

Indikator-Factsheet: Holzzuwachs

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106	
Mitwirkung:	Thünen-Institut (TI) für Waldökosysteme (Prof. Dr. Andreas Bolte, Dr. Heino Polley, Dr. Joachim Rock, Dr. Thomas Riedel)	
Letzte Aktualisierung:	03.02.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	08.12.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	04.01.2018	Dr. Thomas Riedel TI für Waldökosysteme
	12.08.2022	Bosch & Partner GmbH (Stefan v. Andrian-Werburg): Redaktionelle Anpassungen; Aktualisierung der Links
	13.02.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Nummerierung des Indikators geändert (vormals FW-I-3)
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:	Wenn sich im Zuge der Fortschreibung der Zeitreihe durch die Alterung der Bestände eine Änderung der Anzahl der Altersklassen ergibt, ist kritisch zu prüfen, ob daraus ein Bruch in der Zeitreihe resultiert. Ggf. kann eine Altersklassengrenze für die Berechnung eingezogen werden. Altersklassen mit oben offener Grenze sind von der Berechnung auszuschließen.	

I Beschreibung

Interne Nr. FW-I-2	Titel: Holzzuwachs
Einheit: m ² / ha*a	Kurzbeschreibung des Indikators: Grundflächenzuwachs (altersklassenbereinigt) differenziert nach den vier Hauptbaumarten (Fichte, Buche, Eiche, Kiefer)
	Berechnungsvorschrift: Datengrundlage sind Durchmessermessungen an Probestämmen der Bundeswaldinventur von mindestens zwei Zeitpunkten. Die Probestämme sind nach dem Verfahren der Winkelzählprobe (Zählfaktor k (Stammquerschnittsfläche, die ein Probestamm je Hektar repräsentiert) = 4 m ² /ha) mit grundflächenproportionaler Auswahlwahrscheinlichkeit ausgewählt. Die Probestämme sind als systematische Clusterstichprobe im gesamten Bundesgebiet verteilt. Jeder Cluster (= quadratischer Trakt mit 150 m x 150 m Seitenlänge) enthält vier Probestämme (Traktecken). <u>1. Schritt:</u> Berechnung des Grundflächenzuwachses je Probestamm: Der Grundflächenzuwachs ist definiert als die Differenz der Stammquerschnittsflächen von zwei Erhebungszeitpunkten. Dabei werden auch die zwischen den beiden Erhebungen neu in die Stichprobe eingewachsene sowie die ausgeschiedenen Probestämme berücksichtigt. Für beide Gruppen werden die fehlenden Durchmesser vom Periodenanfang (Einwuchs) oder der Periodenmitte (Abgang) mit Hilfe von Wachstumsfunktionen modelliert, die aus den zweifach gemessenen Probestämmen hergeleitet sind.

