

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

Sonderheft  
zum 70. Geburtstag  
von Prof. Dr. Dr. h. c. FRIEDRICH FRANZ

**Sonderdruck**

ISSN 0002-5852

## INHALTSVERZEICHNIS

H. Pretzsch	Prof. Dr. Dr. h. c. FRIEDRICH FRANZ zum 70. Geburtstag .....	97
<i>AUFSÄTZE</i>		
H. Pretzsch	Wo steht die Waldwachstumsforschung heute? Denkmuster-Methoden-Feedback (Forest yield science – its present stand. Thought patterns, methods, feed-back)	98
K. von Gadow	Strukturentwicklung eines Buchen-Fichten-Mischbestandes .....	103
	(Development of the structure of a beech-spruce-forest)	
T. Preuhsler	Waldwachstumskundliche Beobachtungen im Fichten/Tannen/Buchen-Urwaldreliktbe- stand „Höllbachgspreng“ bei Zwiesel .....	106
	(Structure and growth in the virgin forest relict stand „Höllbachgspreng“ near Zwiesel)	
H. Röhle	Änderung von Bonität und Ertragsniveau in südbayerischen Fichtenbeständen .....	110
	(Site class improvements and production level changes in southern bavarian spruce stands)	
M. Kahn und H. Pretzsch	Das Wachstumsmodell SILVA – Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche .....	115
	(The growth model SILVA 2.1 – A parameterization for pure and mixed species stands from spruce and beech)	
H. Utschig	Umwandlung von Fichtenreinbeständen in Mischbestände – Eine ökologische und ökonomi- sche Bewertung .....	124
	(Reconversion of pure spruce stands into mixed forests; an ecological and economic valua- tion)	
M. Bachmann	Zum Einfluß von Konkurrenz auf das Einzelbaumwachstum in Fichten/Tannen/ Buchen-Bergwäldern .....	127
	(About the effects of competition on individual tree growth in mountain forests)	
J. Ďurský	Modellierung der Absterbeprozesse in Rein- und Mischbeständen aus Fichte und Buche (Modelling mortality in mixed spruce-beech stands)	131
M. Meschederu	Erfassung und Modellierung des Strahlungsangebotes in Fichten-Buchen Mischbeständen (Recording and modelling of radiation climate in spruce-beech mixed stands)	134

**168. JAHRGANG 1997 HEFT 6/7 JUNI/JULI**

**D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN**

In this investigation 2 sample plots of a mixed stand in an advanced stage of transferring (more than 40 years of "treatment close to nature") are compared with the development of a long term experimental plot of spruce under the same site conditions. The single tree growth model Silva 2 is used to predict the development of the mixed stand during the next 40 years. As for the economic aspect, the pure spruce stand is convincing because of its high productivity and the higher mean annual value increment. At the same time there is a lot of capital fixed in the remaining stand. The stands to be transferred yield a continuous return and show a remarkably high ecological valence.

## 7. Résumé

Titre de l'article: *Transformation de peuplements purs d'épicéas en peuplements mélangés. Une évaluation écologique et économique.*

Deux placettes expérimentales installées dans un peuplement forestier soumis depuis 40 ans à un traitement «conforme à la nature» et en phase de transformation ont été comparées avec l'évolution sur le long terme d'une placette d'expérience d'épicéas. L'évolution des peuplements en cours de transformation pour les 40 prochaines années a été prévue à l'aide du modèle de croissance Silva 2. Le peuplement pur d'épicéas séduit par sa haute productivité en volume, et le capital représenté par le peuplement sur pied est élevé. Les peuplements transformés assurent des revenus remarquablement continus et ont une valeur écologique élevée en raison de leur structure spatiale.

