

Biomasse in durchgewachsenen Niederwäldern

Patrick Pyttel, Christian Suchomel, Gero Becker und Jürgen Bauhus

Während um das Jahr 1900 noch erhebliche Teile der deutschen Waldfläche von Niederwäldern geprägt waren, liegt der heutige Flächenanteil bewirtschafteter Niederwälder (d.h. Bestände jünger als 40 Jahre) bei nur noch 0,7 % [1]. Heutige Relikte der einstmals so weit verbreiteten Niederwaldwirtschaft sind so genannte Stockausschlagwälder. Durch die von vielen Seiten geforderte Mobilisierung von Rohholzreserven könnten diese Wälder, nach Jahrzehnten in denen sie nicht oder nur in geringem Umfang genutzt wurden, wieder an Bedeutung gewinnen.

Angetrieben durch die Diskussion um den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien [6, 2], durch die zunehmende Konkurrenz zwischen energetischer und stofflicher Holznutzung und durch die steigende Nachfrage, vor allem durch den privaten Hausbrand (siehe z.B. [14, 19]), ist in Zukunft mit einer steigenden Nachfrage an Holz aus Niederwäldern oder Stockausschlagwäldern zu rechnen. Neben steigenden (Brenn-)Holzpreisen können moderne Nutzungstechnologien (Laubholz-Harvester, Fäller-Bündler-Aggregate, Hackschnitzel-Harvester) einen Beitrag zur kostengünstigen Holzernte auch im Laubholz leisten und damit zusätzlich die Wiederaufnahme einer – wahrscheinlich modifizierten Art – der Niederwaldwirtschaft fördern [5, 15].

Bei einer Wiederaufnahme der Niederwaldwirtschaft auf Flächen mit Stockausschlagwald können die traditionellen Nutzungsformen nur sehr begrenzt als Modell herangezogen werden. Bei einer Wiederaufnahme gilt es vielmehr, den Vorgaben zu entsprechen, die das heute

gültige Verständnis einer multifunktionalen, nachhaltigen Forstwirtschaft mit sich bringt [11]. Für eine den gesamteuropäischen Kriterien und Indikatoren für die nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern [12] entsprechende Bewirtschaftung von Stockausschlagwäldern fehlen Informationen über grundlegende forstwirtschaftliche und waldbauliche Aspekte. Zum Beispiel ist nicht klar, ob die herkömmlichen Instrumente zur Schätzung der nachhaltigen Biomasse für Stockausschlagwälder geeignet sind.

Daher bestand das Ziel dieser Untersuchung¹⁾ in der Entwicklung von einfach anwendbaren, aber dennoch möglichst genauen Biomassefunktionen für die in deutschen Stockausschlagwäldern oftmals bestandesbildenden Baumarten Traubeneiche (*Quercus petraea*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*). Neben der Ermittlung eines nutzbaren Potenzials an Biomasse in Stockausschlagwäldern können mittels dieser Funktionen betriebswirtschaftliche Entscheidungen unterstützt und Grundlagen für die Erstellung von Kohlenstoff- und Nährstoffbilanzen geschaffen werden.

Untersuchungsgebiet

Neben Bayern befinden sich die größten Flächen Deutschlands mit Stockausschlagwald in Rheinland-Pfalz (rund 20 % oder ~160 000 ha der dortigen Gesamtwaldfläche [8]). Viele dieser Stockausschlagwälder

sind zwischen 80 und 90 Jahre alt, befinden sich oftmals in schlecht erschlossenen und steilen Lagen und erfüllen daher vielfältige Schutzfunktionen (Abb. 1).

Für die Entwicklung der Biomassefunktionen wurden Stockausschlagbestände in den rheinland-pfälzischen Forstämtern Baumholder und Nastätten ausgewählt (Tab. 1). Diese Untersuchungsgebiete wurden wegen ihres repräsentativen Zustands hinsichtlich Baumartenzusammensetzung, vornehmlich Traubeneiche mit Hainbuche als zweithäufigste Baumart (Tab. 2), ihres Alters, dem Relief (z.T. befahrbare Hanglagen, orographisch bedingter Standortgradient) sowie wegen der Möglichkeit zur Einrichtung von dauerhaften Versuchsfeldern ausgewählt.

