie „Klima-Initiative ‚Morgen kann kommen‘ der Volksbanken Raiffeisenbanken: Eine Bewertung der Klimaschutzleistung (Krug, J., 2024) intensiv mit dem Vorwurf auseinander, dass durch die Bestimmung der Klimaschutzleistung der Baumpflanzaktion „Wurzeln“ Greenwashing betrieben werden könnte. Die dort aufgeführten Argumente gelten auch für die Einordnung der hier dargestellten umweltökonomischen Bewertung. Es sollte hier nochmals hervorgehoben werden, dass die Baumpflanzaktion „Wurzeln“ keinen Kompensationsanspruch

erhebt, sondern darauf abzielt, Kalamitätsflächen möglichst naturnah wieder zu bewalden und damit die Klimaschutzleistung dieser Flächen wiederherzustellen. Der gesellschaftliche Nutzen solcher Aktionen lässt sich aber nicht mit Umweltbelastungen verrechnen, die durch die eigenen unternehmerischen Aktivitäten entstehen. Ein Nettoeffekt der eigenen Aktivitäten ergäbe sich dabei nur mathematisch, aber nicht in der Realität. Das bedeutet, unabhängig von solchen Initiativen müssen Unternehmen immer auch darum bemüht sein, die Umweltbelastungen ihrer Aktivitäten im Sinne des Verursacherprinzips zu reduzieren.

## 6 Ausblick

Eine erste Schätzung des gesellschaftlichen Werts der Wiederaufforstung zeigt, dass die Schaffung einer relativ überschaubaren Waldfläche von 560 ha bereits einen erheblichen gesellschaftlichen Nutzen erzielen kann. Dabei sollte nochmals betont werden, dass diese Schätzung nur die untere Grenze des gesellschaftlichen Nutzens abbilden konnte.

Eine genauere Schätzung auf Grundlage einer regionalen Differenzierung der Berechnung des gesellschaftlichen Nutzens jeweils einzelner Pflanzaktionen würde zusätzliche Daten und Ressourcen verlangen. Darüber hinaus ließen sich mithilfe neuer Daten und mehr Ressourcen auch Bewertungen aktualisieren und nachschärfen. Beispielsweise könnten regionale und fragebogenbasierte Erhebungen durchgeführt werden, um die gesellschaftliche Wertschätzung von Wiederaufforstungen und den damit einhergehenden wiederhergestellten Ökosystemleistungen (vor allem die kulturellen) regional differenziert und empirisch belastbarer abzubilden. Es ließen sich zusätzlich auch weitere Methoden erproben, um einen größeren Kanon von Ökosystemleistungen zu bewerten. Das Potenzial der umweltökonomischen Bewertung konnte hier nicht vollständig ausgeschöpft werden, die Möglichkeit dazu würde jedoch bestehen.

Über eine vertiefende Analyse ließe sich die Relevanz solcher Pflanzungen noch deutlicher und differenzierter herausarbeiten. Dies könnte einen wichtigen Beitrag zur Wissensgewinnung über den Wert von Wiederaufforstungen leisten.

## Anhang

Zusätzlich zu den Berechnungen und Ergebnissen, die im Hauptteil des Berichts diskutiert wurden (siehe Kapitel 4.3 und 4.4), wurde eine alternative Vorgehensweise zur Bewertung der Wiederaufforstung im Zeitverlauf durchgespielt. Diese alternative Vorgehensweise basiert auf der Annahme, dass sich die Luftfilterleistung des Waldes und der gesellschaftliche Nutzen durch das Landschaftsbild über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren parallel zum Waldwachstum entwickelt. Das bedeutet, es wird angenommen, dass sich die jährlichen Nutzenflüsse der bereitgestellten Ökosystemleistungen (Tabelle 4.3 in Kapitel 4.3) über den Betrachtungszeitraum schrittweise erhöhen. Da keine belastbaren Entwicklungsfunktionen für die Modellierung der Ökosystemleistungen über die Zeit vorliegen, wurde vereinfachend angenommen, dass die Nutzenflüsse linear steigen, sodass sie nach 30 Jahren ihren vollen Umfang erreichen. Für den Nährstoffrückhalt wurde angenommen, dass dieser über den Betrachtungszeitraum konstant bereitgestellt wird, da der Nährstoffrückhalt bereits mit Pflanzung durch die Baumwurzeln und Waldfläche im Unterschied zu Grünland oder Brachflächen erbracht werden kann. Die Klimaschutzleistung ist von Krug (2024) bereits auf Grundlage eines Wachstumsmodells berechnet worden. Das bedeutet, es bedarf hinsichtlich der zeitlichen Variabilität der Klimaschutzleistung keiner zusätzlichen Anpassung. Die folgende Tabelle bildet die angepassten Werte aus Tabelle 4.3 ab, wobei die jährlichen Nutzenwerte als Durchschnittswerte der ansteigenden Nutzenflüsse dargestellt werden.

