

Nutzerhinweise zum Geleit: Eine neue Generation von Ertragstafeln für die Baumarten Eiche, Buche, Fichte, Douglasie und Kiefer

M. Albert, J. Nagel, M. Schmidt, R.-V. Nagel und H. Spellmann

Herausgeber: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Die wichtigsten Informationen in Kürze vorab:

Die neuen Ertragstafeln

- bilden das aktuelle Zuwachsniveau ab
- beschreiben ein mittleres Ertragsniveau
- unterstellen einen in der Jugend modifizierten Bonitätsfächer auf Basis der baumartenspezifischen Alters-Oberhöhen-Beziehungen der Ertragstafelsammlung von Schober (1995)
- unterstellen eine gestaffelte Hochdurchforstung als waldbauliche Norm
- beziehen sich nur auf den Oberstand (Gesamtheit aller Bäume, deren Höhe > 50 % der Bestandesoberhöhe (H_{100}) ist)
- geben eine Grundflächenhaltung vor, die den Bestockungsgrad von 1,0 definiert
- sollten nur für Planungszeiträume bis 20 Jahre angewendet werden
- haben einen räumlichen Gültigkeitsbereich für Nordwestdeutschland
- sehen eine periodische, in Zeitintervallen von ca. 10 bis 20 Jahren durchzuführende Neuparametrisierung der Zuwachsfunktionen und eine Überarbeitung der Ertragstafelwerte vor

1. Einführung

Die klassischen Ertragstafeln bieten der Forstwirtschaft seit langer Zeit Orientierung und Norm bei der Planung, Bewirtschaftung und Bewertung der Wälder. Seit den ersten Ertragstafeln, die eher örtliche Erfahrungstabellen waren (Paulsen 1795), wurde die Methodik der Herleitung der Tafelwerke immer wieder angepasst, der ursprüngliche Aufbau blieb jedoch weitgehend unverändert. Die erste Ertragstafelgeneration basierte auf einer geringen Datengrundlage und hatte eine recht beschränkte regionale Gültigkeit. Die zweite Ertragstafelgeneration erfuhr durch Ganghofer (1881) eine Vereinheitlichung der Datengrundlage und Konstruktionsmethodik mit einer Bindung an „normale“ Bestände. Prominente Beispiele für diese Großgebietsertragstafeln stammen von Schwappach (1902) sowie deren Weiterentwicklungen durch Wiedemann (1949) und Schober (1975). Die dritte Generation der Ertragstafeln, beginnend mit den Arbeiten von Gehrhardt (1923) und Assmann und Franz (1963), verwendet biometrisch-statistische Modelle, um aus Versuchsflächenbeobachtungen die Ertragstafelverläufe der Bestandesgrößen abzuleiten. Auch viele neuere Ertragstafeln folgen dieser Methodik (vgl. z. B. Dittmar et al. 1983, Wenk et al. 1984, Bergel 1985, Nagel 1985, Böckmann 1990, Lockow 2003, Röhe et al. 2019).

Die Herleitung der neuen, vierten Generation von Ertragstafeln für die fünf Hauptbaumarten Eiche (*Quercus petraea* [Mattuschka] Liebl. resp. *Quercus robur* L.), Buche (*Fagus sylvatica*, L.), Fichte (*Picea abies*, [L.] Karst), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*, [Mirb.] Franco) und Kiefer (*Pinus silvestris*, L.) geht

über das Prinzip eines biometrisch-statistischen Ausgleichs von empirischen Beobachtungen hinaus. Aufbauend auf realen Versuchsflächendaten werden künstliche Modellbestände generiert und mit dem Einzelbaumwachstumssimulator TreeGrOSS der NW-FVA (Hansen und Nagel 2014; Sprauer und Nagel 2018) für 30-Jahre fortgeschrieben. Diese Simulationsdaten werden anschließend mittels eines Systems von biometrisch-statistischen Funktionsgleichungen in Tafelwerke überführt. Dieses Vorgehen hat zwei entscheidende Vorteile. Zum einen wird das Wachstum mit den Zuwachsfunktionen von TreeGrOSS auf dem aktuell herrschenden Zuwachsniveau projiziert, was aufgrund der sich ändernden Standortverhältnisse bei langfristigen Versuchsflächen für weit zurückliegende Aufnahmen nicht gegeben wäre. Zweitens kann im Waldwachstumssimulator die von der NW-FVA empfohlene waldbauliche Behandlung einer gestaffelten Hochdurchforstung abgebildet werden, während die empirische Datenbasis für diese waldbauliche Vorgehensweise für eine Ertragstafelerstellung zu gering ist.