Tab. 1: Lage und Standorteigenschaften der Untersuchungsbestände „Baumholder“ und „Nastätten“

Bestand	Baumholder	Nastätten
Gemeinde	Erzweiler, Nieder-alben	Sauertal
Landkreis	Birkenfeld	Rhein-Lahn-Kreis
Ø Jahrestemperatur	7,9 °C	8,3 °C
Ø Temperatur Vegetationsperiode	14,2 °C	14,7 °C
jährl. Niederschlag	966 mm	763 mm
Ø Niederschlag Vegetationsperiode	374 mm	342 mm
geologisches Substrat	Basalt/Melaphyr	Tonschiefer
Bodentypen	Braunerde	Parabraunerde, Braunerde
Fläche	0,96 ha	1,44 ha

Tab. 2: Bestandeskennwerte der Untersuchungsbestände in den Forstämtern Baumholder und Nastätten (ohne Nebenbaumarten)

Versuchsfläche	Baumart	N/ha	Bhd [cm]		Grundfläche [m ² /ha]
			arith. Mittel	Min./Max.	
Baumholder	Traubeneiche	1 433	16,0	7,0/33,6	32,6
	Hainbuche	88	9,9	7,0/19,9	0,7
	Total	1 521			33,3
Nastätten	Traubeneiche	1 228	18,4	7,0/34,5	35,5
	Hainbuche	88	12,8	7,0/24,9	1,3
	Total	1 316			36,7

Dr. P. Pyttel ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Waldbau-Institut der Universität Freiburg. Dr. C. Suchomel ist Leiter des Münchner Umwelt-Zentrums e.V. im ökologischen Bildungszentrum. Prof. Dr. Dr. h.c. G. Becker ist Leiter des Instituts für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg. Prof. Dr. J. Bauhus leitet das Waldbau-Institut der Universität Freiburg.



Patrick Pyttel

patrick.pyttel@waldbau.uni-freiburg.de

¹⁾ Die vorliegende Untersuchung entstand im Rahmen des von der Deutschen Bundestiftung Umwelt geförderten Projekts „Schutz und Nutzung: Ein Raum-Zeit-Konzept für die Multifunktionale Entwicklung der Stockausschlagwälder in Rheinland-Pfalz“.



Abb. 1: Durchgewachsener Eichenniederwald im Forstamt Lahnstein (RLP)

Foto: Christian Suchomel

Methodik

In beiden Untersuchungsbeständen erfolgte zunächst eine Vollaufnahme. Dabei wurden Art und Brusthöhendurchmesser aller Bäume >1,3 m festgestellt. Entlang der in den Untersuchungsbeständen vorkommenden Bhd-Spanne wurden 12 Probestämme je Baumart und Untersuchungsgebiet ausgewählt. Die Probestämme wurden gefällt und u.a. in die Kom-

partimente „Stammholz“ (Durchmesser >7 cm bis Kronenansatz), Kronenderbholz (Durchmesser > 7 cm), Äste (4 bis 7 cm) und Reisig (< 4 cm) zergliedert. Das Gewicht jedes einzelnen Kompartiments wurde in situ mittels Federwaagen ermittelt. Für die Bestimmung des spezifischen Trockengewichts und der Raumdichte wurden aus allen Kompartimenten systematisch Proben gewonnen (siehe hierzu auch [13, 16]). Die Entwicklung der einzelbaumbezogenen Bi-

omassefunktionen erfolgte auf Grundlage von Regressionsanalysen.

Ergebnisse

Für die Kompartimentgewichte konnten sowohl für Eiche als auch für Hainbuche keine statistisch nachweisbaren Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgebieten festgestellt werden. Deshalb wurden keine gebietsspezifischen Biomassefunktionen entwickelt.

Es zeigte sich, dass durch einfache Potenzfunktionen der Zusammenhang zwischen dem Bhd und dem Gewicht der Baumkompartimente gut bis sehr gut beschrieben werden kann (Tab. 3). Enge Beziehungen zwischen Bhd und Gewicht bestan-

Tab. 3: Funktionen zur Schätzung der Biomasse [kg atro] unterschiedlicher Kompartimente und der Gesamtbaummasse (ohne Laub und Wurzeln) von Eichen und Hainbuchen in Stockausschlagwäldern

Baumart	Kompartiment	R ²	Regressionskoeffizienten		P	N
			a	b		
Traubeneiche	Stammholz	0,9755	0,0722	2,5135	<0,000	24
	Reisig	0,6673	0,0212	1,9107	<0,000	24
	Äste	0,6162	0,0177	2,1299	<0,000	23
	Kronenderbholz	0,5389	0,0007	3,3034	0,001	18
	Krone gesamt	0,7936	0,0149	2,5994	<0,000	24
Hainbuche	Stammholz+Krone	0,9826	0,0927	2,5097	<0,000	24
	Stammholz	0,7710	0,0712	2,4302	<0,000	24
	Äste+Reisig	0,7692	0,6545	1,3813	<0,000	24
	Kronenderbholz	0,6954	0,0001	4,3895	<0,000	14
	Krone gesamt	0,8511	0,1557	2,0554	<0,000	24
	Stammholz+Krone	0,9254	0,2580	2,1748	<0,000	24

Alle Funktionen folgen der Gleichung:

Kompartimentgewicht [kg atro] = a * Bhd [cm]^b.