**Tabelle 0.5: Berechnung der jährlichen Nutzenflüsse eines wieder aufgeforsteten Mischwalds in €/ha/a**

*Unter der Annahme einer linear steigenden Bereitstellung der Luftfilterleistung und der kulturellen Wertschätzung für die Änderung des Landschaftsbildes*

Ökosystemleistung	Biophysikalischer Wert	Monetärer Wert in € <sub>2023</sub>	Durchschnittlicher Jährlicher Nutzenfluss in € <sub>2023</sub>	Quelle
<b>Klimaschutzleistung.</b>	9,4 t-CO <sub>2</sub> /ha/a	294,17 €/t-CO <sub>2</sub> -äq	2.765,2 €/ha/a.	Krug, J., (2024); Matthey et al., (2024)
<b>Luftschadstofffilterleistung</b>	0,0014 t-PM <sub>2.5</sub> /ha/a	95.864,2 €/t-PM <sub>2.5</sub>	133,7 €/ha/a	Nowak et al. (2014); Matthey et al., (2024)
	0,0028 t-NO <sub>2</sub> /ha/a	45.682,2 €/t-NO <sub>x</sub>	125,6 €/ha/a	
	0,0018 t-SO <sub>2</sub> /ha/a	40.889,02 €/t-SO <sub>2</sub>	71,6 €/ha/a	
<b>Nährstoffrückhalt</b>	1,3 kg-P/ha/a	179,1 €/kg-P	232,9 €/ha/a	Johnson et al., (unveröffentlicht); Matthey & Bünnger (2020)
<b>Kulturelle Wertschätzung des Landschaftsbildes</b>	+1 ha Waldfläche	105,22 €/Person/a	3.463,3 €/ha/a	Hirschfeld & Saagebiel (2021)
<b>Gesamt</b>			<b>6.792,3 €/ha/a</b>	
<b>Gesamt (bezogen auf 560 ha wiederaufgeforstete Fläche)</b>			<b>3.803.689,8 €</b>	

Auf Grundlage der jährlichen Nutzenflüsse und der bisher verwendeten Abzinsungsraten von 1%, 3% und 5% können die Barwerte des gesellschaftlichen Nutzens berechnet werden. Durch die Anpassung der jährlichen Nutzenflüsse liegt sowohl der Barwert pro Hektar als auch der Barwert bezogen auf 560 ha Waldfläche deutlich unter den in Kapitel 4.3 dargestellten Barwerten.

**Tabelle 0.6: Barwert des gesellschaftlichen Nutzens eines wiederaufgeforsteten Mischwalds**

*Unter der Annahme einer linear steigenden Bereitstellung der Luftfilterleistung und der kulturellen Wertschätzung für die Änderung des Landschaftsbildes*

Ökosystemleistung	Barwert in € <sub>2023</sub> /ha (über 30 Jahre)			Barwert in € <sub>2023</sub> (über 30 Jahre auf 560 ha Waldfläche)		
	1%	3%	5%	1%	3%	5%
Abzinsungsrate						
Klimaschutzleistung	71.363	54.199	42.508	39.963.517	30.351.497	23.804.408
Luftfilterleistung	8.291	5.682	4.006	4.643.219	3.181.910	2.243.454
Nährstoffrückhalt	6.010	4.565	3.580	3.365.581	2.556.092	2.004.720
Landschaftsbild	107.363	87.294	42.482	60.123.198	49.237.638	23.790.039
<b>Gesamt</b>	<b>193.027</b>	<b>152.370</b>	<b>92.576</b>	<b>108.095.515</b>	<b>85.327.137</b>	<b>51.842.621</b>

Die Gesamtbarwerte lassen sich wie zuvor mit den in Kapitel 4.4 dargestellten Kosten in Verhältnis setzen. Trotz der niedrigeren Barwerte bleibt das Verhältnis weiterhin eindeutig positiv. Je nach Abzinsungsrate und verwendeten Kosten übersteigt der Nutzen die Kosten um das 5- bis 30-fache. Daraus kann geschlossen werden, dass im Ergebnis der gesellschaftliche Nutzen einer Wiederaufforstung in jedem Fall die Kosten übersteigt.

