

# ONLINE-BESTELLUNG dokumentUM



**TUM-000010589**

**Bestelldatum: 2008-04-14 09:45:29**

Benutzernummer	04000708503
Name	Klemmt
Straße	TU-Weihenstephan Hauspost
Postleitzahl	85350
Ort/Stadt	Freising
E-Mail-Adresse	stefan.stelzmueller@lrz.tum.de

**Unter Anerkennung des Urheberrechtsgesetzes wird bestellt:**

ISSN	0936-1294
Zeitschrift	AFZ, der Wald
Aufsatz-Autor	Roetzer
Aufsatz-Titel	Vom Baum zum Bestand
Band/Heft	61(21)
Jahrgang	2006
Seiten	1160-1161

**Signatur 1006/FOR 001z 21050**

Vermerk der Bibliothek

- Jahrgang nicht vorhanden
- verliehen
- nicht am Standort
- beim Buchbinder
- vermißt
- Sonstiges

## Umsetzen von Systemwissen für die Praxis

# Vom Baum zum Bestand

Von Thomas Rötzer, Freising

Die Dynamik des Wachstums eines Baumes oder Bestandes ist geprägt von vielfältigen teilweise gegenseitigen Beziehungen zwischen Umwelt, Baum und Bestand. Anhand von Simulationen mit dem Wachstumsmodell BALANCE werden die Umweltbedingungen von Bäumen, das Wachstum von strukturell ähnlichen Beständen sowie die Reaktion auf Störeinflüsse und auf mögliche gegensteuernde Maßnahmen aufgezeigt. Die Produktivität der Bestände zeigt dabei je nach Bestandesart klare Rückgänge bei Störeinflüssen, jedoch geringere Rückgänge bei geringerer Bestandesdichte. Bei Witterungsextremen erweist sich die Produktivität des Mischbestandes als die stabilste.<sup>1)</sup>

## Strahlungsverteilung

Der zentrale Parameter der Fotosynthese ist die Strahlung. Sie ändert sich in einem Bestand von Baum zu Baum. Dabei ist das Strahlungsangebot (Abb. 1) im unteren Bereich der Bäume, d.h. im Stammraum und in den untersten zwei Dritteln des Kronenraums, sehr gering und wenig veränderlich. Nahezu bis auf eine Höhe von 18 m liegt der Strahlungsindex unter 0,2. Somit kommen unterhalb von 18 m

weniger als 20 % der über dem Bestand einfallenden Strahlung an. Im oberen Drittel der Krone bestehen dagegen zum Teil sehr starke Unterschiede sowohl von Baum zu Baum als auch von Schicht zu Schicht. Dies zeigen Messungen des Lehrstuhls für Bioklimatologie der TU München und auch die Simulationsergebnisse von BALANCE.

## Wasserhaushalt

Die Kenngrößen für den Wasserhaushalt einzelner Bäume eines Bestandes zeigen große Unterschiede im Jahresverlauf (Abb. 2). Bereits ab dem 1. April driften die

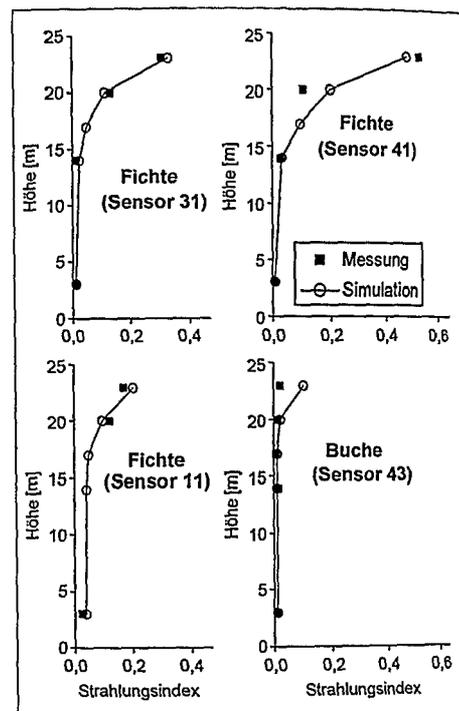


Abb. 1: Gemessener und simulierter Strahlungsindex von vier verschiedenen Bäumen auf der Versuchsfäche Kranzberg bei Freising als Mittel des Zeitraums Mai bis September 2005 (Strahlung über dem Bestand = 1)