Eine periodische, in Zeitintervallen von ca. 10 bis 20 Jahren durchzuführende Neuparametrisierung der modellbasierten Ertragstafeln ist vorgesehen, um den weiter fortschreitenden Veränderungen der Standort-Leistungsbeziehungen vor allem aufgrund des Klimawandels sowie waldbaulichen und methodischen Weiterentwicklungen Rechnung zu tragen.

2. Erläuterung zur Ertragstafelsammlung

Die Erstellung der Ertragstafeln basiert auf zwei grundlegenden Festlegungen: (1) es wird ein mittleres Ertragsniveau abgebildet und (2) es wird ein in der Jugend modifizierter, funktionalisierter Bonitätsfächer auf Basis der baumartenspezifischen Alters-Oberhöhen-Beziehungen der Ertragstafelsammlung von Schober (1995) angewendet.

2.1 Datengrundlage und Gültigkeitsbereich

Die Datengrundlage stammt von ertragskundlichen Versuchsflächen der NW-FVA. Es wurden Versuchspartellen verwendet, die konsequent hochdurchforstet wurden und somit der abzubildenden waldbaulichen Norm einer gestaffelten Hochdurchforstung möglichst nahe kommen. Ziel war es dabei, ein möglichst breites Alters- und Bonitätsspektrum abzubilden. Anhand dieser Versuchsflächendaten wurden die mit dem Einzelbaumwachstumssimulator fortzuschreibenden Modellbestände generiert. Die entsprechenden Kennwerte der Modellbestände für die fünf Hauptbaumarten sind in Tab. 1 aufgelistet.

Tab. 1: Datengrundlage für die Ertragstafelerstellung für die fünf Hauptbaumarten: Anzahl der generierten Modellbestände mit ihren Alters- und Oberhöhenbonitätskennwerten. ¹⁾Die Anzahl ergibt sich aus der in Klammern angegebenen Anzahl von Versuchspartellen multipliziert mit den verwendeten Aufnahmen abzüglich ausgesonderter Startkonstellationen.

	Anzahl Modellbestände ¹⁾	Alter zu Beginn der Projektion [Jahre]			Oberhöhenbonität h_{100} [m]		
		Min.	Mittelwert	Max.	5%- Quantil	Mittelwert	95%- Quantil
Eiche	463 (101)	17	74	170	19,4	27,3	36,4
Buche	241 (61)	25	63	110	26,7	33,1	40,4
Fichte	278 (61)	19	42	99	30,1	37,9	42,2
Douglasie	478 (290)	15	40	77	35,1	41,7	47,8
Kiefer	142 (32)	16	43	96	24,9	30,6	35,7

Der Altersbereich der Modellbestände deckt, insbesondere nach einer 30-jährigen Fortschreibung, den Gültigkeitsbereich der zu erstellenden Ertragstafeln gut ab, nämlich vom Beginn der Durchforstungseingriffe bis zur einsetzenden End-/Zielstärkennutzung. Das Bonitätsspektrum der verwendeten Versuchsflächen reicht (gerundet) bei Eiche von der -I. bis zur III., bei Buche von der -I. bis zur II,5, bei Fichte von der -I. bis zur II., bei Kiefer von der 0,5 bis zur II. und bei Douglasie von der -I. bis zur III. Ertragsklasse. Zur Validierung der Ergebnisse wurde auf eine weitaus größere Zahl Versuchsflächen zurückgegriffen.

Die herangezogenen Versuchsflächen stammen weit überwiegend aus dem heutigen Zuständigkeitsbereich der NW-FVA in den Bundesländern Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein sowie aus den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland, in denen die Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt (NFV) auf ausgewählten Versuchsflächen früher zuständig war und die noch heute in Beobachtung der NW-FVA stehen. Die neuen Ertragstafeln haben somit einen räumlichen Gültigkeitsbereich für Nordwestdeutschland. Es handelt sich also um Großgebietstafeln.

2.2 Waldbauliches Behandlungskonzept

Das in den Ertragstafeln abgebildete Behandlungskonzept zielt darauf ab, stabile, vertikal und horizontal strukturierte Bestände guter Qualität zu erziehen, die eine möglichst risikoarme Entwicklung der Volumen- und Werterzeugung gewährleisten und Handlungsspielräume für die Verjüngungsphase schaffen (vgl. dazu Waldbaumerkblätter, NW-FVA 2021). Dazu wird das von der NW-FVA empfohlene Konzept einer gestaffelten Hochdurchforstung umgesetzt, welches bei den ersten Eingriffen starke Durchforstungen im Herrschenden zur konsequenten Förderung einer baumartenspezifisch bemessenen Anzahl von Z-Bäumen, danach einen Übergang zu mäßigen, die Z-Bäume pflegenden und den Bestandesschluss erhaltenden Eingriffen vorsieht und schließlich mit Einsetzen der End-/Zielstärkennutzung ausläuft. Die Phase der End-/Zielstärkennutzung selbst ist in den Tafeln nicht abgebildet.