# Literaturverzeichnis

- Accastello, C., Bianchi, E., Blanc, S., & Brun, F. (2019). ASFORESEE: A Harmonized Model for Economic Evaluation of Forest Protection against Rockfall. *Forests*, 10(7), 578. <https://doi.org/10.3390/f10070578>
- Aevermann, T., & Schmude, J. (2015). Quantification and monetary valuation of urban ecosystem services in Munich, Germany. *Zeitschrift Für Wirtschaftsgeographie*, 59(3), 188–200. <https://doi.org/10.1515/zfw-2015-0304>
- Bartkowski, B., Lienhoop, N., & Hansjürgens, B. (2015). Capturing the complexity of biodiversity: A critical review of economic valuation studies of biological diversity. *Ecological Economics*, 113, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.02.023>
- Best, A., Chelminska, M., Schock, M., Srebotnjak, T., & Thie, J. E. (2021). Umweltbedingte Krankheitslasten und Ansätze zu ihrer monetären Bewertung (Umwelt & Gesundheit 02/2021; S. 1–218). <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2022/3506-umweltbedingte-krankheitslasten.pdf>
- Bastian, O., Syrbe, R.-U., Slavik, J., Moravec, J., Louda, J., Kochan, B., Kochan, N., Stutzriemer, S., & Berens, A. (2017). Ecosystem services of characteristic biotope types in the Ore Mountains (Germany/Czech Republic). *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1), 51–71. <https://doi.org/10.1080/21513732.2016.1248865>
- Bolte, A., Höhl, M., Hennig, P., Schad, T., Kroihner, F., Seintsch, B., Englert, H., & Rosenkranz, L. (2021). Zukunftsaufgabe Waldanpassung. *AFZ Der Wald*, 4, 12–16.
- Bundesministerium Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). (2023). Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/natuerlicher-klimaschutz-2182120>
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (2024a). Die wirtschaftliche Lage der forstwirtschaftlichen Betriebe: Buchführungsergebnisse 2022. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/0113002-2022.pdf>
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (2024b). Der Wald in Deutschland—Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur (S. 1–60). Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. [https://www.bmel.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Broschueren/vierte-bundeswaldinventur.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.bmel.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Broschueren/vierte-bundeswaldinventur.pdf?__blob=publicationFile&v=9)
- Bundesplattform Wald – Sport, Erholung, Gesundheit (WaSEG). (2023). Vereinfachung der Rechtslage zum Betretungsrecht des Waldes und Leistungen der Waldwirtschaft für Sport, Erholung und Gesundheit und deren Finanzierungsmöglichkeiten. [https://www.bundesplattform-waseg.de/fileadmin/waseg/dateien/WaSEG\\_Impulse\\_und\\_Empfehlungen\\_Juni\\_23.pdf](https://www.bundesplattform-waseg.de/fileadmin/waseg/dateien/WaSEG_Impulse_und_Empfehlungen_Juni_23.pdf)
- Bundesverband der Deutschen Volksbanken und Raiffeisenbanken (BVR). (2024). Klima-Initiative | Klimaschutz mit starken Wurzeln. <https://klima-initiative.vr.de/>
- Brander, L. M., De Groot, R., Guisado-Goni, V., van't Hoff, V., Schägner, P., Solomonides, S., McVittie, A., Eppink, F., Sposato, M., Do, L., Ghermandi, A., & Sinclair, M. (2024). Ecosystem Services Valuation Database (ESVD). <https://www.esvd.net>
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- Deutscher Jagdverband (DJV). (2024) Mehr als 25.500 Tonnen Wild haben die Deutschen verzehrt. <https://www.jagdverband.de/mehr-als-25500-tonnen-wild-haben-die-deutschen-verzehrt>
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., Van Oudenhoven, A. P. E., Van Der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., ... Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270–272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Elsasser, P., Altenbrunn, K., Köthke, M., Lorenz, M., & Meyerhoff, J. (2020). Regionalisierte Bewertung der Waldleistungen in Deutschland (Thünen Report 79). Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn062592.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062592.pdf)
- Förster, J., Schmidt, S., Bartkowski, B., Lienhoop, N., Albert, C., & Wittmer, H. (o. J.). Incorporating environmental costs of ecosystem service loss in political decision making: A synthesis of monetary values for Germany. 23.
- Hampicke, U., & Schäfer, A. (2021). Ökonomische Bewertung der Ökosystemleistungen des Waldes der Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern. Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde, (DUENE e.V.).