## Modell BALANCE

Das am Lehrstuhl für Waldwachstumkunde der TU München entwickelte Modell BALANCE ist ein Einzelbaummodell, in dem die Lage und Größe jedes betrachteten Baumes bekannt ist. Es beschreibt die dreidimensionale Entwicklung der Bäume in Abhängigkeit von den äußeren Umweltfaktoren Witterung, CO<sub>2</sub>, Bodenbedingungen sowie Schadstoffe und der individuellen Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe. Als Triebkräfte der Fotosynthese und Atmung werden tägliche Informationen über Globalstrahlung, Temperatur und Niederschläge sowie Angaben zur Luftchemie (CO<sub>2</sub>-Gehalt, Luftschadstoffe, Stickstoffdeposition) herangezogen und der Einfluss dieser Größen für jeden Baum aus den Bestandes- und Bodenverhältnissen abgeleitet. Die Bestimmung der Lichtkonkurrenz erfolgt mittels eines abgewandelten Konkurrenzindex. Zudem wird der jährliche Entwicklungsverlauf der Bäume anhand von Blattaustrieb und Laub- bzw. Nadelfall berechnet. Das Höhen- und Dickenwachstum des Stammes und die Ausdehnung der Krone und des Wurzelraumes werden auf der Grundlage der jährlichen Nettokohlenstoffgewinne und der Effizienz der einzelnen Kronen- und Wurzelraumteile simuliert, die sich aus den physiologischen Prozessen ergeben. Die Dimensionsveränderung des gesamten Bestandes erfolgt somit einmal jährlich aus der Zunahme von Stammholz, Grobwurzeln und Astholz über das Jahr. Eine ausführliche Beschreibung des Modells BALANCE ist in [2] enthalten.

Dr. T. Rötzer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldwachstumkunde im Wissenschaftszentrum Weißenstephan der TU München.

<sup>1)</sup> Im Rahmen der Forschung für eine nachhaltige Waldwirtschaft wird in mehreren Projekten (CSWH, ENFORCHANGE) mithilfe solcher Wachstumsmodelle Prozesswissen gewonnen und in Berechnungsschritte (Algorithmen) übertragen, um das Wachstum, die Kohlenstoffspeicherung und den Ertrag von Waldbeständen unter gegebenen und veränderten Umweltbedingungen abzuschätzen. Die Projekte werden im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms Nachhaltige Waldwirtschaft durchgeführt.

Bodenwassergehalte unter den einzelnen Bäumen auseinander. Ab Anfang Juni unterschreitet ein Teil der Bäume die Marke von 50 % nutzbarer Feldkapazität, d.h. bei diesen Bäumen ist die Transpiration und damit auch die Fotosyntheseleistung deutlich eingeschränkt. Im Hochsommer liegt der Bodenwassergehalt aller Bäume unter 50 % nutzbarer Feldkapazität, ein Teil sogar unter 25 % nutzbarer Feldkapazität, wodurch das Wachstum dieser Bäume stark eingeschränkt wird. Der mittlere Verlauf des Bodenwassergehalts unterschreitet dagegen erst Anfang August die Marke von 50 % nutzbarer Feldkapazität, ein noch stärkeres Absinken ist nicht sichtbar.

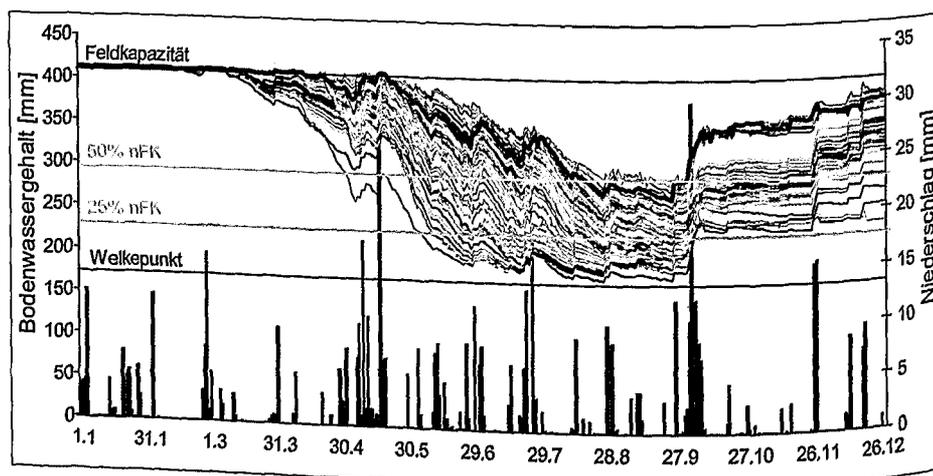


Abb. 2: Niederschlagsmengen und Bodenwassergehaltsverlauf unter 75 Einzelbäumen bzw. als Bestandesmittelwert (fette Linie) eines Buchen/Fichten-Mischwaldes im Jahr 2003 unter den standörtlichen Verhältnissen des Level-2-Standorts Freising