	<p><u>2. Schritt:</u> Berechnung des je Probebaum repräsentierten jährlichen Grundflächenzuwachses:</p> <p>Der im Schritt 1 berechnete Grundflächenzuwachs wird mit der vom jeweiligen Probebaum repräsentierten Stammzahl multipliziert und durch die Periodenlänge zwischen den beiden Aufnahmen dividiert.</p> <p>Die repräsentierte Stammzahl ist normalerweise $N = k / (\pi / 4) * BHD^2$. Für Probebäume an Bestandsgrenzen und Waldrändern wird N entsprechend der geringeren Auswahlwahrscheinlichkeit erhöht. Dazu wird der innerhalb des Bestands liegende Flächenanteil des Grenzkreises berechnet und zur gesamten Grenzkreisfläche ins Verhältnis gesetzt. Für überlebende Bäume und Einwuchs wird die repräsentierte Stammzahl zum Endzeitpunkt und für ausgeschiedene Baume zum Anfangszeitpunkt berechnet.</p> <p>Die Periodenlänge wird traktsspezifisch als Zeitabstand zwischen den beiden Aufnahmen berechnet. Der Zeitabstand ist dabei nicht als Kalenderjahre definiert, sondern als Anzahl Vegetationsperioden, da außerhalb der Vegetationszeit kein Zuwachs stattfindet. Vom Jahr der Aufnahme zum Zeitpunkt 1 und im Jahr der Aufnahme zum Zeitpunkt 2 wird nur der Anteil innerhalb der Vegetationszeit berücksichtigt. Als Vegetationszeit wird pauschal die Zeit vom 15. April bis 15. September unterstellt.</p> <p><u>3. Schritt:</u> Berechnung des Grundflächenzuwachses je Hektar Gesamtfläche Wald und Nichtwald nach Baumart und Altersklasse</p> <p>Die im Schritt 2 berechneten Grundflächenzuwächse werden getrennt für die vier Baumarten (Fichte, Buche, Eiche, Kiefer) und zwanzigjährige Altersklassen (1-20 Jahre, 21-40 Jahre, 41-60 Jahre usw. bis >161 Jahre) über alle Trakte im Wald und außerhalb des Waldes addiert und durch die Anzahl Trakte im Wald und Nichtwald dividiert. Daraus resultiert ein mittlerer Grundflächenzuwachs pro Baumart und Altersklasse im Wald und Nichtwald.</p> <p><u>4. Schritt:</u> Berechnung des jährlichen Grundflächenzuwachses je Hektar Wald nach Baumart und Altersklasse</p> <p>Der im Schritt 3 berechnete Grundflächenzuwachs pro Baumart und Altersklasse im Wald und Nichtwald wird durch den Flächenanteil der jeweiligen Baumart und Altersklasse an der Gesamtfläche Wald und Nichtwald dividiert. Dieser Ratioschätzer ergibt den Grundflächenzuwachs der Baumarten und Altersklassen bezogen auf deren jeweilige Standfläche pro Baumart und Altersklasse. Dazu wird für jeden Probebaum mit Hilfe von baumartenspezifischen Standflächenfunktionen seine Standfläche kalkuliert. Diese Standflächen werden genau wie der Grundflächenzuwachs der Probebäume entsprechend Schritt 2 und 3 hochgerechnet.</p> <p>Diese Berechnungen werden für jedes Verdichtungsgebiet separat ausgeführt und dann flächengewogen gemittelt. Damit ist die Hochrechnung von der Stichprobe auf die Auswertungseinheit abgeschlossen.</p> <p><u>5. Schritt:</u> Umrechnung auf Normalwaldmodell (Altersklassenbereinigung)</p> <p>Für jede Baumart wird das einfache arithmetische Mittel des Grundflächenzuwachses über alle Altersklassen gebildet, um den Einfluss der sich von Periode zu Periode ändernden Altersklassenanteile auf den Indikator zu eliminieren.</p> <p>Weitere Erklärungen im „Arbeitsbericht 2008/1, Institut für Waldökologie und Waldinventuren“ (Schmitz et al. 2008).</p>
<p>Interpretation des Indikatorwerts:</p>	<p>Je höher der Indikatorwert, desto größer ist der Grundflächenzuwachs der jeweiligen Baumart (unabhängig von deren Altersstruktur) im Beobachtungszeitraum.</p>

