

Von der Baumdimension zur Biomasse und wieder zurück – Ein neuer Ansatz zur dynamischen Modellierung von Baum- und Bestandesbiomassen

Rüdiger Grote

1. Zusammenfassung

Biomassen und Nährstoffvorräte von Waldbeständen werden im Allgemeinen mit statistischen Mitteln aus den Durchmessern und den Höhen der Bäume abgeleitet. Zum Erstellen von entsprechenden Beziehungen werden Probestämme gefällt, vermessen und gewogen. Die dabei gefundenen Zusammenhänge sind allerdings stark standortabhängig, wodurch die Übertragbarkeit der aufwendigen und destruktiven Untersuchungen erschwert und ihr Nutzen verringert wird. Dazu kommt, dass die weitaus meisten bisherigen Untersuchungen sich auf Bäume in einfach strukturierten Reinbeständen beschränkt haben und daher für Mischbestände, die einen zunehmenden Anteil an unseren Wäldern ausmachen, nur eingeschränkt gültig sind. Als Alternative wird hier ein Schätzverfahren vorgeschlagen, das die Kronengröße und die Konkurrenzsituation eines Baumes als unabhängige Variable zur Berechnung der Kronenbiomasse verwendet. Dieses Verfahren stützt sich zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen Laub- und Astbiomasse auf das Prinzip der Pipe-Model-Theorie. Damit soll einerseits die Biomasseschätzung in stark strukturierten Beständen verlässlicher werden und andererseits die Übertragung auf andere Standortsverhältnisse, die über eine Anpassung des Parameters ‚Splintfläche pro Laubbiomasse‘ erfolgen könnte, erleichtert werden. Dieses neue Verfahren ist Teil eines physiologisch basierten Baumwachstumsmodells, das nicht nur zur Schätzung von Biomasse und Nährstoffgehalten in beliebig strukturierten Rein- und Mischbeständen dient, sondern diese auch dynamisch in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen und anderen Einflussgrößen fortschreibt.

2. Einleitung

Die Abschätzung von Gesamtbiomassen und Nährstoffvorräten in Beständen gewinnt heute zunehmend an Bedeutung, da nicht nur die Stammholzproduktion sondern vor allem die Nachhaltigkeit verschiedener Nutzfunktionen des Ökosystems Wald das Ziel des forstlichen Managements darstellt. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es von Interesse z. B. die Nährstoffausträge bei verschiedenen Erntemethoden oder die Aufnahmekapazität der Vegetation für verschiedene Elemente im Rahmen von ‚Critical Loads‘ Studien einschätzen zu können. Dafür allerdings müssen vor allen Dingen die Biomassen der stehenden Bäume bekannt sein.

Bei früheren Untersuchungen hat sich bereits gezeigt, dass die Biomasse eines Bestandes sehr gut mit statistischen Mitteln aus den Durchmessern aller Einzelbäume abzuleiten ist (BURGER 1947, BURGER 1950). Weitere Studien haben allerdings auch bewiesen, dass diese Zusammenhänge sich

selbst für die gleiche Baumart im Reinbestand unterscheiden (z.B. CERNY 1990, DROSTE ZU HÜLSHOFF 1969). Dabei scheinen insbesondere die Anzahl und die Durchmesser-Spannweite der zur Biomassebestimmung ausgewählten Bäume kritische Größen zu sein (GROTE 2001). Darüber hinaus zeigen Untersuchungen, dass die Kronenbiomasse auch durch Standortbedingungen (ECKMÜLLER und STERBA 2000) und Bestandesbehandlung (BALDWIN JR. et al. 2000) maßgeblich mitbestimmt wird. Das bedeutet, dass die Übertragbarkeit der Beziehungen zwischen Kronenbiomasse und Durchmesser des Stammes von einem Reinbestand auf den anderen tatsächlich nur sehr begrenzt möglich ist. Um so mehr ist die Anwendbarkeit dieser Beziehungen in Mischbeständen zu bezweifeln.

Aus Untersuchungen gleichaltriger Kiefern unterschiedlicher sozialer Stellung läßt sich ablesen, dass verschiedene Kronendimensions-Größen ein allgemeiner verwendbares Maß zur Schätzung der Laub- und Astbiomasse darstellen als der Baumdurchmesser (MÄKELÄ und VANNINEN 1999). Diese Erkenntnis entspricht der physiologisch basierten Theorie, dass die Astbiomasse mit der Transportlänge und der zu versorgenden Laubbiomasse korreliert sein sollte. Versuche, auf der Grundlage dieses Prinzips eine Astbiomasseschätzung aufzubauen, versprechen daher eine Anwendbarkeit unabhängig von der Bestandesdichte und Bestandesstruktur (da diese durch die Berücksichtigung der Kronendimension indirekt in die Schätzung einfließen). Zudem könnte die Standortvariation durch eine Anpassung von Parametern berücksichtigt werden, die sich weniger aufwendig bestimmen lassen als die Gesamtbiomasse einer ausreichenden Anzahl Bäume. Ansätze dafür, wie eine solche Anwendung zur Bestimmung der Astbiomasse aussehen könnte, finden sich bereits in der Literatur (RAULIER et al. 1998).

