

WEHAM 2012 – Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung für die dritte Bundeswaldinventur

Joachim Rock¹⁾, Bernhard Bösch²⁾, Gerald Kändler²⁾

¹⁾Thünen-Institut für Waldökosysteme

²⁾ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Zusammenfassung

Auf der Basis der Daten der Bundeswaldinventur 2012 wird eine Abschätzung zukünftiger Rohholzpotentiale und Waldzustände mit WEHAM (Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung) vorgenommen werden. WEHAM ist ein abstandsunabhängiger Waldwachstumssimulator, der aus einem Zuwachs-, einem Waldbehandlungs- und einem Sortierungsmodul besteht. Ein Vergleich der Projektionen von 2002 mit den Daten der Inventurstudie 2008 zeigt, dass WEHAM die Vorratsentwicklung sehr genau getroffen hat, bei einzelnen Baumarten jedoch zum Teil sehr deutliche Abweichungen der realen Entwicklung von den angenommenen Änderungen auftraten. Gegenüber der mit den Daten der Bundeswaldinventur 2002 verwendeten Version sind zahlreiche Änderungen erfolgt (zeitliche Differenzierung der Szenarien, Berücksichtigung der natürlichen Mortalität) bzw. werden noch umgesetzt (im Bereich Verjüngungsmodellierung). Die Erstellung des Basisszenarios – als Projektion der derzeit beabsichtigten und absehbaren Waldbehandlung – ist noch nicht abgeschlossen. Es zeichnen sich auch hierbei Änderungen zur Version 2002 (größere Differenzierung, frühere Eingriffe, geänderte Zielstärken, andere Sortierung) ab.

Summary

The field work for the third National Forest Inventory („Bundeswaldinventur“, BWI 2012) has been finished and the data are currently subject to quality assurance. Besides analysis of the status quo and the developments since the second NFI (in 2002), the estimation of future forest conditions and harvest potentials is one major assessment to be derived from the BWI 2012 data. This will be done by using the distance-independent forest growth simulator WEHAM (“forest growth and timber resource modeling”). WEHAM consists of a growth, a forest management, and a timber grading module. Comparisons of projections from 2002 with field measurements from the Inventory Study 2008 show good agreement in overall stock changes, but discrepancies between projected and real developments occur when individual tree species are considered. The new version of WEHAM (WEHAM 2012, to be used with the data of the 3rd NFI) contains several improvements and modifications to the 2002 version (differentiation of scenarios over time, inclusion of natural mortality), and several amendments are still to be implemented (concerning modeling of regeneration). The definition of the business as usual-scenario (which is to describe currently planned and foreseeable management activities) is ongoing. Compared to 2002, treatments (thinning) will commence earlier, be more differentiated, target diameters have changed, and grading will be oriented towards different assortments compared to 2002.

Einleitung

Die WaldEntwicklungs- und HolzAufkommensModellierung (WEHAM) hat die Aufgabe, einen Überblick über das potenzielle und nachhaltig nutzbare Rohholzaufkommen der nächsten 20 (bis 40) Jahre, nach Holzarten-, Eigentümer- und Sortengruppen, Bundesländern und ggf. anderen regionalen Einteilungen in Deutschland zu geben. Gleichzeitig werden Kennziffern des Waldzustandes und der Waldentwicklung, wie Baumartenzusammensetzung, Altersklassenstruktur und Holzvorräte projiziert. Die als „Basisszenario“ bezeichnete Projektion ist zusätzlich für die Treibhausgasberichterstattung nach dem Protokoll von Kyoto relevant (KRUG et al. 2011; ROCK et al. 2012).

Die Außenaufnahmen für die dritte Bundeswaldinventur (BWI 2012) sind abgeschlossen und die Prüfung der Datenqualität und -vollständigkeit läuft. Deshalb ist es angebracht, vor der „heißen Phase“ der Ergebnispräsentationen das für Projektionen verwendete Simulationssystem WEHAM noch einmal vorzustellen, Änderungen gegenüber der nach der letzten Bundeswaldinventur (2002) verwendeten Version zu beschreiben und den Stand der Szenarienentwicklung sowie dabei derzeit laufende Diskussionen vorzustellen.