J. M.

## 8. Literatur

ASSMANN, E. und FRANZ, F.: Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. In: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. 334 Seiten, 1990. 1963

- BAUER, O.: Naturnahe Forstwirtschaft in Bayern. AFZ, 46, (6), 268–271, 1991  
 BENTRUP, H.-H.: Naturnahe Waldwirtschaft als Zukunftsaufgabe. AFZ 47, 160–163, 1992  
 BERGMANN, J. H.: Waldbaugrundsätze des Landes Brandenburg. AFZ 47, 960–961, 1992  
 CLARK, PH. J. and EVANS, F. C.: Distance to nearest Neighbour as a measure of spatial relationships in populations. Ecology 35, (4), 445–453, 1954  
 ECKARDT, L.: Waldbaugrundsätze in Thüringen. AFZ 49, 834–835, 1994  
 KÖHLER, D.: Naturnahe Forstwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern. AFZ 47, 1384–1387, 1992  
 KOOTEN, G. B. VAN: Can nonmarket values be used as indicators of forest sustainability. Forestry Chronicle 71, 702–711, 1995  
 KREUTZER, K., und FOERST, K.: Forstliche Wuchsgebietgliederung Bayerns. Karte 1:1.000.000. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), 1978  
 OTT, W.: Was dem Wald not tut. Anforderungen an eine zukunftsfähige Forstpolitik. AFZ 47, (19), 1018–1023, 1992  
 OTTO, H.-J.: Langfristige ökologische Waldentwicklung: Ökologische Grundlagen des Regierungsprogramms. AFZ, 47 (11), 566–568, 1992  
 PIELOU, E. C.: Mathematical Ecology. John Wiley & Sons. 385 Seiten, 1977  
 PRETZSCH, H.: Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstl. Forschungsber. München, Nr. 115, 358 Seiten, 1992  
 PRETZSCH, H.: Zum Einfluß des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. AFJZ 166 (9/10), 190–201, 1996  
 PRETZSCH, H. and KAHN, M.: Modelling growth of Bavarian mixed stands in a changing environment. In: KORPILAHTI, E., MIKKELÄ, H. and SALONEN, T. (Hrsg.): Caring for the forest: Research in a Changing World. Congress Report. Volume II. IUFRO XX World Congress, 6–12 August, Tampere, Finland, S. 234–248, 1996a  
 PRETZSCH, H. and KAHN, M.: Wuchsmodelle für die Unterstützung der Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb. AFZ/Der Wald 51 (25), 1114–1119, 1996b  
 SCHMITT, M.: Waldwachstumskundliche Untersuchungen zur Überführung fichtenreicher Baumhölzer in naturnahe Mischbestände mit Dauerwaldcharakter. Forstl. Forschungsber. München, Nr. 144, 223 Seiten, 1994  
 SPELLMANN, H. und NAGEL, J.: Zur Durchforstung von Fichte und Buche. AFJZ 167, 6–15, 1996

# Zum Einfluß von Konkurrenz auf das Einzelbaumwachstum in Fichten/Tannen/Buchen-Bergwäldern

Aus dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Ludwig-Maximilians-Universität München

(Mit 2 Abbildungen und 2 Tabellen)

Von M. BACHMANN

(Angenommen Februar 1997)

## SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

*Konkurrenzindex; Einzelbaumsimulator; Bergmischwald.*

*Competition indices; single tree model; mountain forest.*

## 1. EINLEITUNG

Bei der Erklärung des Einzelbaumwachstums wird in vielen forstlichen Wuchsmodellen der inter- und intraspezifische Wettstreit um die Ressourcen Licht, Nährstoffe und Wasser in Form von Konkurrenzindizes berücksichtigt. Die Berechnung der Indizes vollzieht sich i. d. R. in 2 Schritten: ausgehend von einem Bezugsbaum werden im 1. Schritt dessen Konkurrenten ermittelt, im 2. der von ihnen ausgehende Konkurrenzdruck quantifiziert.