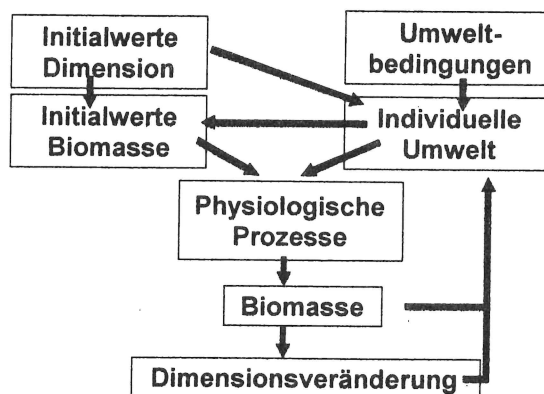


Abb. 1: Ablaufschema des physiologisch basierten Baumwachstumsmodells BALANCE.

Am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU-München ist im Rahmen des Sonderforschungsbereiches (SFB), 'Wachstum und Parasitenabwehr' dieses Prinzip in einem neu entwickelten Baumwachstumsmodell (BALANCE) zur Initialisierung der Kronenbiomasse verwendet worden. Das Modell verwendet Informationen über die Dimension eines Baumes und seine individuelle Umwelt zur Schätzung von verschiedenen Biomasse-Kompartimenten (z. B. Äste, Feinreisig, Laub). Darüber hinaus simuliert es die Biomasse-Entwicklung und aktualisiert dann die Baumdimensionen (Stammhöhe und -durchmesser, Kronenausdehnung in verschiedenen Höhen) im Jahrestakt. Dabei

werden die gleichen Regeln in inverser Reihenfolge angewendet, die vorher zur Schätzung der Biomasse aus der Dimension gedient haben (Abbildung 1).

3. Modellbeschreibung

Zunächst wird die äußere Kronenform aus der Kronenlänge (lcr), dem Kronenansatz (hcr) und den (gemessenen) maximalen Kronenradien (r_{max}) artspezifisch geschätzt. Dabei wird der Radius der Krone in verschiedenen Höhen (h) in Abhängigkeit zum Parameter $pform$ nach Gleichung 1 bestimmt (siehe auch Abbildung 2).

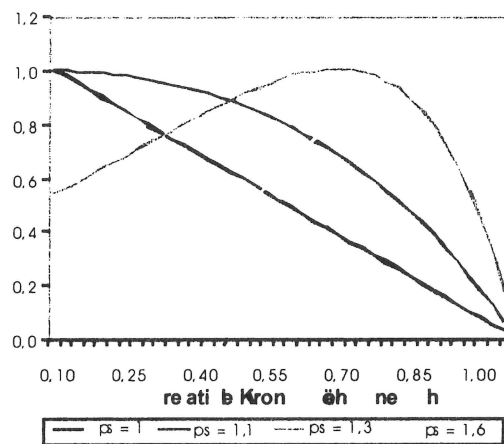


Abb. 2: Abhängigkeit der Kronenform von Parameter ps (siehe Gleichung 1, Kronenlänge ist 10 m).

Die Radien werden alle 0,5 m entlang der Krone und für jede Richtung k berechnet, in der ein maximaler Kronenradius gemessen wurde. Die Fläche zwischen zwei Radien (F_{hk}) wird mit Hilfe einer Ellipsenfunktion berechnet (RÖHLE und HUBER 1985). Daraus ergibt sich eine Zusammensetzung der Krone aus Sektoren mit der Fläche F_{hk} , der Höhe 0,5 und dem Volumen V_{hk} .

$$r_h = r_{max} \cdot \frac{relH \cdot f_h}{\max(relH \cdot f_h)}$$

Gl. 1a

$$relH = \frac{lcr - (h - hcr)}{lcr}$$

Gl. 1b

$$f_h = pform \left(100 \frac{h-hcr}{lcr^2} \right)$$

Gl. 1c

r_h : Radienlänge in Höhe h
 $relH$: relative Kronenhöhe

Für die Verteilung der Biomasse innerhalb dieses Kronenvolumens ist es notwendig, die belaubten von den unbelaubten Kronenregionen zu unterscheiden und die Laubbiomasse pro Einheit belaubten Volumen zu bestimmen. Beides geschieht in Abhängigkeit von der Konkurrenzsituation jedes

einzelnen Kronensegmentes, die durch die Summe des Volumens aller beschattenden Kronensegmente (+ das halbe eigene Volumen) ausgedrückt wird. Ein Kronensegment wird dabei als beschattend eingestuft wenn sein Mittelpunkt in einen Konkurrenzkegels fällt, der über dem Mittelpunkt des einzuschätzenden Kronensegmentes aufgespannt wird (siehe Abbildung 3).