Modellaufbau und Funktion

WEHAM ist ein modular aufgebauter, abstandsunabhängiger Einzelbaumwachstumssimulator, der speziell auf die Datenstrukturen der Bundeswaldinventur (BWI, in diesem Fall: BWI 2012) zugeschnitten ist (ANONYMUS 2005; BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG 2005). Er besteht aus einem Zuwachs-, einem Behandlungs- und

einem Sortierungsmodul. Die hauptsächliche Betrachtungsebene sind nationale und andere großräumige Auswertungen (POLLEY und KROIHER 2006; SEINTSCH 2007), nicht Einzelbestände. Im Rahmen der BWI 2012 wurden deutschlandweit an permanenten Probepunkten Erhebungen getätigt. Jede Traktecke der BWI wird in WEHAM als virtuelle Probefläche von einem Hektar interpretiert, auf der ein aus den erfassten Bäumen der Winkelzählprobe (WZP) gebildeter Bestand stockt. Bäume aus den Probekreisen 1 m und 2 m werden ebenfalls berücksichtigt. Wenn sie im Lauf der Simulation über die Kluppschwelle wachsen, werden sie in der WZP-Datei erfasst. Aufgrund des Stichprobendesigns repräsentiert jeder Baum bei der WZP-Erfassung (Zählfaktor = 4) eine Grundfläche von $4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Die Stammzahl je Hektar für diesen Baum ergibt sich somit als $N=K/g$, wobei g die Grundfläche des Baumes ist. Bei den Probekreisen ist die Anzahl pro Hektar, die durch einen erfassten Baum repräsentiert wird, wegen der konstanten Fläche des Probekreises ebenfalls konstant. Beim kleinen Kreis (1m Radius) ist $N=3183$, beim Kreis mit einem Radius von 2 m sind es 795,8 Bäume. Die Standfläche des Baumes wird über eine BHD-abhängige Funktion berechnet. Bäume gleicher Baumartengruppen werden zu ideellen Beständen zusammengefasst.

Aus den Wiederholungsmessungen der BWI 2002 und 2012 werden sowohl für die Höhe als auch für den BHD Zuwachsgleichungen kalibriert, die zu bonitätsabhängigen Wachstumsfächern führen (BÖSCH 2005). Jeder physikalische Baum wird in Abhängigkeit von Alter und BHD hier eingeordnet und ein Wachstum entlang dieser Wachstumskurve angenommen. Bei der Modellierung der Höhenentwicklung ergab die Verwendung von unabhängigen Funktionen für BHD bzw. Höhe bei Simulationsläufen über längere Zeitbereiche unplausible HD-Werte, so dass auf einen Tarif Höhe = f (BHD) zurückgegriffen wurde (BÖSCH 2005).

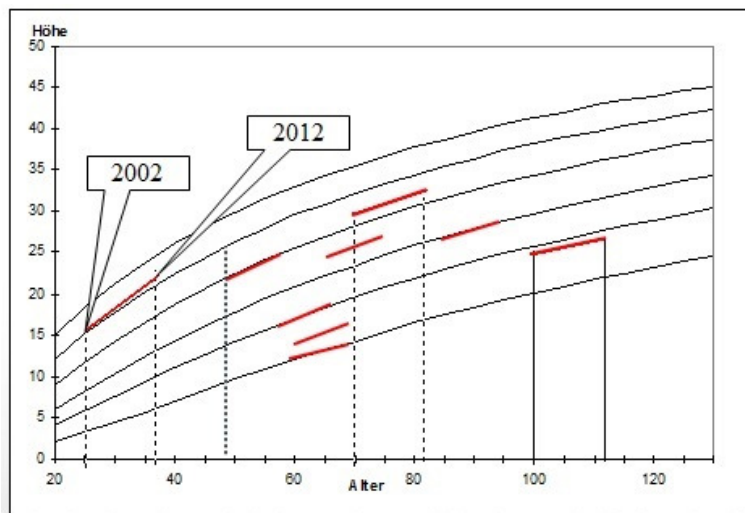


Abb. 1: Erstellung der Höhenkurven

Im Waldbehandlungsmodul werden die ideellen Bestände mit Vorgaben aus Waldbehandlungsmodellen, speziell Leitkurven zur Vorratshaltung (Grundfläche, Vorrat und Stammzahl), verglichen und gemäß den Vorgaben aus der sog. Steuerdatei Waldbehandlungen modelliert. Die Eingriffe können über prozentuale Überlebensfunktionen als Jungwuchspflege, Gleich-, Nieder-, Hoch- oder Auslesedurchforstung, flächige, selektive (als Hoch-Durchforstung ohne Berücksichtigung von Zieldurchmessern) oder Zielstärkennutzung simuliert werden. Wird die jeweilige Leitkurve um mehr als 80% unterschritten erfolgt eine Räumung des betreffenden ideellen Bestandes unabhängig von der vorgegebenen Umtriebszeit. Die Bestandesbegründung kann mit den Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft oder denen des Ausgangsbestandes (unter Beibehaltung des Mischungsverhältnisses) erfolgen.