Ist man bestrebt, diese Verfahren auch im Bergmischwald einzusetzen, muß berücksichtigt werden, daß sich dieser durch unterschiedlichste Neigungs- und damit verbunden auch Expositionsverhältnisse auszeichnet. Dieser Sachverhalt wird in den aus der Literatur bekannten Verfahren zur Quantifizierung der Konkurrenzsituation von Einzelbäumen explizit nicht berücksichtigt. Zur Klärung der

Frage, ob sich bei den Berechnungen der Konkurrenzindizes durch Einbezug der Neigungsverhältnisse die Korrelationen zwischen Zuwachs und Konkurrenzwert verbessern lassen, wird auf umfangreiches Datenmaterial von Versuchsflächen zurückgegriffen.

## 2. MATERIAL

Die einbezogenen Bestände – es handelt sich um insgesamt 61 langfristig beobachtete Versuchspartellen in den Bayerischen Alpen und im Bayerischen Wald – streuen in ihren Anteilen an den Baumarten Fichte, Tanne und Buche, in ihrer Alterstruktur (60 bis 270 Jahre) sowie im Hinblick auf ihre bisherige waldbaulichen Behandlung innerhalb eines breiten Rahmens. Die Höhenlagen schwanken zwischen 685 m und 1472 m über NN. Mit Ausnahme einer reinen Ost-Exposition sind alle Haupt- und Nebenhimmelsrichtungen vertreten. Dabei bewegen sich die Hangneigungen zwischen 0° und 40°. Bei den Versuchsflächenstandorten in den Bayerischen Alpen handelt es sich i. d. R. um mäßig frische bis frische, mittel- bis tiefgründige Lehme aus Hauptdolomit mit Mullauflage, im Bayerischen Wald um frische bis hangfrische, sandig

grusige, tiefgründige Lehme aus Gneiszersatz mit der Humusform Moder. In allen Beständen wurden im Zeitraum 1954 bis 1992 für jeden Einzelbaum die Attribute Baumartenzugehörigkeit, Brusthöhendurchmesser, Gesamt- und Kronenansatzhöhe, Kronenradien und Stammfußkoordinaten erhoben.

### 3. METHODEN

Der mehrschichtige und gemischte Aufbau dieser Bergwälder, begleitet von der Variation der Standortfaktoren Hangneigung und Exposition, wirft erstens die Frage auf, wie gut die mit gebräuchlichen Indizes quantifizierten Konkurrenzwerte und der Einzelbaumzuwachs korreliert sind, und zweitens, inwieweit sich dieser Zusammenhang durch einfache Adaptionen der Berechnungsverfahren an geneigte Verhältnisse verbessern läßt. Diese Anpassungen beinhalten einerseits eine den geneigten Verhältnisse angemessene Konkurrentenauswahl und andererseits die besondere Berücksichtigung der individuellen Sozialposition sowie der standörtlichen Gegebenheiten bei der nachfolgenden Modellparametrisierung und -bewertung.

Frage 1 wurde im Rahmen einer vorab durchgeführten Analyse beantwortet (BACHMANN, 1996). Dabei wurden aus einer Vielzahl herkömmlicher Konkurrenzmodelle unterschiedlichster Bauart ein Konkurrentenauswahlverfahren sowie 4 gut geeignete Algorithmen zur Quantifizierung von Konkurrenzwerten extrahiert. Diese Berechnungsformeln der Autoren HEGYI (1974), BIGING und DOBBERTIN (1992) sowie PRETZSCH (1995) sind in Tabelle 1 dargestellt.

#### 3.1 Anpassung der Konkurrentenauswahl an geneigte Verhältnisse

Die Konkurrentenauswahl erfolgt mit Hilfe eines im weiteren so bezeichneten Suchkegels, der dem in seiner Konkurrenzsituation zu beurteilenden Einzelbaum (Zentralbaum) aufgesetzt wird (Abb. 1). Reicht ein Nachbar mit seiner Baumspitze in diesen Suchkegel hinein, so gilt er als Konkurrent. Eine erste Anpassung der Konkurrentenauswahl an geneigte Verhältnisse besteht darin, daß man berücksichtigt, welche Geländeexposition die Nachbarn innehaben, und zwar wird neben den notwendigen x- und y-Koordinaten nun auch deren geländehöhebestimmende z-Koordinate mit einbezogen. In einem 2. Schritt werden die suchkegelspezifischen Charakteristika Ansatzhöhe, exposition- bzw. sonnenstandbezogene Ausrichtung der Suchkegelachse sowie Öffnungsweite des Kegels verändert. Unter Einbezug der so aufgefundenen Konkurrenten werden die Konkurrenzwertberechnungen durchgeführt.