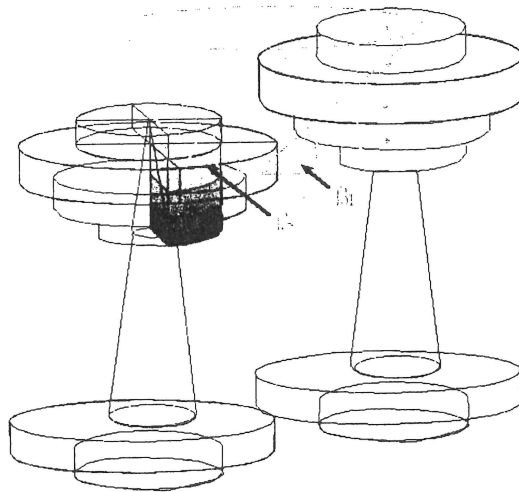


Abb. 3: Illustration zur Berechnung des Konkurrenzfaktors in jedem einzelnen Kronensegment. Der Konkurrenzfaktor bestimmt sich aus der Summe der Volumina aller Kronensegmente innerhalb des Konkurrenzkegels, der durch den Winkel β_i aufgespannt wird.

Mit Hilfe des so gebildeten Konkurrenzfaktors (CF_{hk}) wird zum einen der belaubte Anteil eines Kronensegmentes und zum anderen die Biomassedichte innerhalb dieses belaubten Volumens bestimmt. Der belaubte Anteil ergibt sich aus der belaubten Länge der jeweiligen Segmentradien (rg_{hk} , Gleichung 2) und V_{hk} . Die Biomassedichte wird als Produkt der spezifischen Blattfläche und der Blattflächendichte angesehen. Dabei wird der Einfachheit halber hier nur die spezifische Blattfläche variiert (SLA_{hk} , Gleichung 3) und die Blattflächendichte als konstant angenommen. Damit kann die Laubbiomasse für jedes Kronensegment als Produkt von Volumen, Blattflächendichte und spezifischer Blattfläche berechnet werden.

$$rg_{hk} = \min \left[r_{hk}, \frac{rg_{\max}}{(CF_{hk} + 1)^{0.3}} \right] \quad \text{Gl. 2}$$

$$SLA_{hk} = SLA_{\max} - f_{hk} \cdot (SLA_{\max} - SLA_{\min}) \quad \text{Gl. 3a}$$

$$f_{hk} = \exp[psla \cdot (CF_{hk} + 1)] \quad \text{Gl. 3b}$$

- rg_{\max} : maximale belaubte Radienlänge
- SLA_{\max} : maximale spezifische Blattfläche
- SLA_{\min} : minimale spezifische Blattfläche
- $psla$: Parameter

Die Astbiomasse ergibt sich in Abhängigkeit zur Laubbiomasse und zur Entfernung, die zwischen Stamm und belaubten Volumen zurückgelegt werden muss. Dazu wird das Astkompartiment in zwei Teilkompartimente aufgeteilt, von denen das erste zur Versorgung der Blätter innerhalb des belaubten Volumens bestimmt und daher linear mit der Blattbiomasse korreliert ist (Feinreisig). Das zweite Kompartiment sind die Äste die den Transport in den belaubten Bereich hinein gewährleisten (Grobreisig). Die Splintfläche des Grobreisig ist proportional zur Laubbiomasse des jeweiligen Segmentes. Ihre Länge $lbra$ berechnet sich aus Segmentradius rt und Astwinkel α (Gleichung 4). Zur einfacheren Parameterisierung wird α und die Zunahme des Astradius mit der Länge ($pstab$) als konstant angesehen.

$$Bbra = ptwg \cdot Bfol + lbra \cdot (rb^2 + rb \cdot rt + rt^2) \cdot \delta \quad \text{Gl. 4a}$$

$$lbra = \frac{r - 0.5 \cdot rg}{\sin \alpha} \quad \text{Gl. 4b}$$

$$rt = \sqrt{\frac{Bfol \cdot psap}{pi}} \quad \text{Gl. 4c}$$

$$rb = rt + lbra \cdot pstab \quad \text{Gl. 4d}$$

- Bbra*: Astbiomasse pro Segment
Bfol: Laubbiomasse pro Segment
ptwg: Feinreisigbiomasse pro Laubbiomasse
psap: Splintfläche pro Laubbiomasse
rb: Radius an der Astbasis
rt: Radius an der Astspitze
 δ : Holzdicke (Trockengewicht pro Frischvolumen)
 α : Astwinkel (im Bogenmaß)