II Einordnung

Handlungsfeld:	Wald und Forstwirtschaft
Indikationsfeld:	Produktivitätseffekte
Thematischer Teilaspekt:	Veränderung der Produktivität der Wälder
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorensysteme:	Bundeswaldinventur: BWI ³ Zuwachs (BMEL 2018)
Begründung:	<p>Der Klimawandel hat Auswirkungen auf den Holz- bzw. Biomassezuwachs der Waldbäume. Die Richtung der Produktivitätsveränderung durch die Klimaänderung hängt allerdings davon ab, ob das bisherige Wachstum, z. B. in Berglagen, kältelimitiert ist oder wie in Teilen des nordöstlichen Tieflands von Hitze oder Trockenheit begrenzt wird (Bolte et al. 2011). Bei Kältelimitierung kann sich die Erwärmung zusammen mit den Wirkungen eines erhöhten CO₂- und Stickstoffangebots durch Lufteträge produktivitätssteigernd auswirken. Bei Hitze- und Trockenheitslimitierung ist dagegen eher mit Produktivitätseinbußen zu rechnen.</p> <p>Eine europäische Studie zum Wachstum von Wäldern in Europa (Spiecker et al. 1996) zeigte deutliche Zuwachssteigerungen zum Ende des 20. Jahrhunderts. Auch für die Wälder in Deutschland haben die bisher durchgeführten Bundeswaldinventuren bzw. Inventurstudien hohe durchschnittliche Zuwächse bestätigt. Allerdings gibt es Unterschiede bei der differenzierten Betrachtung einzelner Zeitabschnitte. Für die alten Bundesländer, für die längere Zeitreihen zur Verfügung stehen, haben die Untersuchungen gezeigt, dass die Zuwächse in der Periode 1987 bis 2002 bei fast allen Baumarten höher waren als im Zeitraum 2002 bis 2008. Da dieser Zuwachsrückgang fast alle Altersklassen betrifft, kann er nicht durch das höhere Durchschnittsalter der Waldbestände (Polley et al. 2009) allein erklärt werden. Wahrscheinlich spielen hier die Trockenperioden, wie z. B. im Jahr 2003 eine wichtige Rolle (vgl. Ciaï et al. 2005).</p> <p>Auch wenn viele andere Faktoren zuwachsbestimmend sind, sind doch sich verändernde Witterungsbedingungen, vor allem Witterungsextreme, eine forstwirtschaftlich hoch relevante und viel diskutierte Größe.</p> <p>Der Indikator basiert auf der Berechnung des Grundflächen- und nicht des Volumenzuwachses. Letzterer ist mit größeren Unsicherheiten bei der Bestimmung verbunden, da zum einen die Höhenbestimmung ungenau sein kann und zum anderen Formigkeitsveränderungen eine Rolle spielen (der Baum wächst nicht in allen seinen Teilen gleichmäßig zu).</p> <p>Da sich der Zuwachs der Bäume mit ihrem Alter ändert, beeinflusst eine Verschiebung der Altersstruktur den Durchschnittszuwachs. Damit ist der Durchschnittszuwachs nicht direkt als Indikator geeignet. Aus diesem Grunde wird der Grundflächenzuwachs auf das Normalwaldmodell mit gleichmäßiger Flächenausstattung aller Altersklassen umgerechnet, um den Einfluss der sich ändernden Altersstruktur zu eliminieren.</p>
Einschränkungen:	<p>Der alleinige Klimabezug ist nicht uneingeschränkt herstellbar:</p> <p>Der Zuwachs ist neben dem Klima von zahlreichen anderen Faktoren beeinflusst. Eine besondere Rolle spielen die waldbauliche Nutzung und Pflege der Bestände. Allerdings ist aus derzeitiger Sicht nicht zu erwarten, dass sich –</p>