### 3.2 Modellparametrisierung und -bewertung

Die Beurteilung der Konkurrenzmodelle erfolgt durch Prüfung des Zusammenhangs zwischen Konkurrenzindex und Zuwachs. Hierzu werden über nichtlineare Funktionen die Konkurrenzwerte für ein aus insgesamt 11328 Individuen bestehendes Gesamtkollektiv in Beziehung zum Zuwachs gesetzt (Tab. 2). Um die Mehrschichtigkeit der Bestände zu berücksichtigen, erfolgen die Modellparametrisierungen nicht allein getrennt nach Baumarten sondern zusätzlich getrennt nach 3 relativen Höhengschichten (MAGIN, 1956), insgesamt also für 12 Straten. Indem von jeder Parzelle 3 Individuen je Baumart und relativer Höhengschicht zufällig ausgewählt werden, lassen sich in der Ober-, Mittel- und Unterschicht gleichmäßige Kollektivumfänge gewährleisten, ohne dabei die stark variierenden, parzellenspezifischen Wuchsbedingungen zu vernachlässigen. Sie bilden die Datenbasis für die nachfolgenden Rechenläufe und deren Ergebnisse.

Dem jährlichen Grundflächenzuwachs der Zentralbäume wird neben ihrem individuellen Grundflächenwert ihr logarithmisch transformierter Konkurrenzwert gegenübergestellt. Der Zuwachs wurde mit Hilfe des Durchmessers der nachfolgenden Aufnahme als Mittelwert einer Periode hergeleitet. Um den Einfluß des Standorts zu erfassen, wird eine 0/1-transformierte Standortvariable einbezogen, deren Herleitung neben bodenkundlichen Merkmalen auch die parzellenspezifische Höhenlage zugrundeliegt. Die Ausprägung 0 beinhaltet bessere, die Ausprägung 1 schlechtere Standorte.

Die eigentliche Bewertung der Konkurrenzindizes zu der Frage, ob hangintegrierende Suchkegelverfahren bessere Korrelationen zwischen Konkurrenzdruck und Zuwachs zeigen, wird mittels der beiden in Tabelle 2 genannten Funktionen durchgeführt. Als Referenz dient ein Zuwachsmo- dell, das explizit keine Konkurrenz berücksichtigt (Zuwachsmo- dell M1). Für die Zuwachsschätzung mit Hilfe dieses Modells, das nur mit der Ausgangsgrundfläche des Baumes und der Standortvariablen arbeitet, wird der mittlere quadratische Fehler errechnet ( $MSE_{M1}$ ). Auf der Basis des 2. Zuwachsmo- dell (M2), das zusätzlich den Konkurrenzwert als unabhängige Variable einschließt, wird ebenfalls der mittlere quadratische Fehler bestimmt ( $MSE_{M2}$ ) und zur Referenz in Beziehung gesetzt ( $MSE_{M2}/MSE_{M1} \cdot 100$ ). Anhand dieses Quotienten wird entschieden, welches Konkurrenzverfahren am besten abschneidet.