In der Steuerung der Waldbehandlung kann für je eine individuelle Kombination aus Bundesland, Eigentumsart, Baumart und Alter eine individuelle Maßnahme eingegeben werden. Zusätzlich zu diesen Schlüsselparametern müssen Eingriffsart, -intervall, BHD- und / oder Höhengrenzen, zeitliche Variation z.B. um den Startzeitpunkt der ersten Durchforstung und der Endnutzung, eine (fiktive) Umtriebszeit und, für Zielstärkennutzungen, das Entnahmeprozent für die Bäume, die die Zielstärke erreicht haben, vorgegeben werden. Als Neuerungen gegenüber WEHAM 2002 sind in WEHAM 2012 die Möglichkeit zur zeitlichen Staffelung von Behandlungsszenarien und die Möglichkeit der automatisierten Durchführung von Monte-Carlo-Simulationen implementiert. Ersteres ermöglicht z. B. die Abb. von Lernkurven (nicht jeder Waldbesitzer übernimmt eine Behandlungsart zeitgleich mit all seinen Kollegen) oder die Abb. einer über die Zeit intensiver oder extensiver werdenden Behandlung.

Aus den Ergebnissen dieser Behandlungen werden zum einen die Waldzustände hergeleitet (Anteilsflächen, Alters- und Durchmesserverteilungen, ...), zum anderen wird das entnommene Holzvolumen im Sortierungsmodul nach den regional gültigen Sortiervorschriften ausgehalten und damit zum Rohholzpotential. Dieses kann standardmäßig als Volumen, Biomasse oder Kohlenstoffvorrat ausgegeben werden. WEHAM ermittelt ein Potenzial und erstellt keine Prognose über die tatsächlich auf dem Rohholzmarkt verfügbare Rohholzmenge. Die Steuerung der Sortierung erfolgt nach Land, Baumart, BHD-Stufe und Sortiervariante (Langholz, Kurzholz, Kombinationen aus beidem) als Schlüsselparametern und Angaben zu Anteilen der Sortiervarianten je Schlüsselkombination, Zopf-, Mindest- und Maximaldurchmessern und –längen sowie Zugaben und X-Holz. Für die Interpretation der Ergebnisse ist wichtig, dass WEHAM keine Qualitätsparameter berücksichtigen kann (sie werden in der BWI nicht erhoben) und die Zuordnung zum Sortiment „Industrieholz“ in WEHAM deshalb nur nach der Dimension erfolgt. „Industrieholz“ in WEHAM ist das Holz, welches zwischen dem niedrigsten - und dem Aufarbeitungszopf anfällt. Die im Ergebnis ausgegebene Menge an Industrieholz wird deshalb, werden die Sortimentszöpfe für Lang- und Kurzholz zu niedrig angesetzt, deutlich unter der in z. B. Holzeinschlags- und –verkaufstatistiken ausgewiesenen Menge liegen. Nutzungseinschränkungen werden über den jeweiligen Schutzgebietstypus grob in vier Klassen erfasst: Nutzung voll zulässig, Nutzungsreduktion um 1/3, um 2/3 und kompletter Verzicht, z. B. in Nationalparkkernzonen. In letzterem Fall wurde in WEHAM 2002 die Fläche quasi aus dem Modell „entlassen“, da hier aus rechtlichen Gründen kein Nutzungspotential besteht. In WEHAM 2012 soll hier mit einer Simulation der natürlichen, konkurrenzbedingten Mortalität gearbeitet werden, so dass auch die hierdurch entstehenden Biomasseakkumulationen und z.B. Totholz abgeschätzt werden können.