	<p>zumindest nicht regional begrenzt – gravierende Veränderungen in der waldbaulichen Behandlung der Bestände ergeben. Daher kann davon ausgegangen werden, dass sich bei dem großen Datenkollektiv der BWI Veränderungen der waldbaulichen Behandlung nur langsam auf die Zuwachsdaten auswirken.</p> <p>Indirekte Auswirkungen des Klimawandels wie die Verlagerung von Wuchszonen in größere Höhen und damit auf i. d. R. weniger gut nährstoffversorgte Standorte sowie der zielgerichtete Waldumbau, wodurch sich Baumartenvorkommen auf ertragsstärkere oder ertragsschwächere Standorte verlagern können, können ebenfalls längerfristig Auswirkungen auf die Zuwachsentwicklung haben.</p> <p>Bisher sind die Beobachtungszeiträume noch unterschiedlich lang (1987 bis 2002, 2002 bis 2008, geplant 2008 bis 2012). Ein guter Kompromiss zwischen Realisierbarkeit und Informationsbedarf ist ein fünfjähriger Turnus.</p>
<p>Rechtsgrundlagen, Strategien:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) • Waldstrategie 2020 (BMELV 2011)
<p>In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:</p>	<p>DAS, Kap. 3.2.7: Längere Vegetationsperioden durch höhere Temperaturen und der CO₂-Düngeeffekt, also die Verstärkung des Pflanzenwachstums durch die höhere CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, könnten bei ausreichender Wasser- und Nährstoffversorgung die Holzproduktion erhöhen. Im Vergleich zu den klimabedingten Stressfaktoren dürften die positiven Effekte jedoch zu vernachlässigen sein.</p>
<p>Ziele:</p>	<p>Waldstrategie 2020:</p> <p>S. 7: Die Produktion von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft soll sichergestellt werden und die Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Bereitstellung von Rohstoffen für die Holz-, Papier und Energiewirtschaft verbessert werden. Der steigende inländische Holzbedarf soll auch nach 2020 überwiegend aus heimischer Erzeugung und durch die nachhaltige Erschließung weiterer Rohstoffquellen gedeckt werden.</p> <p>S. 8: Stabilität, Produktivität, Vielfalt und Naturnähe der Wälder sollen durch den bewährten integrativen Ansatz einer nachhaltigen, multifunktionalen Forstwirtschaft gesteigert werden.</p> <p>S. 27: Mit einer natur- und umweltverträglichen Steigerung der Produktivität der Wälder, der Erschließung zusätzlicher Flächenpotenziale und der nachhaltigen Nutzung der großen Holzvorräte, insbesondere im klein strukturierten Privatwald, kann ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Stabilität und Vitalität der Wälder und Sicherung des zukünftigen Holzangebots geleistet werden.</p>
<p>Berichtspflichten:</p>	<p>Es besteht eine rechtliche Verpflichtung zur Durchführung der Bundeswaldinventur:</p> <p>BWaldG § 41a (Bundeswaldinventur):</p> <p>(1) Zur Erfüllung der Aufgaben dieses Gesetzes sowie zur Durchführung von Rechtsakten der Europäischen Union oder völkerrechtlich verbindlicher Vereinbarungen im Anwendungsbereich dieses Gesetzes ist vorbehaltlich des Absatzes 3 alle zehn Jahre eine auf das gesamte Bundesgebiet bezogene forstliche Großrauminventur auf Stichprobenbasis (Bundeswaldinventur) durchzuführen. Sie soll einen Gesamtüberblick über die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten liefern. Die hierzu erforderlichen Messungen und Beschreibungen des Waldzustandes (Grunddaten) sind nach einem einheitlichen Verfahren vorzunehmen. Dabei ist auf die Verwertbarkeit der Grunddaten auch im Rahmen der Beobachtung nach § 6 Bundesnaturschutzgesetz zu achten.</p> <p>(3) Zur Erfüllung von Berichtspflichten, die auf Grund verbindlicher völkerrechtlicher Vereinbarungen zum Schutz des Klimas bestehen, erhebt das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz soweit erforderlich in den Jahren zwischen zwei Bundeswaldinventuren Daten zum Kohlenstoffvorrat im Wald.</p>

	Der Indikator wird auf der Basis des für die Treibhausgasberichterstattung in der ersten Verpflichtungsperiode nach dem Protokoll von Kyoto verwendeten Teilnetzes der BWI-Stichprobenpunkte berechnet. Es besteht eine Verpflichtung zur Durchführung dieser Inventur.
--	---

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Bundeswaldinventur (BWI) Inventurstudie 2008, Kohlenstoffinventur 2017 (CI2017)	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS: 0
Geographische Abdeckung:	flächenrepräsentativ für alle Waldflächen Deutschlands (für eine Auswertung nach Wuchsgebieten ist die Stichprobe zu klein); basierend auf einer BWI-Unterstichprobe: 8 km x 8 km-Raster	
Zeitliche Auflösung:	mind. 10-jährlich (gemäß Bund-Länder-Verpflichtung zur Durchführung der BWI), erstmalig 2002 – 2008, zweiter Datensatz: 2008 – 2012 <u>Anmerkung:</u> Die zeitliche Auflösung ergibt sich aus dem Turnus der BWI und der optionalen Zwischeninventuren für die Treibhausgasberichterstattung. Der Turnus für die zwischen den Erhebungsjahren der BWI liegenden Inventuren in Form einer eigenen Bundeserhebung ist an die Treibhausgasberichterstattung gekoppelt (diese kann ggf. als Grund wegfallen, falls es zu keiner dauerhaften weiteren Berichtspflicht kommt). Es ist kein fixer Turnus in verbindlicher Form festgelegt, sondern es muss zu jeder Zwischeninventur eine einzelne positive Bundesentscheidung geben. Momentan wird die Kohlenstoffinventur 2017 durchgeführt. Die nächste reguläre BWI folgt 2021/2022	
Beschränkungen:	Die Erstdarstellung des Indikators erfolgt auf Grundlage des 8 km x 8 km-Netzes der Inventurstudie 2008 (IS 08) und der BWI 2 (2002), da diese Erhebung erstmalig deutschlandweite Zuwachsinformationen erbrachte.	
Verweis auf Daten-Factsheet:	FW-I-2_Daten_Zuwachs.xlsx	