## Konsequenzen für das Wachstum

Die beiden Beispiele zur Wasserverfügbarkeit und zur Strahlungsverteilung im Bestand zeigen die jeweilige Ressourcenverfügbarkeit und die aktuellen Umweltbedingungen, die das Wachstumsverhalten der einzelnen Bäume beeinflussen. Kennt man die aktuellen Umweltbedingungen jedes einzelnen Baumes und die Struktur eines Bestandes, lässt sich das Wachstum sowohl der Einzelbäume und damit auch des Bestandes bestimmen. Anhand des Modells BALANCE lassen sich zahlreiche Größen von den Kohlenstoffgehalten einzelner Kompartimente wie Wurzeln, Stamm oder Laub bis hin zu den Stammvolumina des gesamten Bestandes ableiten. Im Folgenden wird die Produktivität als Kenngröße verwendet, um Wachstum und Ertrag von verschiedenen Beständen vergleichen zu können. Die Produktivität ergibt sich aus dem Prozentanteil des mittleren jährlichen Zuwachses an Kohlenstoff, bezogen auf die Ausgangsbiomasse des Bestandes.

In Abb. 3 ist die Produktivität von drei ähnlich strukturierten Beständen aus Buche, Fichte und Fichte/Buche (n = 300/ha, Biomassen: Fichte 64 t C/ha, Buche: 52 t C/ha, Fichte/Buche: 50 t C/ha) einander gegenübergestellt. Als Witterungswerte wurden die Klimaverhältnisse der Jahre 1994 bis 2003 des Standorts Freising verwendet. Mit 6,3 % jährlichem Wachstum zeigt der Mischbestand die höchste Produktivität, gefolgt von Buche mit 5,8 %. Der Fichtenbestand weist mit einer Produktivität von 4,2 % einen deutlich geringeren Wert auf. Aus den Untersuchungen von [1] lassen sich für Fichten- bzw. Laubbestände in Südostnorwegen Produktivitätswerte von 3,2 bzw. 3,1 %

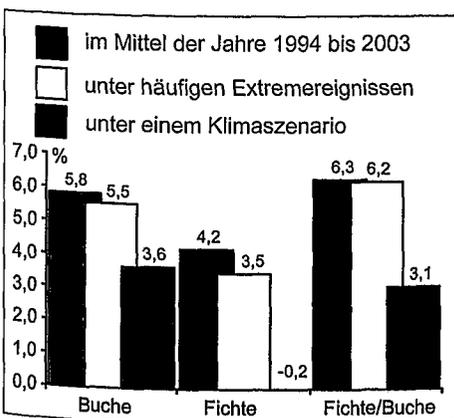


Abb. 3: 10-jähriges Mittel der Produktivität (prozentuale jährliche Biomassezunahme, bezogen auf die Biomasse zu Beginn der Simulation) eines Buchen- und Fichtenbestandes sowie eines Fichten/Buchen-Mischbestandes unter den Standortverhältnissen des Level-2-Standorts Freising

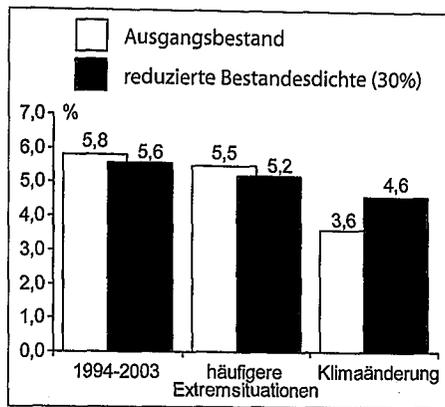


Abb. 4: 10-jähriges Mittel der Produktivität eines Buchenbestandes unter den Standortverhältnissen des Level-2-Standorts Freising mit und ohne Reduktion der Bestandesdichte

berechnen, die unter Berücksichtigung der standörtlichen Verhältnisse gut zu den hier erzeugten Werten passen.

## Störeinflüsse

Verändern sich die Umweltbedingungen einzelner Bäume oder die Struktur des Bestandes, kann dies zu deutlichen Wachstumsveränderungen führen. Solche Störeffekte, wie z.B. extreme Witterungsperioden oder Klimaänderungen, aber auch gegensteuernde Maßnahmen können mit physiologischen Modellen wie BALANCE untersucht werden. Um die Folgen von häufigeren klimatischen Extremsituationen auf das Bestandeswachstum der drei Untersuchungsbestände abzuschätzen, wurde die Witterung des extrem trockenen und heißen Sommers 2003 alle drei Jahre wiederholt. Betrachtet man die sich aus dem 10-jährigen Lauf mit nun 4 Witterungsverläufen des Jahres 2003 ergebenden Werte (Abb. 3), erkennt man bei allen Beständen einen Rückgang der Produktivität. Während jedoch beim Mischbestand nur ein geringer Rückgang von 6,3 % auf 6,2 % zu verzeichnen ist, sinkt die Produktivität des Fichtenbestandes von 4,2 % auf 3,5 % ab. Beim Buchenbestand liegt die Produktivität bei 5,5 % gegenüber 5,8 % für das Freisinger Klima der Jahre 1994 bis 2003.