N beschreibt die Anzahl der Beobachtungen je Kompartiment. Die Tabelle enthält nur einen Teil aller in der vorliegenden Untersuchung entwickelten Biomassefunktionen. Funktionen für weitere Baumkompartimente (wie z.B. Kernholz, Splintholz, Rinde) sind in [13] und [16] enthalten.

Zwei Beispiele, wie diese Funktion in ein gängiges Tabellenkalkulationsprogramm eingegeben werden kann:

Baumart, Bhd	Biomassefunktion	=> Gewicht Stammholz [kg]
Eiche, Bhd 19,8	0,0722 * (19,8 ^{2,5135})	≈131 kg Stammholz
Hainbuche, Bhd 11,3	0,0712 * (11,3 ^{2,4302})	≈ 26 kg Stammholz

Tab. 4: Trockenmasse einzelner Kompartimente von Eiche und Hainbuche in den Untersuchungsbeständen Baumholder und Nastätten

Baumart	Baumkompartiment	Biomasse			
		Baumholder		Nastätten	
		t/ha	%	t/ha	%
Traubeneiche	Stammholz	128,4	76,7	149,2	75,5
	Reisig	11,2	6,7	12,3	6,2
	Äste	10,7	6,4	11,9	6,0
	Kronenderbholz	13,5	8,0	17,4	8,8
	Krone gesamt	35,4	21,1	41,6	21,1
	Baum gesamt	163,8	97,8	190,8	96,6
Hainbuche	Stammholz	1,88	1,12	3,67	1,86
	Reisig+Äste	1,38	0,83	2,01	1,02
	Kronenderbholz	0,35	0,21	1,11	0,56
	Krone gesamt	1,73	1,04	3,12	1,58
	Baum gesamt	3,61	2,16	6,79	3,44
	Bestand gesamt	167,39	100	197,56	100

den insbesondere für die Kompartimente „Stammholz“ und „Stammholz+Krone“.

Die mittels der in Tab. 3 dargestellten Biomassefunktionen berechnete oberirdische Biomasse (ohne Laub) schwankte (je nach Bhd) zwischen 12 und 671 kg je Probebaum bei Eiche und zwischen 18 und 365 kg bei Hainbuche.

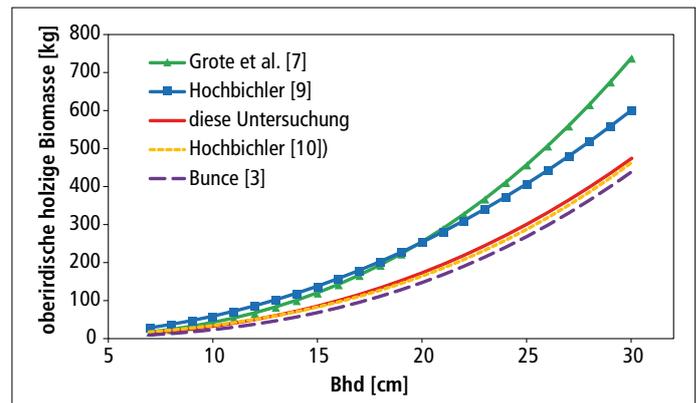
Die Untersuchungsbestände unterscheiden sich deutlich hinsichtlich der berechneten Bestandesbiomasse (Baumholder: 167 t/ha, Nastätten: 198 t/ha). Annähernd gleich war jedoch der prozentuale Anteil der Kompartimente an der Bestandesbiomasse (Tab. 4). Beispielsweise bestand in beiden Untersuchungsbeständen die Bestandesbiomasse zu einem Fünftel aus Eichenkronenholz. Der Anteil der Hainbuche an der Baumbiomasse lag in den Untersuchungsbeständen unter 3 %.