4. Evaluierung

Für eine erste Evaluierung des vorgestellten Schätzverfahrens wurden in den Jahren 1999 und 2000 insgesamt 6 Buchen und 6 Fichten eines Mischbestandes im Kranzberger Forst bei Freising, Bayern, gefällt oder umgezogen und die Laub- und Astbiomasse analysiert. Der Bestand ist Teil einer Wuchreihe mit Mischbeständen unterschiedlichen Alters und wurde unter der Bezeichnung 813/1 von Pretzsch et al. (1998) bereits näher beschrieben. Hier werden daher lediglich einige Bestandesgrößen in aktualisierter Form angegeben (Tabelle 1). Die Probestämme wurden nicht direkt auf der Versuchsfläche sondern im angrenzenden Bereich entnommen. Vorher wurden die Position und die Dimensionen der nächsten Nachbarn am stehenden Stamm aufgenommen. An jedem Baum wurden alle Äste hinsichtlich Ansatzwinkel, Durchmesser am Ast- und Laubansatz, Länge und durch-

schnittliche unbelaubte Astlänge vermessen. Anschließend wurde eine Anzahl Probeäste (Fichte einen Ast aus jedem 2ten Quirl, Buche jeden 2-4 Ast entlang der Hauptachse) ausgewählt und die Biomasse dieser Äste getrennt nach Laub, Fein- und Grobreisig vollständig geerntet, getrocknet und gewogen. Die Hochrechnung von den Probeästen auf den Gesamtbaum erfolgte anhand der aufgenommenen Dimensionsdaten (GROTE 2001).

Tab. 1: Charakteristik der Versuchsfläche Freising 813/1 im Jahr 1999.

	Fichte	Buche
Alter	49	56
Stammvolumen (m ³ ha ⁻¹)	412	161
durchschnittlicher BHD (cm)	28,4	23,5
Oberhöhe (m)	27,9	25,1
Anzahl lebender Stämme (N ha ⁻¹)	529	279

Die Auswertungen der Probeäste erbrachten die erforderlichen Informationen über die Kronenform, den Astwinkel, das Verhältnis zwischen Nadel- bzw. Laubbiomasse und der Splintfläche (Abbildung 4) sowie das Verhältnis zwischen Nadel- bzw. Laub und Feinreisig (Abbildung 5).

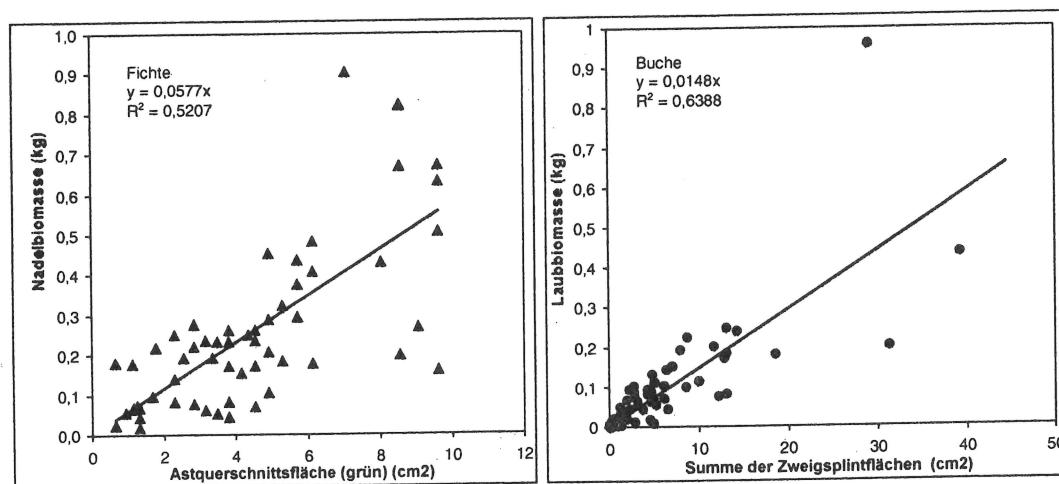


Abb. 4: Nadel- bzw. Laubbiomasse pro Astquerschnittsfläche unterhalb der ersten Belaubung (bei Buchen wurden alle Aufzweigungen des Feinreisig einzeln bewertet und dann nach Primärästen zusammengefasst).

Dabei wurde die Querschnittsfläche des Feinreisig mit Rinde unterhalb der Laubansatzgrenze mit der Splintfläche gleichgesetzt. Als maximaler belaubter Radius wurde die mit dem entsprechenden Astwinkel berechnete projizierte Strecke der größten belaubten Astlänge eingesetzt, die an den Probebäumen gefunden wurde. Bezüglich der spezifischen Laubflächen wurde Gleichung 3 an Werte aus der Literatur angepasst (BARTELINK 1998, PERTERER und KÖRNER 1990) und nach vorläufigen Ergebnissen noch laufender Untersuchungen leicht modifiziert (Reiter, pers. Mitteilungen). Diese Annahmen sorgen zusammen mit der unterschiedlichen Kronenform und der daraus sich er-

gebenen unterschiedlichen Konkurrenzsituation einzelner Kronenteile für deutliche Unterschiede in der Entwicklung der spezifischen Blattfläche mit der Höhe (Abbildung 6).