- Hirschfeld, J., & Sagebiel, J. (2021). Ergebnisse der ökonomischen Bewertung der Ökosystemleistungen landwirtschaftlicher Landnutzungen. In H. Gömann & J. Fick (Hrsg.), *Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel* (S. 309–321). Springer Spektrum, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Ibisch, P. L., Blumröder, J. S., Gohr, C., & Schmidt, L. (2021). Konzept zur Förderung der Funktionen und Leistungen von Waldökosystemen in Deutschland. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19841.38246>
- Krug, J. (2024). Klima-Initiative „Morgen kann kommen“ der Volksbanken Raiffeisenbanken: Eine Bewertung der Klimaschutzleistung. (S.1-14). Weber Shandwick IPG DXTRA.
- Johnson, D., Karzai, T., Mehl, C., Iwanoski, J. & Hirschfeld, J. (unveröffentlicht): Ökonomische Analysen zum Nutzen der Wiederherstellung degradierter Ökosysteme. *BfN-Schriften*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Liu, J., Wu, Y., Hu, H., & Feng, Y. (2024). Mixed Coniferous Broad-Leaved Forests as Road Shelter Forests: Increased Urban Traffic Noise Reduction Effects and Economic Benefits. *Forests*, 15(10), 1714. <https://doi.org/10.3390/f15101714>
- Mace, G. M., Norris, K., & Fitter, A. H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(1), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>
- Matthey, A., Bünger, B., & Eser, N. (2024). Methodological convention 3.2 for the assessment of environmental costs. Value factors. German Environment Agency (UBA). <https://openumwelt.de/server/api/core/bitstreams/5ffb442-2b97-40b9-bc4b-4438b4671beb/content>
- Matthey, A., & Bünger, B. (2020). Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten—Kostensätze (S. 1–69). Umweltbundesamt.
- Offe, A. (2020). Bedeutung der Kulturkosten bei forstlichen Bewertungen. *AFZ Der Wald*, 12–15.
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press.
- Pörtner, H.-O., Scholes, R. J., Agard, J., Archer, E., Arneeth, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W. L. (William), Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., ... Ngo, H. (2021). Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change (Version 5). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4659158>
- Schwepe-Kraft, B., Hirschfeld, J., Hartje, V., Pekker, R., Grunewald, K., Meier, S., Sauer, A., Syrbe, R., & Zieschank, R. (2020). Integration von Ökosystemen und Ökosystemleistungen in die Umweltökonomische Gesamtrechnung. Theoretische Rahmenbedingungen und methodische Grundlagen ((unveröffentlicht)). Bundesamt für Naturschutz.
- Schwepe-Kraft, B. (2009). *Natural Capital in Germany – State and Valuation; with special reference to Biodiversity*. 24.
- Schulp, C. J. E., Thuiller, W., & Verburg, P. H. (2014). Wild food in Europe: A synthesis of knowledge and data of terrestrial wild food as an ecosystem service. *Ecological Economics*, 105, 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.06.018>
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD). (1992). *Convention on Biological Diversity* (S. 1–36). United Nations. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- Sieberth, L. (2014). Inwertsetzung von Ökosystemdienstleistungen—Eine objektive Bewertung auf lokaler Ebene—Remscheid (S. 1–50). Waldgenossenschaft Remscheid eG. [https://uploads-ssl.webflow.com/60409ec10489879edcf88bd0/6040f682d5514aaef0766a0f\\_kosystemleistungen-Wlder-im-Stadtgebiet-Remscheid.pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/60409ec10489879edcf88bd0/6040f682d5514aaef0766a0f_kosystemleistungen-Wlder-im-Stadtgebiet-Remscheid.pdf)



**ADRESSE UND KONTAKT**

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, gemeinnützig

Potsdamer Straße 105

10785 Berlin

Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0

Telefax: + 49 – 30 – 882 54 39

E-Mail: mailbox@ioew.de

www.ioew.de

**Ansprechperson:**

Tarin Karzai

Telefon: + 49 – 30 – 884 594-39

Telefax: + 49 – 30 – 882 54 39

E-Mail: tarin.karzai@ioew.de

Dr. Jesko Hirschfeld

Telefon: +49 30-884 594-19

Telefax: + 49 – 30 – 882 54 39

E-Mail: jesko.hirschfeld@ioew.de