„Modellperformance“ - Vergleich von WEHAM 2002 mit den Ergebnissen der Inventurstudie 2008

Die Erhebungsdaten der Inventurstudie 2008 (IS 08) wurden mit den nur auf den entsprechenden Stichprobenpunkten aufsetzenden WEHAM 2002-Simulationen verglichen (Tab. 1)(DUNGER und ROCK 2009; DUNGER et al. 2009; OEHMICHEN et al. 2011). Die generelle Übereinstimmung ist sehr gut, was die absolute Vorratshöhe anbetrifft. Dies sollte jedoch nicht als „Prognosefähigkeit“ gedeutet werden, die die Betrachtung einzelner Baumarten ganz andere Ergebnisse aufzeigt (Abb. 2, 3).

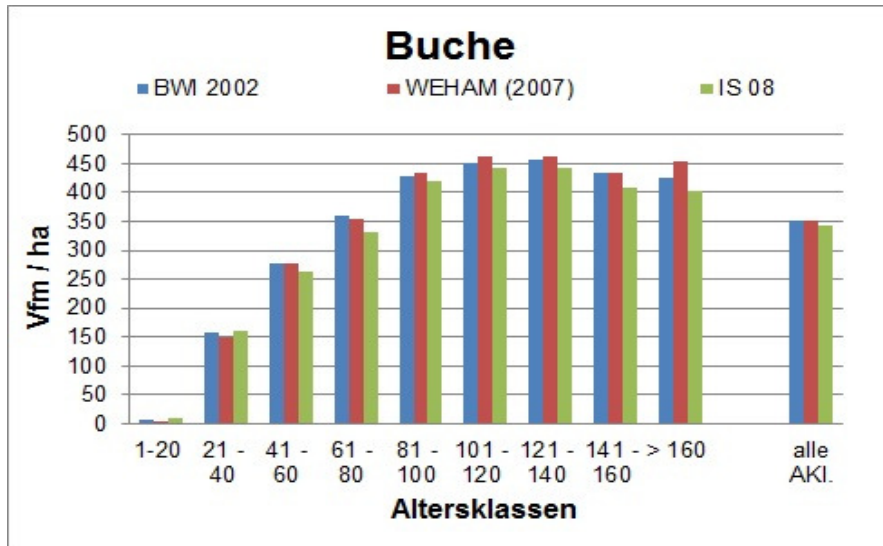
Tab. 1: Vergleich wichtiger Kenngrößen von WEHAM 2002 und der IS 08

	WEHAM 2002 (2007)	Inventurstudie 2008
Vorrat / ha (Vfm, nur Hauptbestand)	318,5	318,5
laufender Zuwachs (Vfm / ha*J)	10,36	10,76
Abgänge (Vfm / ha*J)	8,7	8,9

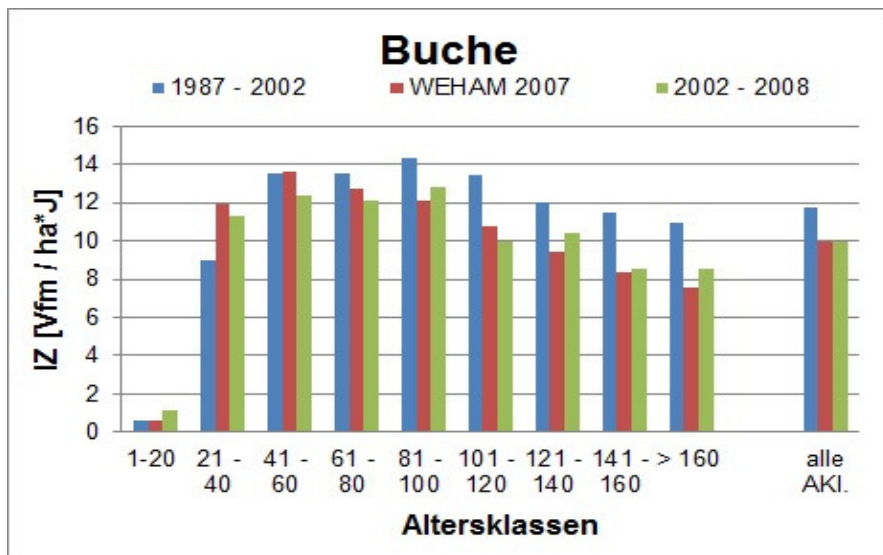
Während die Vorratsentwicklung und die Zuwächse in Planung (bzw. Erwartung) und Realität gut übereinstimmen, zeigen die Abgänge einen niedrigeren als geplanten Vollzug in der Durchforstung junger Altersklassen und in der Endnutzung bei stärkeren Eingriffen in mittelalten Beständen. Wie ebenfalls zu sehen, kann die Vorratsentwicklung von der Bilanz aus laufendem Zuwachs je Hektar und den Abgängen divergieren. Da in beiden Rechnungen sog. Einwachser unterschiedlich berücksichtigt sind, beim Zuwachs die realen Aufnahmetermine berücksichtigt sind während beim Abgang die Stichtage der Inventur zählen und Zuwachs und Abgänge auf unterschiedlichen Flächen anfallen, wäre eine vollständige Übereinstimmung der gemessenen Werte aus Gründen der Stichprobenstruktur rein zufällig. Die in WEHAM projizierten Werte hingegen stimmen im Saldo überein.