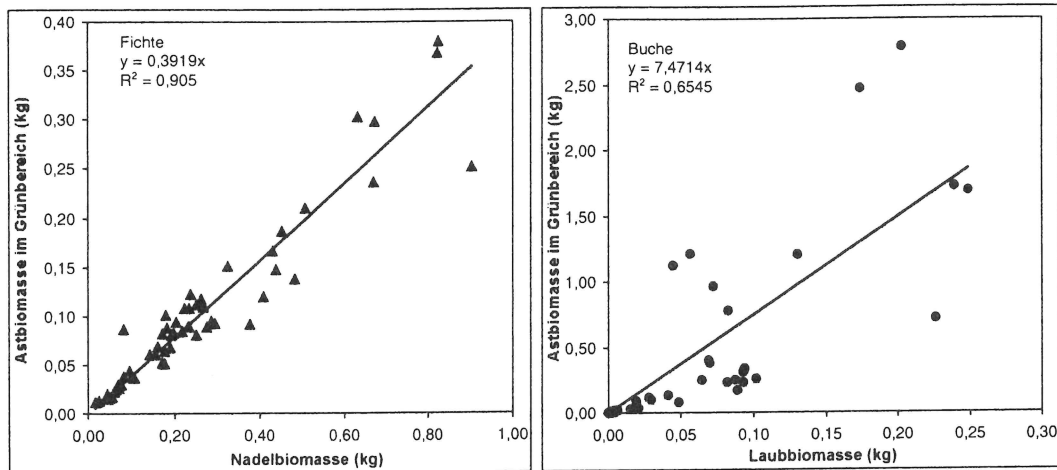


Abb. 5: Feinreisigbiomasse pro Laubbiomasse für jeden Primärast (bei Buchen nur von 2 Probestäumen).

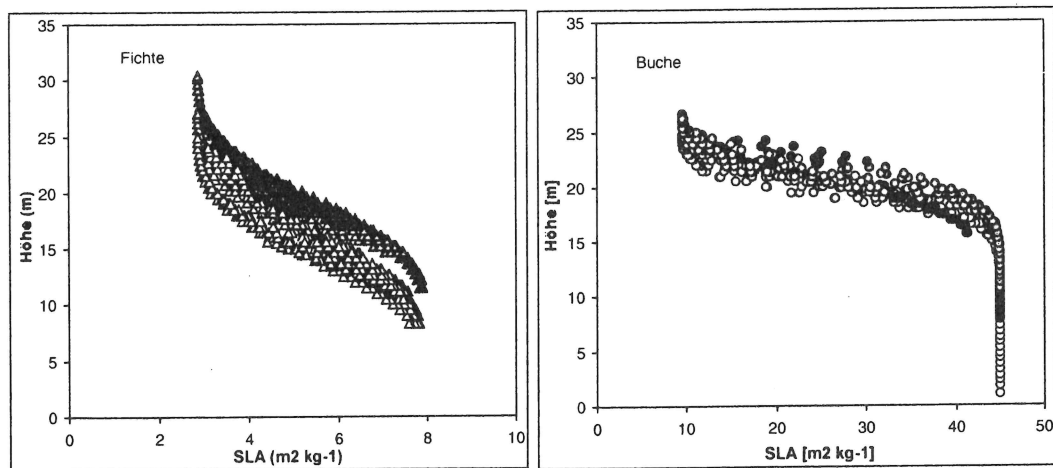


Abb. 6: Nach Gleichung 3 simulierte Entwicklung der spezifischen Blattfläche für 6 Fichten (links) und 6 Buchen (rechts), abgetragen in Relation zur absoluten Höhe.

Auch die Werte für die Holzdicke wurden aus Literaturangaben für Darrdicke und Schwindungsprozent berechnet (GROSSER 1985/1991). Abschließend wurden die Blattflächendichte bzw. der Parameter für die Astform-Modifikation so angepasst, dass die Regressionsgerade zwischen simulierten und aus Messwerten hochgerechneten Biomassen auf Baumebene durch den Nullpunkt verläuft und eine Steigung von 1 annimmt (Abbildung 7 und 8). Die verwendeten Parameterwerte sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