Maßgebliches Kriterium für die Durchforstungsstärke ist die in bestimmten Altern bzw. bei bestimmten Oberhöhen anzustrebende Grundflächenhaltung im Oberstand. Der Unterstand, definiert im Anhalt an Assmann (1961) als die Bäume, deren Höhe $\leq 50\%$ der Oberhöhe (H_{100}) des Bestandes in gegebenem Alter ist, wird nicht bei der Bemessung der Eingriffsstärken und auch nicht in den Grundflächenangaben der Ertragstafeln für den verbleibenden und ausscheidenden Bestand berücksichtigt.

Die vorgegebene Grundfläche des verbleibenden Bestandes ist die Bezugsgröße und definiert den Bestockungsgrad B° von 1,0 für die neuen Ertragstafeln.

2.3 Bonitierung

Die Bonitierung der Bestände erfolgt mittels des Bestandesalters und der Oberhöhe (H_{100}) anhand der den Ertragstafeln zugrunde liegenden Bonitätsfächer. Die Ertragstafeln sind nach absoluten Oberhöhenbonitäten im Alter 100 gegliedert. Diese absoluten Oberhöhen stehen zu den relativen Ertragsklassen laut Ertragstafelsammlung Schober (1995) in folgenden Beziehungen (Tab. 2):

Tab. 2: Die absoluten Oberhöhenbonitäten in den Ertragstafeln und die korrespondierenden relativen Ertragsklassen (gerundet) nach Schober (1995).

	H ₁₀₀ [m]	Ekl		H ₁₀₀ [m]	Ekl
Eiche	33	-I	Fichte	43	-I
	30	0		39	0
	27	I		35	I
	24	II		31	II
	21	III		27	III
Buche	40.5	-I	Douglasie	50	0
	36.5	0		45	I
	32.5	I		40	II
	28.5	II		35	III
	24.5	III	Kiefer	37	-I
		33		0	
		29		I	
		25		II	
		21		III	

3. Ertragstafelaufbau und Anwendungsvoraussetzungen

Die Ertragstafeln sind nach den klassischen Vorbildern aufgebaut. Für verschiedene absolute Oberhöhenbonitäten sind die Entwicklungen der ertragskundlichen Bestandeskennwerte, getrennt nach verbleibendem und ausscheidendem Bestand, in Fünfjahresschritten dargestellt. Die Angaben beginnen mit der Fünfjahres-Altersperiode, in der der Bestand eine Oberhöhe (H₁₀₀) von 11 m erreicht bzw. überschritten hat und erstmals durchforstet wird. Die Angaben enden, wenn die Endnutzung mit Aufkommen zielstarker Bäume einsetzt oder die festgesetzte Altersobergrenze der Tafeln erreicht ist (Eiche = 180 Jahre, Buche = 150 Jahre, Fichte = 120 Jahre, Douglasie = 120 Jahre, Kiefer = 120 Jahre).

Die Angaben des laufenden Zuwachses beziehen sich auf die der Zeile vorhergehende Fünf-Jahres-Periode, z. B. entspricht der in der Ertragstafel Eiche, Oberhöhenbonität 30, im Alter 50 angegebene laufende Volumenzuwachs von 11,5 m³ha⁻¹J⁻¹ einem 5-jährigen periodischen Zuwachs von 57,5 m³ha⁻¹ in der Altersperiode 45 bis 50. Dieser Bezug auf den Beginn der Zuwachsperiode entspricht den Angaben der Fichten-Ertragstafel von Wiedemann (1936/42), während sich der laufende Zuwachs in der Buchen-Ertragstafel von Schober (1967) jeweils auf die folgende Fünf-Jahres-Periode bezieht.

Bei der Anwendung der Ertragstafeln kann zwischen den Oberhöhenbonitäten und den Altern linear interpoliert werden. Für Angaben außerhalb der in den Ertragstafeln aufgespannten Bonitäts- und Altersrahmen sind die Möglichkeiten der linearen Extrapolation begrenzt.

Die Ertragstafeln sind für gleichaltrige, vollbestockte Reinbestände konzipiert. Je stärker die realen Bestände von dieser Norm abweichen, desto ungenauer sind die Ertragstafelschätzungen.