Für die Fichte gilt bezüglich der Bilanz aus Zuwachs und Abgängen dasselbe wie für die Buche, wenn auch die Unterschiede hier nicht ganz so ausgeprägt sind. Im Vergleich zu Planung und Erwartung wurde sehr stark in die jungen und mittleren Altersklassen eingegriffen, weniger stark in den hohen. Die Gründe hierfür lassen sich aus der BWI nicht ableiten, aber ein Einfluss sowohl von Schadereignissen (Sturm „Kyrill“, 2007), geänderten waldbaulichen Strategien (stärkere Durchforstung zur Förderung der Einzelbaumstabilität) und der Marktsituation (bessere Erlössituation erlaubt auch wenigstens kostendeckende Eingriffe in junge, dünnere Bestände) kann aber sicherlich unterstellt werden.

a)



b)



c)

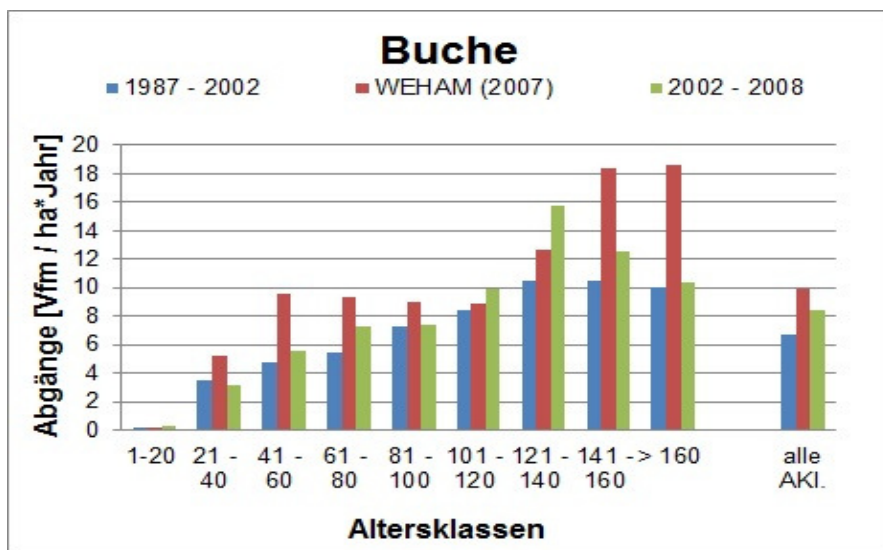
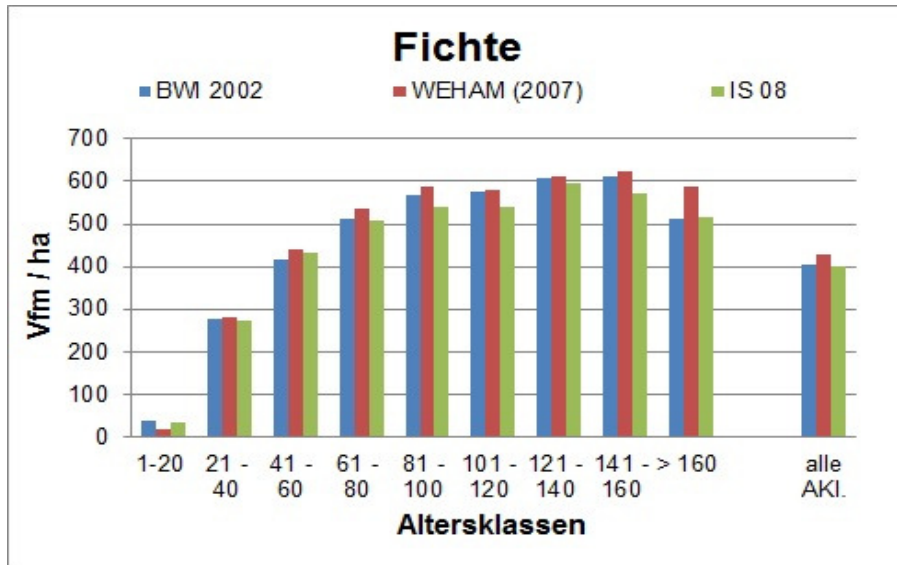
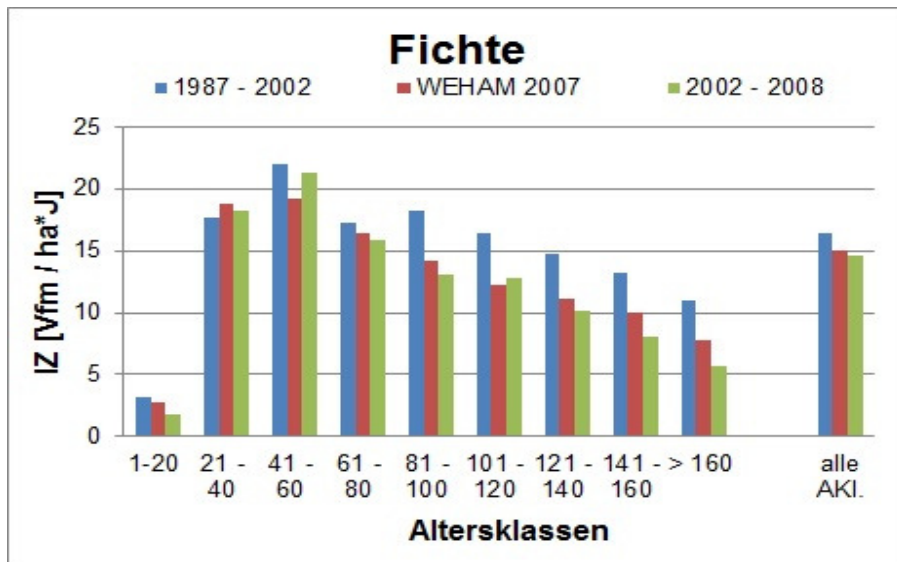