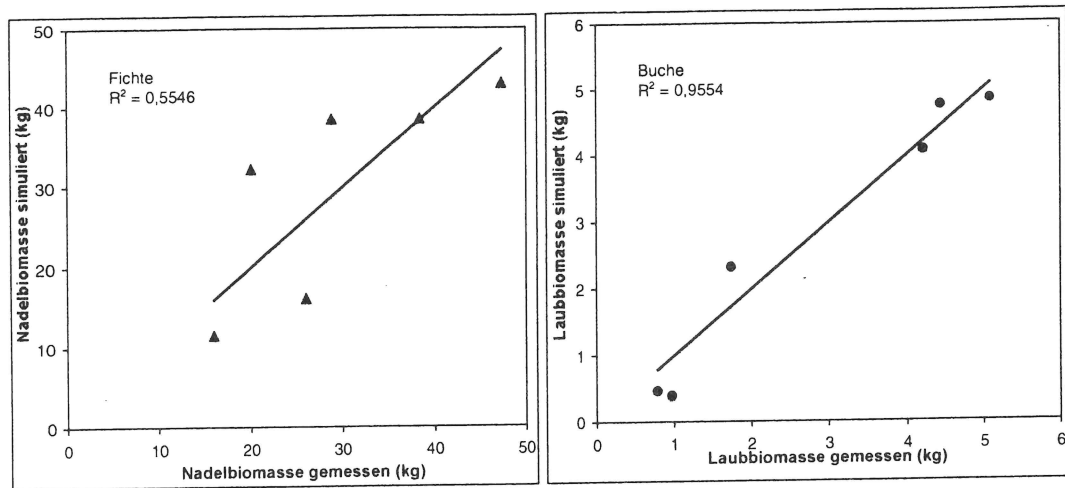


Abb. 7: Simulierte gegenüber auf der Basis von Messungen ermittelte Laub-Biomassen für 6 Fichten (links) und 6 Buchen (rechts).

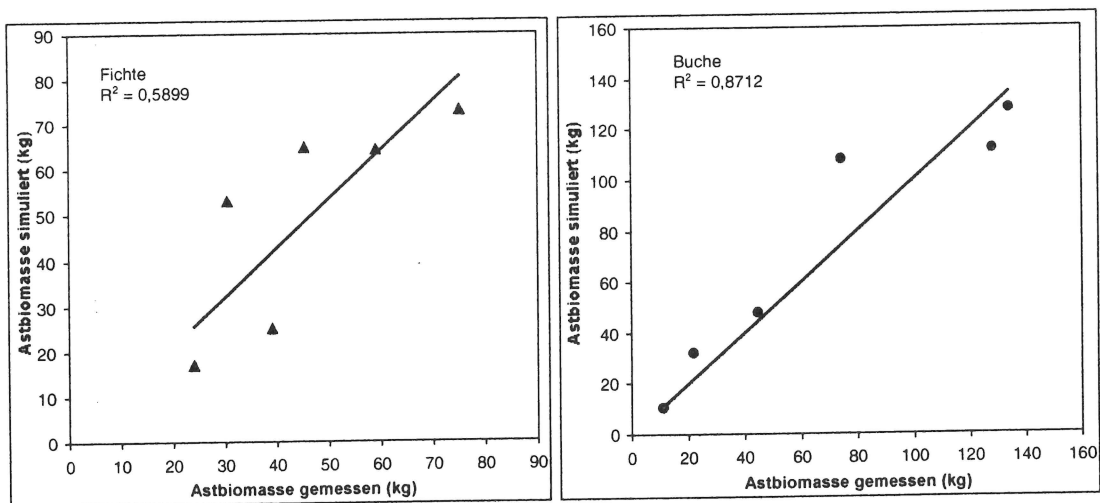


Abb. 8: Simulierte gegenüber auf der Basis von Messungen ermittelte Gesamt-Astbiomassen für 6 Fichten (links) und 6 Buchen (rechts).

5. Diskussion

Es hat sich gezeigt, dass trotz der zum Teil sehr vereinfachenden Annahmen mit der vorgestellten Methodik hohe Bestimmtheitsmaße bei der Schätzung von Ast- und Laubbiomasse erreicht werden können. Das Verfahren lässt sich für Buchen und Fichten gleichermaßen anwenden, wobei sich zumindest über das untersuchte Dimensionsspektrum hinweg kein Unterschied in der Schätzgüte zwischen unterständigen und vorherrschenden oder zwischen Rand- und Zentralbäumen ergibt.

Die Ergebnisse präsentieren sich überraschenderweise für die Buchen besser als für die Fichten, obwohl die Buchen zum Teil sehr asymmetrische Kronenformen aufwiesen. Dies liegt möglicherweise daran, dass die Annahme einer konstanten Blattflächendichte insbesondere für die Fichte, die eine geringere Variation der spezifischen Blattfläche zeigt, nicht zutreffend ist (HENDRICH 2000). Es sollte aber berücksichtigt werden, dass die Stichprobe von nur 6 Bäumen pro Art noch keine

endgültigen Aussagen über das Modellverhalten zulässt, weshalb die Ergebnisse weiterer Evaluierungen für eine endgültige Bewertung abzuwarten bleiben. Diese Untersuchungen werden sich zunächst auf die anderen Fichten-Buchen Mischbestandsflächen des eingangs erwähnten SFB konzentrieren. Daneben ist aber auch die Nutzung von evtl. bereits vorhandenen Untersuchungsergebnissen aus Reinbeständen von Fichte, Buche oder anderen Baumarten von großem Interesse.