### 4. ERGEBNISSE

Auch wenn in vielen Fällen die Berechnungsformel von HEGYI dem bestgeeignetsten Konkurrenzmodell zugrundeliegt, befinden sich die Algorithmen aller einbezogenen Autoren unter den Besten

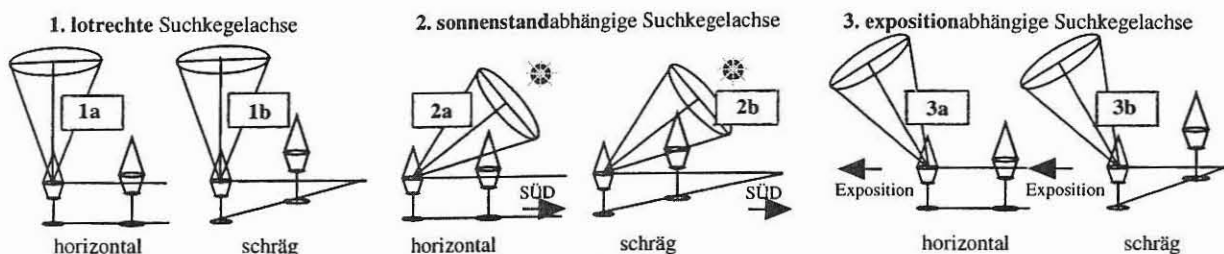


Abb. 1

Sechs Varianten bei der Anpassung der suchkegelabhängigen Konkurrentenauswahl an geneigte Verhältnisse: 1. lotrechte, 2. sonnenstandabhängige und 3. expositionabhängige Suchkegelachse; jeweils mit horizontaler (a) bzw. schräger (b) Geländebetrachtung

Six different adaptations of the search-cone-dependent competitor selection to inclined growing space: 1. vertical, 2. sun and 3. exposition dependent orientation of the search-cone's axes; in each case assuming horizontal (a) or inclined (b) conditions



Tab. 1

Beschreibung der 4 verwendeten Konkurrenzwert-Berechnungsformeln.  $H, P, M, V$  = Konkurrenzwerte der jeweiligen Autoren;  $i$  = Zentralbaum;  $j$  = Konkurrent;  $D$  = Brusthöhdendurchmesser (cm);  $Dist$  = horizontale Distanz (m);  $BETA$  = Steigung der Verbindungslinie zwischen Suchkegelspitze und Konkurrentenwipfel gegenüber der Horizontalen abzüglich der Steigung der Suchkegelmantelfläche (rad);  $CC$  = Kronenschirmfläche (m<sup>2</sup>);  $M$  = Kronenmantelfläche (m<sup>2</sup>);  $V$  = Kronenvolumen (m<sup>3</sup>);  
Kronenformmodelle nach PRETZSCH (1992)

Description of the used competition formulas

Formel	Autor
$H = \sum_{j=1}^n \frac{D_j}{D_i \cdot (Dist_{ij} + 1)}$	HEGYI (1974)
$P = \sum_{j=1}^n BETA_{ij} \cdot \frac{CC_j}{CC_i}$	PRETZSCH (1995)
$M = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{M_i \cdot (Dist_{ij} + 1)}$	BIGING und DOBBERTIN (1992)
$V = \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{V_i \cdot (Dist_{ij} + 1)}$	BIGING und DOBBERTIN (1992)

(vgl. Tab. 1). Damit tritt die Bedeutung der Formel deutlich hinter denjenigen des Konkurrentenauswahlverfahrens zurück.

#### 4.1 Eignung der Indizes differenziert nach Baumarten und -klassen

Der Vergleich des quadratischen Fehlers der Modelle M2 und M1 ergibt, daß bei der schattentoleranten Tanne mit 27 % die höchste Fehlerreduktion ( $= 1 - MSE_{M2}/MSE_{M1}$ ) mit dem Index von HEGYI, einem lotrechten Suchkegel und der Einbeziehung von z-Koordinaten der Nachbarbäume erzielt wird. Hier ist also eine geländebedingte Anpassung des Konkurrentensuchverfahrens erfolgreich. Auch für die Baumarten Fichte und Buche schneidet die Formel von HEGYI am besten ab. Bei der Fichte, deren Parameter und statistischen Kennmaße in Tabelle 1 dargestellt sind, beträgt die Reduktion des quadratischen Fehlers 36 % und bei der Buche sogar 44 %. Obwohl die Buche nur geringfügig höhere Lichtansprüche als die

Tanne stellt, lassen somit also ihre Dimensions- und Umgebungsmerkmale – ausgedrückt im Konkurrenzwert – erheblich besser auf ihren Zuwachs schließen. Bei der Fichte bringt eine Hangmodifikation der Suchverfahren allerdings keine Verbesserung, und für die Zuwachsverhältnisse der Buche ist es am besten, wie bei der Tanne die z-Koordinaten der Nachbarbäume zu berücksichtigen.