Bei Abweichungen vom unterstellten Bestockungsgrad $B^{\circ}=1,0$ (Grundflächenhaltung der gestaffelten Hochdurchforstung) sind die Zuwachskorrekturfaktoren (siehe Tabellenanhang) anzuwenden, um den aus abweichenden Bestandesdichten resultierenden Mehr- bzw. Minderzuwachs zu berücksichtigen.

Auch Baumartenmischungen können zu signifikanten Mehr- bzw. Minderzuwächsen des Gesamtbestandes führen. Je intensiver die Mischungsform ist (Einzelmischung, trupp- bzw. gruppenweise Mischung), desto ungenauer sind die Ertragstafelschätzungen für die jeweiligen ideellen Anteilflächen der Mischbaumarten.

Aufgrund der sich rapide verändernden Standortsbedingungen sollten die Ertragstafeln nicht für langfristige Planungen bzw. Prognosezeiträume > 20 Jahre verwendet werden. Anwendungen über diesen

Zeitraum hinaus können ggf. zu deutlichen Abweichungen zwischen den in der Ertragstafel unterstellten Standort-Leistungsbeziehungen und deren künftiger Dynamik führen.

Förderung

Die Entwicklung der neuen Ertragstafeln wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (Förderkennzeichen 22027816) von der FNR gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

- Assmann, E. (1961): Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München: BLV Verlagsgesellschaft.
- Assmann, E. und Franz, F. (1963): Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt, München. 104 S.
- Bergel, D. (1985): Ertragstafel für Douglasie. Schober, R. (Hg.): Ertragstafeln wichtiger Baumarten. 4. Aufl., Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag, 1995.
- Böckmann, Th. (1990): Wachstum und Ertrag der Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) in Niedersachsen und Nordhessen. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen. 143 S.
- Dittmar, O., Knapp, E. und Lembcke, G. (1986): DDR-Buchenertragstafel 1983. IFE-Berichte aus Forsch. u. Entwicklung 4
- Ganghofer, A. (1881): Das forstliche Versuchswesen. Band 1. Augsburg.
- Gehrhardt, E. (1923): Ertragstafeln für Eiche, Buche, Tanne, Fichte und Kiefer. Berlin: Springer.
- Hansen, J. und Nagel, J. (2014): Waldwachstumskundliche Softwaresysteme Auf Basis von TreeGrOSS - Anwendung Und Theoretische Grundlagen. Beiträge a. ed. Hermann Spellmann. Göttingen: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt.
- Lockow, K.-W. (2003): Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) im norddeutschen Tiefland. Ertragstafel. Landesforstanstalt Eberswalde.
- Nagel, J. (1985): Wachstumsmodelle für Bergahorn in Schleswig-Holstein. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen. 124 S.
- NW-FVA (2021): Merkblätter, Entscheidungshilfen und Leitfäden. <https://www.nw-fva.de/veroeffentlichen/merkblaetter> (Zugriff am 08.12.2021)
- Paulsen, J. Ch. (1795): Praktische Anweisung zum Forstwesen. Detmold.
- Röhe, P., Lockow, K.-W. und Noack, M. (2019): Ertragstafel für die Stieleiche (*Quercus robur* L.). Landesforst Mecklenburg-Vorpommern (Hg.). cw Nordwest Media Verlagsgesellschaft.
- Schwappach, A. (1902): Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände in Preußen unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses verschiedener wirtschaftlicher Behandlungsweisen. In: Mitt. Forstl. Versuchswesens Preußens, S. 44–119.
- Schober, R. (1975): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Neubearb. Frankfurt a. M: J.D. Sauerländer's Verlag.
- Schober, R. (1967): Ertragstafel für die Baumart Buche (mäßige und starke Durchforstung). Schober, R. (Hg.): Ertragstafeln wichtiger Baumarten. 4. Aufl., Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag, 1995.
- Schober, R. (1995): Ertragstafeln wichtiger Baumarten. 4. Aufl. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag.
- Sprauer, S. und Nagel, J. (2018): Neuparametrisierung des Grundflächenzuwachsmodells in TreeGrOSS mit Versuchsflächendaten ab 1970. NW-FVA unveröffentlicht.
- Wenk, G., Römisches, K. und Gerold, D. (1984): DDR-Fichtenertragstafel. Dresden, Agrarwiss. Ges. d. DDR.
- Wiedemann, E. (1936/42): Ertragstafel für die Baumart Fichte (mäßige, starke und gestaffelte Durchforstung). In: Schober, R. (Hg.): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. 4. Aufl., Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag, 1995.
- Wiedemann, E. (1949): Ertragstafeln der wichtigen Holzarten bei verschiedener Durchforstung. Verlag Schaper, Hannover. 100 S.