Tab. 2: *Verwendete Parameter.*

Abkürzung	Beschreibung	Fichte	Buche	Anmerk.
-	Blattflächendichte ($\text{m}^2 \text{m}^{-3}$)	1,75	0,74	**
α	durchschnittlicher Astwinkel (Grad)	90	30	*
δ	Holzdichte (kg m^{-3})	380	560	****
pstab	Zunahme des Astradius (mm m^{-1})	1	0,5	**
pform	durchschnittlicher Kronenformfaktor	1,2	2,0	*
psla	Empfindlichkeit der SLA auf Konkurrenz	0,01	0,015	**
rgmax	maximale belaubter Kronenradius (m)	1,5	2,5	*
ptwg	Feinreisgbiomasse pro Laubbiomasse (kg kg^{-1})	0,39	7,47	*
psap	Laubbiomasse pro Splintfläche (g cm^{-2})	58	15	*
slamax	maximale spezifische Laubfläche ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$)	8	45	***
slamin	minimale spezifische Laubfläche ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$)	2,5	9	***

* aus den beschriebenen Probebaum-Untersuchungen bestimmt

** aus den beschriebenen Probebaum-Untersuchungen geschätzt

*** (PERTERER und KÖRNER 1990) (Fichte), (BARTELINK 1998) (Buche Minimum), Reiter pers. Mitt.

**** (GROSSER 1985/1991)

Durch die feste Einbettung des vorgestellten Verfahrens in ein dynamisches Modell besteht nicht nur die Möglichkeit, gegenwärtige Biomassen unter vielfältigen Bestandesverhältnissen zuverlässig einzuschätzen, sondern auch in die Zukunft zu extrapolieren. Dabei können, entsprechend der Sensitivität des Modells, sich verändernde Umwelt- und Managementverhältnisse berücksichtigt werden. Wichtige Fragestellungen in diesem Bereich betreffen z. B. die Auswirkungen von Veränderungen der CO_2 -Konzentration der Luft oder eine Konzentration der Durchforstung auf wenige mit-herrschende Bäume. Die Kopplung mit Nährstoffkreisläufen ist im Rahmen des Modells leicht möglich, indem die Biomassen mit Nährstoffkonzentrationen verknüpft werden, die ebenfalls umweltabhängig dynamisiert werden können. Damit bietet sich der Ansatz für die Berechnung von Nährstoffentzügen mit wechselnden Szenarien von Nährstoffeinträgen oder Ernteentzügen (z. B. Ganzbaumnutzung gegenüber Stammholzernte ohne Rente) an.

6. Danksagung

Die Entwicklung wurde im Rahmen des SFB607 unter dem Teilprojekt ‚Modellierung von Ökosystemen‘ durchgeführt und von der DFG finanziert. Die Betreuung des Projektes oblag Prof. Dr. Pretzsch und die Zusammenarbeit mit anderen Gruppen wurde durch den Sprecher des SFB, Herrn Prof. Dr. Matyssek gefördert. Mein Dank gilt allen Mitarbeitern, die die Biomasseaufnahmen tatkräftig unterstützt haben, insbesondere Herrn Thomas Seifert, der die Dimensionsaufnahmen an den Fichten organisiert und durchgeführt hat. Ferner danke ich Herrn Ilja Reiter vom Lehrstuhl für Forstbotanik für die noch nicht veröffentlichten Informationen, die die Entwicklung der Blattflächenfunktion vorangebracht haben.

7. Literatur

- BALDWIN JR. VC, PETERSON KD, CLARK III A, FERGUSON RB, STRUB MR, BOWER DR (2000): The effects of spacing and thinning on stand and tree characteristics of 38-year old Loblolly Pine. *Forest Ecology and Management* 137: 91-102.
- BARTELINK HH (1998): Radiation interception by forest trees: a simulation study on effects of stand density and foliage clustering on absorption and transmission. *Ecological Modelling* 105: 213-225.
- BURGER H (1947): Holz, Blattmenge und Zuwachs - Die Eiche. In: Burger, H (Hrsg.), *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen*. Kommissionsverlag von Beer & CIE, Zürich, pp. 211-279.
- BURGER H (1950): Holz, Blattmenge und Zuwachs - Die Buche. In: Burger, H (Hrsg.), *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen*. Kommissionsverlag von Beer & CIE, Zürich, pp. 419-468.
- CERNY M (1990): Biomass of *Picea abies* (L.) Karst. in Midwestern Bohemia. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 83-95.
- DROSTE ZU HÜLSHOFF BV (1969): Struktur und Biomasse eines Fichtenbestandes auf Grund einer Dimensionsanalyse an oberirdischen Baumorganen. Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität, München, 209 pp.
- ECKMÜLLER O, STERBA H (2000): Crown condition, needle mass, and sapwood area relationships of Norway spruce (*Picea abies*). *Canadian Journal of Forest Research* 30(10): 1646-1654.
- GROSSER D (1985/1991): *Einheimische Nutzhölzer*. Centrale Marketinggesellschaft d. deutschen Agrarwirtschaft mbH, AG Holz e.V., Bonn - Düsseldorf.
- GROTE R (2001): Foliage and branch biomass estimation of coniferous and deciduous tree species. *Silva Fennica* submitted.
- HENDRICH C (2000): Ein kybernetisches Licht-Biomasse-Modell für Fichten-Buchen-Mischbestände. Dissertation, TU-München, München, 188 pp.
- MÄKELÄ A, VANNINEN P (1999): Impacts of size and competition on tree form and distribution of aboveground biomass in Scots pine. *Canadian Journal of Forest Research* 28(2): 216-227.
- PERTERER J, KÖRNER C (1990): Das Problem der Bezugsgröße bei physiologisch-ökologischen Untersuchungen an Koniferennadeln. *Forstw. Cbl.* 109: 220-241.
- PRETZSCH H, KAHN M, GROTE R (1998): Die Fichten-Buchen-Mischbestände des Sonderforschungsbereiches "Wachstum oder Parasitenabwehr?" im Kranzberger Forst. *Forstw. Cbl.* 117: 241-257.
- RAULIER F, UNG C-H, BEGIN J (1998): Analytical estimation of branchwood volume in sugar maple, linked to branchiness. *Trees* 12: 395-405.
- RÖHLE H, HUBER W (1985): Untersuchungen zur Methode der Ablotung von Kronenradien und der Berechnung von Kronengrundflächen. *Forstarchiv* 56: 238-243.