Erwartungsgemäß nimmt die Fehlerreduktion von der Ober- über die Mittel- zur Unterschicht hin zu und weist damit auf die zunehmende Relevanz der Einflußgröße Konkurrenz hin. Die besten Zuwachsschätzungen in der Oberschicht werden bei Fichte, Tanne und Buche mit den Indizes erreicht, die auf der Berechnungsformel nach HEGYI (vgl. Tab. 1) beruhen. Dabei liegen stets lotrechte Suchkegel zugrunde, also keine Hang- oder Expositionsanpassungen. In der Mittelschicht tritt neben der Formel von HEGYI auch die auf der Kronenmantelfläche beruhende Gleichung nach BIGING und DOBBERTIN (vgl. Tab. 1) hervor, wobei die Berücksichtigung der z-Koordinaten wesentliche Verbesserungen erbringt. In der Unterschicht überzeugt wiederum die Berechnungsformel nach HEGYI, und eine Verbesserung in Form einer Fehlerreduktion ist nur bei der Buche durch z-Koordinaten zu erzielen. Insgesamt variieren sowohl die Ansatzhöhe des Suchkegels als auch dessen Öffnungswinkel stark.

#### 4.2 Resultate der modifizierten Konkurrentenauswahl

Die Konkurrentenauswahl erfolgt nahezu ausnahmslos mit Hilfe eines lotrechten Suchkegels, wobei 2- und 3dimensionale Stammfußpunkte berücksichtigende Verfahren gleichermaßen vorkommen. Der Suchkegelansatz befindet sich bei Fichte und Buche häufig in 70 % der Gesamthöhe des Zentralbaumes und registriert somit vorwiegend Konkurrenten im Bereich der Lichtkrone. Bei der Tanne sind es 10 % bis 30 % der Gesamthöhe. Mit Verschlechterung der sozialen Position verlagert sich die Ansatzhöhe tendenziell zum Stammfuß hin und erhöht sich die Bedeutung der Gesamtkrone. Auch hinsichtlich der Suchkegelöffnungsweite zeichnen sich baumartenspezifische Besonderheiten ab. Mit 40° bis 60° besitzt die Tanne den kleinsten, mit 80° bis 120° die Buche den größten sowie die Fichte mit 60° bis 80° einen intermediären Öffnungswinkel, der zudem von der Sozialposition unabhängig ist.

#### 4.3 Standortspezifische Zuwachsreaktion

Auf der Basis der Formel nach HEGYI zur Berechnung von Konkurrenzwerten und ohne Anpassung des Suchkegels an Hangverhältnisse wird die standortspezifische Zuwachsreaktion auf Konkurrenz-

Tab. 2

Zuwachsmodele M1 und M2 ohne und mit Konkurrenzberücksichtigung;  $ig$  = jährlicher Grundflächenzuwachs als Mittelwert einer Periode (cm<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>);  $Stao$  = 0/1-transformierte Standortvariable;  $G$  = Grundfläche (cm<sup>2</sup>);  $CI$  = Konkurrenzwert;  $a_0 \dots a_6$  = baumart- und höhenschichtspezifische Modellparameter;  $adj. r^2$  = adjustiertes Bestimmtheitsmaß;  $MSE$  = mittlerer quadratischer Fehler. Die angegebenen Parameter-Schätzgrößen und Standardabweichungen (in Klammern) beziehen sich auf das 383 Individuen umfassende Fichten-Gesamtkollektiv