Abb. 2: Vergleich von a) Vorräten, b) laufendem Zuwachs und c) Abgängen zwischen BWI 1 (1987), BWI 2002, IS 08 und WEHAM 2002 (für Zustand 2007) bei der Baumart Buche. Zu beachten: Veränderungen 1987 – 2002 gelten nur für die „alte“ Bundesrepublik.

a)



b)



c)

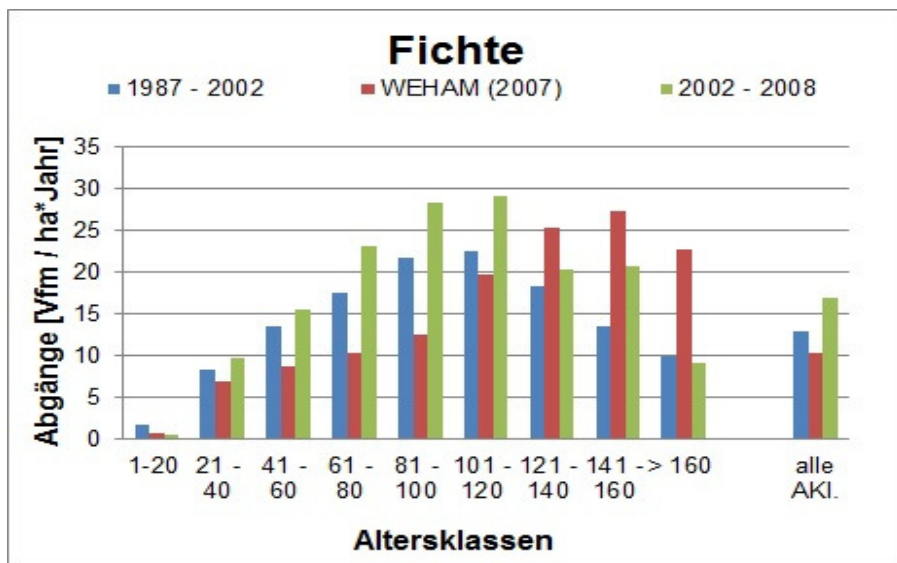


Abb. 3: Vergleich von a) Vorräten, b) laufendem Zuwachs und c) Abgängen zwischen BWI 1 (1987), BWI 2002, IS 08 und WEHAM 2002 (für Zustand 2007) bei der Baumart Fichte. Zu beachten: Veränderungen 1987 – 2002 gelten nur für die „alte“ Bundesrepublik.