Unterstellt man eine markante Klimaänderung mit einer Niederschlagsreduktion von 47 %, einem Temperaturanstieg um 3,8 K und einer verdoppelten CO<sub>2</sub>-Konzentration analog des Klimaszenarios A2 [3], sackt die Produktivität des Mischbestandes auf 3,1 %, die des Buchenbestandes auf 3,6 % ab. Beim Fichtenbestand ist kein Zuwachs mehr zu erkennen, über den gesamten Zeitraum hinweg ist sogar ein Verlust an Biomasse zu erwarten (Abb. 3).

Verringert man die Bestandesdichten um 30 %, wie dies am Beispiel des Buchenbestandes durchgeführt worden ist, zeigt sich sowohl für das aktuelle Klima als auch unter vermehrten Extremsituationen eine etwas geringere Produktivität von 5,6 % bzw. 5,2 % (Abb. 4).

Unter den veränderten Klimabedingungen hingegen erhöht sich die Produktivität des Buchenbestandes bei geringerer Bestandesdichte von 3,6 % auf 4,6 %. Dies bedeutet, dass der Buchenbestand mit der reduzierten Bestandesdichte den Rückgang der Produktivität infolge der Klimaänderung zum Teil ausgleichen kann. Verringerte Bestandesdichten können deshalb als gegensteuernde Maßnahme für veränderte Klimaverhältnisse angesehen werden, der Rückgang der Produktivität lässt sich so verkleinern.

## Folgerungen

Verändern sich einzelne Umweltbedingungen für einen Bestand, kann dies zu deutlichen Wachstumsveränderungen des Gesamtbestandes führen. Aufgrund der unterschiedlichen Umgebung eines jeden Baumes und seiner Konstitution müssen zunächst die Reaktionen der einzelnen Bäume auf Umweltbedingungen und deren Änderungen im Zeitverlauf bzw. auf waldbauliche Maßnahmen abgeschätzt werden. Störeffekte und gegensteuernde Maßnahmen können so exakt untersucht werden. Mithilfe des so erlangten Prozesswissens kann auf das Bestandeswachstum geschlossen werden. Das Wachstum eines Waldbestandes lässt sich damit eindeutig anhand der Struktur des Bestandes und der aktuellen Umweltbedingungen beschreiben.

Wachstum und Ertrag von Rein- aber auch von Mischbeständen können in Abhängigkeit der Veränderung der äußeren Bedingungen sowie in Rückkopplung mit den Änderungen in der Bestandesstruktur mithilfe von dynamischen Wachstumsmodellen wie BALANCE abgebildet werden. Im Rahmen der BMBF-Projekte CSWH bzw. ENFORCHANGE soll auf diese Weise Prozesswissen gewonnen und in Algorithmen und Reaktionsmuster übertragen werden. Mithilfe von management-orientierten Betriebssimulatoren wie beispielsweise SILVA, in die auch waldbauliche Maßnahmen einbezogen werden können, lassen sich Wachstum, Ertrag und Kohlenstoffdynamik von Waldbeständen unter gegebenen und möglichen künftigen Umweltbedingungen über lange Prognosezeiträume hinweg abschätzen ([www.cswh.worldforestry.de](http://www.cswh.worldforestry.de), [www.enforchange.de](http://www.enforchange.de)). Auf diese Weise können naturwissenschaftliche Erkenntnisse für die Planung und Praxis in der Forstwirtschaft nutzbar gemacht werden.

### Literaturhinweise:

- [1] deWIT, H. A.; PALOSUO, T.; HYLEN, G.; LISK, I. J. (2006): A carbon budget of forest biomass and soils in southeast Norway calculated using a widely applicable method. *Forest Ecology and Management* 225, S. 15-26. [2] GROTE, R.; PRETZSCH, H. (2002): A model for individual tree development based on physiological processes. *Plant Biol.* 4, S. 167-180. [3] IPCC (2000): Land, use, land use change and forestry. In: IPCC special report. Watson R. T., Noble I. R., Bolin B., Ravindranath N. H., Verardo D. J., Dockett, D. J. Cambridge University Press, Cambridge, 337 S.