VI Zusatz-Informationen

Glossar:	Grundflächenzuwachs: Der Grundflächenzuwachs (I_G , engl. BAI – basal area increment) errechnet sich aus Messungen des BHD (Brusthöhendurchmesser). Er wird in der Einheit $m^2/ha \cdot a$ angegeben und bezeichnet den Zuwachs an Derbholz mit Rinde.
Weiterführende Informationen:	Informationen zur BWI ³ : www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/bundeswaldinventur.html BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hg.) 2018: Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Berlin, 53 S. www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/bundeswaldinventur3.pdf?__blob=publicationFile&v=6 Bolte A., Wellbrock N., Dunger K. 2011: Wälder, Klimaschutz und Klimaanpassung – Welche Maßnahmen sind umsetzbar? AFZ DerWald 2/2011: 31-33. Ciais P., Reichstein M., Viovy N., Granier A., Ogee J., Allard V., Aubinet M., Buchmann N., Bernhofer C., Carrara A., Chevallier F., de Noblet N., Friend AD., Friedlingstein P., Grunwald T., Heinesch B., Keronen P., Knohl A. Krinner G., Loustau D., Manca G., Matteucci G., Ligietta F., Ourcival JM., Papale D., Pilegaard K., Rambal S., Seufert G., Sousanna JF., Sanz MJ., Schulze ED., Vesala T., Valentini R. 2005: Europe-wide reduction in primary productivity

	<p>caused by heat and drought in 2003. Nature, 437: 529-533.</p> <p>Polley H., Hennig P., Schmitz F. 2009: Eine Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis: Holzvorrat, Holzzuwachs, Holznutzung in Deutschland. AFZ-DerWald 64(20): 1076-1078.</p> <p>Schmitz F., Polley H., Hennig P., Dunger K., Schwitzgebel F. 2008: Die zweite Bundeswaldinventur - BWI2 - Inventur- und Auswertungsmethoden zu den Bundeswaldinventuren 2001 bis 2002 und 1986 bis 1988. vTI Arbeitsbericht / Institut für Waldökologie und Waldinventuren 2008/1. Hamburg: 85 S. https://bwi.info/Download/de/Methodik/Arbeitsbericht_VTI_Inventur_Auswertungsmethoden_BWI2.pdf</p> <p>Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J.P. (eds.) 1996: Growth trends in European Forests. European Forest Institute (EFI) Report No. 5, Berlin, Heidelberg, New York, 372 p. https://efi.int/projects/growth-trends-european-forests</p>
--	--

VII Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	Eine datenhaltende Institution; Daten werden zentral im TI gehalten und verarbeitet.
	Daten-verarbeitung:	3	Vor der Zusammenführung der Daten zur Darstellung des Indikators ist eine komplexere Datenaufbereitung notwendig.
	<u>Erläuterung:</u> Die Methodenentwicklung und Erstberechnung des Indikators hat das TI für Waldökosysteme übernommen. Der Aufwand für die Berechnung wird auf ca. 1,5 Arbeitswochen geschätzt.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Thünen-Institut für Waldökosysteme		
	<u>Erläuterung:</u> Die Methodenentwicklung und Erstberechnung des Indikators hat das TI für Waldökosysteme übernommen. Die Aktualisierung der Indikatorwerte liegt auch weiterhin in der Verantwortung des TI.		

VIII Darstellungsvorschlag