Es gibt neben den schon erwähnten Punkten (Einwachser, Flächenbezug) noch andere Aspekte, die beim Vergleich von WEHAM-Ergebnissen mit älteren WEHAM-Läufen und Daten aus anderen Quellen berücksichtigt werden müssen. Dies sind (unter anderem):

- die Bezugseinheit
 - reell / ideell, mit / ohne Blößen, Haupt- / Nebenbestand, ...
 - Region, Zeitraum / -punkt (Stichtage der Inventuren ≠ Periodenlänge bei Zuwachs)
 - Verdichtung (Stichprobennetz, bei IS 08 anders als bei BWI 2002 oder BWI 2012)
 - Mindestdurchmesser (Totholz, Abgänge WEHAM vs. Inventuren, ...)
- Maßeinheiten (es gibt auch „Vorrat“ in „Erntefestmeter“, Efm-Herleitung erfolgt nicht pauschal über Abzug von Vfm)
- Baumart („rein“ oder Baum- bzw. Holzartengruppe)?
- ggf. Szenario

Änderungen zu WEHAM 2002 – Basisszenario

Für WEHAM 2012 wird, wie bereits nach der BWI 2002, in Kooperation mit den Ländern und unter Anhörung diverser Verbände ein „Basisszenario“ erstellt, das die für die nähere Zukunft erwartete Waldbewirtschaftung abbilden soll. Es ist derzeit noch in Arbeit, aber im ersten Entwurf zeigen sich die in Tab. 2 dargestellten Änderungstendenzen gegenüber dem Basisszenario 2002 (Tab. 2).

Tab. 2: Änderungstendenzen hinsichtlich der Waldbehandlung im Basisszenario 2012 gegenüber 2002.

Veränderung zu WEHAM 2002	Anstieg / Erhöhung	Verkürzung / Verringerung
differenziertere Berücksichtigung der Eigentumsarten	alle BA	
Mittelhöhen (Eingriffsgrenze)	alle BA	
Eingriffsintervall	alle BA	
Zielstärken	Ei, Bu, Dgl	Fi, Ki, Ta
Produktionszeit („U“)		alle BA
Endnutzungszeitraum		alle BA
Entnahmeprozent (EN, nur Zielstärkennutzung)	alle BA	

Im Vergleich zu 2002 erfolgt beim ersten Entwurf eine differenziertere Betrachtung der Eigentumsarten, eine deutlichere Staffelung der Eingriffe, die zudem tendenziell früher erfolgen sollen. Die Zielstärken wurden bei Fichte, Kiefer und Tanne niedriger, für Eiche, Buche und Douglasie höher angesetzt und die Endnutzung bzw. Verjüngung von Altbeständen soll in einem engeren Zeitfenster beginnen, aber mit einer geringeren Entnahme je Eingriff durchgeführt werden.

Einige Modellergänzungen sind derzeit noch in der Umsetzung. So ist natürliche Mortalität als dichteabhängiger Prozess zu integrieren, um z. B. aussetzende Betriebe oder Flächen unter komplettem Nutzungsverzicht realistisch abbilden zu können. Regeln über die Annahme von Baumartenverteilung bei Verjüngung sind ebenfalls noch nicht abschließend getroffen. Klar ist hingegen, dass ein vorhandener Nebenbestand aus z. B. Voranbau nach Endnutzung des Hauptbestandes als neuer Hauptbestand übernommen werden muss. In WEHAM 2002 wurde im Falle der Endnutzung der Nebenbestand ebenfalls geräumt, was natürlich nicht den realen Gegebenheiten entspricht. Die Abb. von z. B. Alt- und Totholzprojekten in WEHAM wird ebenfalls von verschiedenen Seiten gewünscht. Hierfür existieren zwar theoretisch mehrere technische Möglichkeiten, die jeweils Vor- und Nachteile haben, aber allesamt das Grundproblem nicht beachten: diese Programme sind Entscheidungen über die Verwendung von Holz, das zum Nutzungspotential insgesamt gehört. Eine Berücksichtigung dieser freiwilligen und je nach Bundesland und Eigentumsart sehr unterschiedlich ausgeprägten Sonderprogramme würde deshalb zum einen gegen die Grundphilosophie von WEHAM verstoßen, zum anderen einen enormen Arbeitsaufwand bedingen, weil die Heterogenität dieser Sonderprogramme in die Modellierung eingebaut werden müsste. Aus

diesen Gründen wird hierauf verzichtet und entsprechende Betrachtungen *ex post* und außerhalb von WEHAM angestellt.