Diskussion

Allen hier entwickelten Modellen liegen einfache Potenzfunktionen mit dem Bhd als einzige unabhängige Variable zugrunde. Dieser Funktionstyp wurde in erster Linie anhand statistischer Indikatoren zur Modellgüte ausgewählt. Darüber hinaus gelten Potenzfunktionen als der gebräuchlichste Funktionstyp für die Schätzung von Biomasse [18]. Ein wesentlicher Vorteil von Potenzfunktionen ist außerdem, dass die Genauigkeit der Schätzungen meist sehr hoch ist, dafür aber nur wenige und zudem einfach messbare oder bereits in Inventurdaten vorhandene Variablen benötigt werden [17]. Letztlich sind die gewählten Potenzfunktionen für die forstliche Praxis unkompliziert in ihrer Anwendung (siehe Tab. 3).

Obschon es sich bei den hier entwickelten Biomassefunktionen um die ersten Modelle für Stockausschlagwälder handeln mag, stellte sich die Frage, ob nicht bereits existierende Funktionen für Eichen und Hainbuchen aus Hoch- oder Mittelwald hätten verwendet werden können, um zu ähnlichen Ergebnissen zu kommen. Unsere Untersuchung zeigte, dass die Bestandesbiomasse der Versuchsbestände teilweise massiv überschätzt worden wäre, wenn sie mit Modellen, die für Hoch- oder Mittelwald entwickelt wurden, bestimmt worden wäre. Wäre beispielsweise die in Abb. 2 dargestellte, von HOCHBICHLER [9] entwickelte Funktion für Mittelwaldeichen als Berechnungsgrundlage für die Masse der aus Stockausschlag entstandenen Eichen verwendet worden, dann würde die tatsächliche Biomasse um rund 90 t/ha überschätzt werden. Die tatsächliche Biomasse der untersuchten Stockausschlagwälder würde um ganze 50 % überschätzt wer-

Abb. 2:
Oberirdische Baumbiomasse in Abhängigkeit des Brusthöhendurchmessers für Eiche. Die durchgezogene Linie zeigt die in der vorliegenden Untersuchung entwickelte Funktion. Die übrigen Linien zeigen Biomassefunktionen anderer Untersuchungen.



den, würde man Funktionen für Hochwaldeichen [7] als Berechnungsgrundlage wählen (Abb. 2). Ob diese Unterschiede auf dem unterschiedlichen Habitus der Bäume aus den verschiedenen Betriebsarten beruht oder auf möglichen systematischen Unterschieden in der Standortsqualität zwischen den Betriebsarten, konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht beantwortet werden.

Indem in der vorliegenden Untersuchung Funktionen zur Bestimmung der nutzbaren Holzmasse in Stockausschlagwäldern entwickelt wurden, knüpft sie weitestgehend an die Niederwaldertrags tafeln von GROOS [6] an. Im Gegensatz zu GROOS [6] bezieht sich die vorliegende Untersuchung jedoch nicht auf regelmäßig bewirtschaftete Niederwälder, sondern auf Bestände, die aus ihnen entstanden sind (d.h. überalterte Niederwälder, die hier als Stockausschlagwälder bezeichnet werden). Daraus ergibt sich die Frage nach der Anwendbarkeit der in Tab. 3 dargestellten Biomassefunktionen auf neue Niederwälder, die entstehen, wenn Stockausschlagwälder geerntet werden. Dazu ist zunächst zu sagen, dass die hier entwickelten Biomassefunktionen grundsätzlich nicht auf Bäume angewendet werden sollten, deren Bhd größer oder kleiner ist als der Bhd der für diese Untersuchung ausgewählten Bäume (Bhd-Bereich Eiche: 8,9 bis 29,7 cm; Bhd-Bereich Hainbuche: 7,0 bis 19,2 cm). Sollte diese Voraussetzung erfüllt sein, ist die Übertragbarkeit der Biomassefunktionen abhängig von der erwarteten Genauigkeit der Schätzung. Ein Vergleich mit anderen niederwaldspezifischen Biomassemodellen aus anderen Teilen Europas [3, 10] legt den Schluss nahe (s. Abb. 2), dass die hier entwickelten Funktionen auch auf andere Regionen übertragbar sind. Insgesamt gibt es jedoch nur sehr wenige Modelle, mit denen die Genauigkeit der hier entwickelten Modelle evaluiert werden konnte. Daher erscheint es trotz der hohen Übereinstimmung sinnvoll, die Anwendbarkeit der für

Stockausschlagwälder entwickelten Biomassefunktionen auf neue Niederwälder, im Rahmen von Folgeuntersuchungen, zu überprüfen.