Increment models M1 and M2 without and with consideration of competition;  $ig$  = annual basal area increment (cm<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>);  $Stao$  = 0/1-transformed site-dummyvariable;  $G$  = basal area (cm<sup>2</sup>);  $CI$  = competition index;  $a_0 \dots a_6$  = parameters;  $adj. r^2$  = adjusted  $r^2$ ;  $MSE$  = mean square error

Modell M1 $ig = 1/\exp(a_0 + a_1 \cdot Stao + a_2 \cdot G)$			Modell M2 $ig = 1/\exp(a_3 + a_4 \cdot Stao + a_5 \cdot G + a_6 \cdot \log(1 + CI))$				adj. $r^2$	MSE	$\frac{MSE_{M2}}{MSE_{M1}}$ (%)
Parameter	Parameter		Parameter						
$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$			
-2,642 (0,063)	0,654 (0,064)	-4,61E-04 (2,07E-05)	-	-	-	-	0,582	160,682	100
-	-	-	-3,882 (0,084)	0,689 (0,049)	-0,68E-04 2,36E-5	1,104 (0,088)	0,735	102,038	64

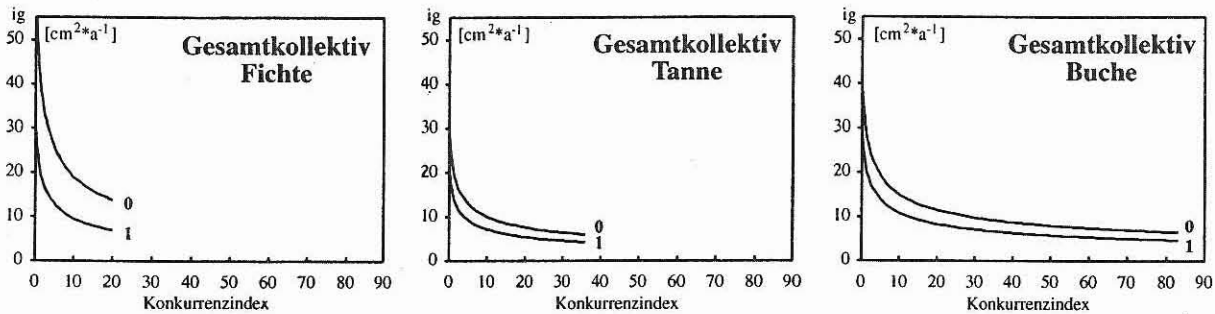


Abb. 2

Zuwachsmo­dell M2: Darstellung der baumarten- und standortabhängigen Zuwachsreaktionen auf Konkurrenz (links Fichte, Mitte Tanne, rechts Buche). Dem Konkurrenzindex liegt die Formel von HEGYI sowie keine Anpassung des Suchkegels an Hangverhältnisse zugrunde. Die Zuwachswerte sind lediglich im baumartenspezifischen Konkurrenzwertebereich gezeichnet und beziehen sich auf einen mittleren Brusthöhendurchmesser von 40 cm. Ein Wert von 0 der Standortvariablen beinhaltet bessere, ein solcher von 1 schlechtere Standorte

Increment model M2: Species and site dependent growth reactions while using a competition index (left spruce, middle white fir, right beech)

druck dargestellt (Abb. 2). Auf der Grundlage eines vorgegebenen Durchmesserwertes von 40 cm, der in etwa dem Mittelwert des Gesamtkollektivs der jeweiligen Baumart entspricht, sinkt der Zuwachs mit zunehmendem Konkurrenzeinfluß ab. Bei besseren Standortverhältnissen liegt der konkurrenzabhängige Zuwachs bei allen Baumarten und dargestellten relativen Höhenschichten auf einem höheren Niveau. Die Spanne zwischen besseren (0) und schlechteren Standorten (1) fällt bei der Fichte sehr deutlich aus.