In einigen Ländern wird das Kronenholz, welches in WEHAM eigentlich als „ungenutztes Derbholz“ klassifiziert werden müsste, als „Energieholz“ aufgearbeitet (oft zusammen mit anderen Sortimenten). Dies kann derzeit in WEHAM nicht direkt abgebildet werden, da in der Realität hier auch in WEHAM als Kurzholz erfasste Mengen zugeordnet werden. Eine Lösung ist nicht angedacht, da die hierfür notwendigen Parameter betriebsindividueller Natur sind und nicht im Rahmen der BWI erhoben werden können.

Der derzeit verwendete Ansatz der Zuwachsmodellierung berücksichtigt Klimaänderungen und andere Trends nur indirekt. Projektionen über lange Zeiträume können damit nur bedingt erfolgen, weshalb in den kommenden Jahren analysiert werden wird, ob und wie man den Zuwachs klimasensitiv berücksichtigen kann. Entsprechende Arbeiten werden aber erst nach dem Abschluss von WEHAM 2012 in Angriff genommen werden können.

LITERATURVERZEICHNIS

- ANONYMUS: Benutzeranleitung WEHAM - Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung WEHAM Version 1.16. Freiburg, FVA: 39. 2005
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHER-SCHUTZ: Das Waldentwicklungsmodell 2003 bis 2042 - Modell und Ergebnisse., BMELV. Berlin, BMELV: 99. 2005
- BÖSCH, B.: WEHAM II - Modelle und Algorithmen., FVA. Freiburg, FVA Baden - Württemberg: 77. 2005
- DUNGER, K. und J. ROCK: "Projektionen zum potentiellen Rohholzaufkommen." AFZ / Der Wald 64(20): 1079 - 1081. 2009
- DUNGER, K., W. STÜMER, K. OEHMICHEN, T. RIEDEL und A. BOLTE: "Der Kohlenstoffspeicher Wald und seine Entwicklung." AFZ / Der Wald 64(20): 1072 - 1073. 2009
- KRUG, J., J. ROCK, W. STÜMER, K. DUNGER, T. RIEDEL und S. RÜTER: The German Reference Level for FM - Background Paper. . Hamburg, Eberswalde, vTI: 14. 2011
- OEHMICHEN, K., B. DEMANT, K. DUNGER, E. GRÜNEBERG, P. HENNIG, F. KROIHER, M. NEUBAUER, H. POLLEY, T. RIEDEL, J. ROCK, F. SCHWITZGEBEL, W. STÜMER, N. WELLBROCK, D. ZICHE und A. BOLTE: Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald Landbauforschung. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI), Institut für Waldökologie und Waldinventuren, Alfred-Möller-Str. 1, D - 16225 Eberswalde. 343: 141. 2011
- POLLEY, H. und F. KROIHER: Struktur und regionale Verteilung des Holzvorrates und des potenziellen Rohholzaufkommens in Deutschland im Rahmen der Clusterstudie Forst- und Holzwirtschaft Eberswalde, BFH, Institut für Waldökologie und Waldinventuren. Arbeitsbericht WOI 2006 / 3: 128. 2006
- ROCK, J., K. DUNGER, T. RIEDEL und W. STÜMER: Ertragskundliche Projektionen für die Treibhausgasbilanzierung von Wäldern., in J. NAGEL (Hrsg.): Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten Sektion Ertragskunde: Beiträge zur Jahrestagung 2012, Göttingen, NW-FVA, DVFFA: 68 - 72. 2012
- SEINTSCH, B.: Die Darstellung der volkswirtschaftlichen Bedeutung des Clusters Forst und Holz. Ergebnisse und Tab.n für 2005. Arbeitsbericht, B. F. F.-U. HOLZWIRTSCHAFT. Hamburg, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft und Zentrum Holzwirtschaft Universität Hamburg. 2007 / 3: 67. 2007