Literaturhinweise:

- [1] BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), (2004): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI 2. Das Wichtigste in Kürze. Bonn. <http://www.bundeswaldinventur.de/enid/918c46992194bbd8d33b3d748fc57b1a,0/31.html> (09.11.2010). [2] BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), (2010): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland – Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. 30 S. [3] BUNCE, R. G. H. (1968): Biomass and Production of Trees in a Mixed Deciduous Woodland: I. Girth and Height as Parameters for the Estimation of Tree Dry Weight. *Journal of Ecology* 56, S. 759-775. [4] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2006): Marktanalyse. Nachwachsende Rohstoffe. Tangram documents, Bentwisch, 577 S. [5] FREY, M. (2008): Holzernte im Niederwald lohnt wieder – Durchforstung mit Harvester in Ahrweiler verzichtet auf früher üblichen Kahlschlag. *Forstmaschinen-Profi* Nr. 3; S. 30. [6] GROOS, R. (1953): Der Eichen-Ausschlagwald – eine ertragskundliche Untersuchung. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 124. Jg., Nr. 7, S. 189-208. [7] GROTE, R.; SCHUCK, J.; BLOCK, J.; PRETZSCH, H. (2003): Oberirdische Holzbiomasse in Kiefern-/Buchen- und Eichen-/Buchen-Mischbeständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 122. Jg., Nr. 5, S. 287-301. [8] HELFRICH, T.; KONOLD, W. (2010): Formen ehemaliger Niederwälder und ihre Strukturen in Rheinland-Pfalz. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie*, 44. Jg., Nr. 4, S.157-168. [9] HOCHBICHLER, E. (2002): Vorläufige Ergebnisse von Biomasseinventuren in Buchen- und Mittelwaldbeständen. In: Dietrich, H. P., Raspe, S., Preuhler, T. (Hrsg.): *Inventur von Biomasse- und Nährstoffvorräten in Waldbeständen. Forstliche Forschungsberichte, Seminar der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft*, S. 37-46. [10] HOCHBICHLER, E. (2008): Fallstudien zur Struktur, Produktion und Bewirtschaftung von Mittelwäldern im Osten Österreichs (Weinviertel). *Wien, Universität für Bodenkultur, Österr. Ges. für Waldökosystemforschung und Experimentelle Baumbauwissenschaft, Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur*, Bd. 20, 246 S. [11] MCPFE (Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa) (1993): RESOLUTION H1, General Guidelines for the Sustainable Management of Forests in Europe. Zweite Konferenz, 16. -17. Juni 1993, Helsinki, Finnland, 5 S. [12] MCPFE (1998): ANNEX 1 OF THE RESOLUTION L2, Pan-European Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management. Dritte Konferenz, 2. - 4. Juni 1998, Lissabon, Portugal, 14 S. [13] PYTTEL, P. (2011): Aspekte einer nachhaltigen Bewirtschaftung durchgewachsener Niederwälder. Unveröffentlichte Dissertationsschrift am Waldbau-Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 151 S. [14] SPLECHTNA, B.; GLATZEL, G. (2005): Optionen der Bereitstellung von Biomasse aus Wäldern und Energieholzplantagen für die energetische Nutzung – Szenarien, ökologische Auswirkungen, Forschungsbedarf. *Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften*, Berlin, 41 S. [15] SUCHOMEL, C.; BECKER, G.; PYTTEL, P. (2011): Fully Mechanized Harvesting in Overaged Oak Coppice Stands. *Forest Products Journal* 61. Jg., Nr. 4, S. 290-296. [16] SUCHOMEL, C. (2011): Schutz durch Nutzung: Entwicklung von Nutzungskonzepten für Stockausschlagwälder in Rheinland-Pfalz. Dissertation am Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universität Freiburg, 196 S. [17] TER-MIKAEILIAN, M. T.; KORZUKHIN, M. D. (1997): Biomass Equations for Sixty-Five North American Tree Species. *Forest Ecology and Management*, Nr. 97, S. 1-24. [18] ZIANIS, D.; MENCUCINI, M. (2004): On Simplifying Allometric Analyses of Forest Biomass. *Forest Ecology and Management*, Nr. 187, S. 311-332. [19] ZORMAIER, F.; BORCHERT, H. (2007): Brennholzverbrauch steigt! *LWF aktuell*, 14. Jg., Nr. 61, S. 18-19.