Forstliche Forschungsberichte

ISSN 0174-1810

München

Inventur von Biomasse- und Nährstoffvorräten in Waldbeständen

186/2002

Seminar
der Bayer. Landesanstalt
für Wald und Forstwirtschaft

veranstaltet von
Hans-Peter Dietrich
Stephan Raspe
Teja Preuhsler

Schriftenreihe des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung,
Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München und
der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

ISSN-0174-1810
ISBN-3-933506-17-4

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

- Herausgeber: Wissenschaftszentrum Weihenstephan
für Ernährung, Landnutzung und Umwelt
der Technischen Universität München und
Bayerische Landesanstalt für Wald und
Forstwirtschaft
- Schriftleitung: Prof. Dr. Egon Gundermann
Fachgebiet für Raumordnung und Umweltrecht
der Technischen Universität München
und Präsident Olaf Schmidt
Bayerische Landesanstalt für Wald und
Forstwirtschaft
- Anschrift der Seminarveranstalter: Prof. Dr. Teja Preuhsler, Hans-Peter Dietrich,
Dr. Stephan Raspe
Sachgebiet Standort und Umwelt
Bayerische Landesanstalt für Wald
und Forstwirtschaft
Am Hochanger 11, 85354 Freising
- Dokumentation: Forstl. Forschungsber. München
Nr. 186, 2002, 210 S.

Zu beziehen über die Universitätsbuchhandlung

Heinrich Frank, Schellingstr. 3, D-80799 München

Tel: 089/284151 Fax: 089/2809636 email: info@heinrich-frank.de

Internet: www.heinrich-frank.de

Von der Baumdimension zur Biomasse und wieder zurück – Ein neuer Ansatz zur dynamischen Modellierung von Baum- und Bestandesbiomassen. *Rüdiger Grote* 129

Zuwachsveränderungen: Vergleich von Resultaten des Schweizerischen Landesforstinventars mit Ertragstafeln aus den 60er Jahren. *Edgar Kaufmann* 139

Postervorträge

Nährstoffentzüge durch die Holzernte und ihr Einfluss auf den Nährstoffhaushalt armer Standorte in Rheinland-Pfalz. *Joachim Block und Julius Schuck* 150

COST Action E21 “Contribution of Forests and Forestry to Mitigate Greenhouse Effects”.
Marcus Lindner..... 152

Einfluss von forstlicher Nutzung auf den Bodenzustand von Wäldern.
Henning Meesenburg, Karl Josef Meiwes, Peter Rademacher..... 154

Elementvorräte, Stoffflüsse und Nährstoffbilanzen zweier Fichtenbestände in Bayern.
Stephan Raspe, Hans-Peter Dietrich, Richard Heitz, Melanie Schwarzmeier, Manfred Schölch 156

Biomassen- (Blattflächen) Verteilung und Entwicklung auf Verjüngungsflächen (Unterholz) im Mittelwald.
Panagiotis Bellos, Brigitte Klug, Eduard Hochbichler..... 158

Vergleich von Biomasse, Elementgehalten und Elementvorräten von Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) und Buche (*Fagus sylvatica* L.) am Standort Höglwald zu Zeiten der Vegetationsruhe.
Wendelin Weis, Axel Göttelein..... 163

Fragebogenauswertung

Biomasse und Nährstoffinventuren an forstlichen Forschungseinrichtungen im deutschsprachigen Raum
Ergebnisse der Fragebogenauswertung.
Edgar Herbst, Valerie Kantelberg, Hans-Peter Dietrich..... 170

Diskussionen

Biomasse- und Nährstoffinventuren aus dem Blickwinkel integrierender Auswertungen eines forstlichen Monitoringprogrammes. *Evert Vel*..... 183

Ergebnisse der Plenumsdiskussion zum Workshop. *Stephan Raspe, Hans-Peter Dietrich, Teja Preuhsler*..... 186