Grundsätzlich verringert sich jedoch die Bedeutung der Standortvariablen mit Verschlechterung der sozialen Position. Wird der Standort bei der Modellparametrisierung vernachlässigt, kann die konkurrenzabhängige Zuwachsreaktion der Tanne in der Oberschicht sowie der Fichte in allen Schichten am besten mit Hilfe eines sonnenstandorientierten Suchkegels sowie 3dimensionalen Koordinaten beschrieben werden. Demzufolge wird die Anpassung an die örtlichen Neigungs- und Expositionsverhältnisse wieder relevant. Es erscheint biologisch plausibel, daß Konkurrenzmodelle dieser Bauart bei lichtbedürftigeren Baumarten wie der Fichte bzw. bei lichtexponierten Kollektiven wie der Oberschicht in den Vordergrund treten. In Abwesenheit einer expliziten Standortgröße zeigt sich zudem deren Befähigung, einen wesentlichen Teil der Standorteinflüsse in Form der Größen Hangneigung und Exposition widerzuspiegeln.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Das Anliegen dieser Studie ist es, geeignete Konkurrenzindizes zur Nachbildung des Einzelbaumwachstums in Bergmischwaldbeständen herauszuarbeiten. Hierzu werden gängige und modifizierte Verfahren zur Berechnung von Konkurrenzwerten an Datenmaterial von 61 langfristig beobachteten Versuchspartzellen unterschiedlichster Neigung und Exposition geprüft. Die Leistung der konkurrenzbeschreibenden Algorithmen wird mit Hilfe von nichtlinearen Zuwachsmo­dellen beurteilt. Neben baumart- und baumklassenabhängigen Zuwachsreaktionen auf Konkurrenz werden standortspezifische Effekte sowie die geeignetsten Konkurrenzmodelle vorgestellt. Es zeigt sich, daß eine Anpassung der Verfahren zur Auswahl von Konkurrenten im Hinblick auf Hangneigung und Exposition die Aussagekraft der Konkurrenzmodelle wesentlich verbessert.

## 6. Summary

Title of the paper: *About the effects of competition on individual tree growth in mountain forests.*

The request of this study is to find out the most suitable competition indices to model individual tree growth in mountain forests. Therefore proved and modified competition algorithms were used in

combination with profound data from 61 longterm experimental plots. The performance of the competition models is evaluated by nonlinear increment models. Beneath growth reactions on competition, where the reactions depend on tree species and social height classes, also site specific effects were presented as well as the most qualified indices. It is shown that an adaption of search algorithms concerning slope and aspect provide a high improvement of the correlation between increment and competition.

## 7. Résumé

Titre de l'article: *Sur l'influence de la concurrence sur la croissance individuelle des arbres dans les forêts de montagne de sapins, épicéas et hêtres.*

L'objet de cette étude est d'obtenir un indice de concurrence capable de refléter la croissance individuelle des arbres dans les peuplements mélangés des zones montagnardes. Pour ce faire on a testé des méthodes courantes, éventuellement modifiées, pour calculer des indices de concurrence sur la base des données de 61 placettes d'expériences permanentes, situés sur des pentes et à des expositions variables. Les résultats obtenus avec les algorithmes décrivant la concurrence ont été jugés d'après des modèles de croissance non linéaires. Outre les réactions de croissance liées à l'essence et aux classes d'arbres par suite de la concurrence, on a indiqué quels étaient les effets spécifiques à la station, ainsi que les modèles pour la concurrence qui conviennent le mieux. Il apparaît qu'une adaptation des méthodes à un choix des concurrents tenant compte de la pente du terrain et de l'exposition améliore considérablement la confiance à accorder aux résultats donnés par les modèles de concurrence.

J. M.

## 8. Literatur

- BACHMANN, M.: Indizes zur Erfassung der Konkurrenz im Bergmischwald – eine Methodenstudie. DVFFA-Sektion Ertragskunde – Jahrestagung von 20. 5. 1996 bis 22. 5. 1996, Neresheim. S. 249–266, 1996
- BIGING, G. S. and DOBBERTIN, M.: A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees. *For. Sci.* 38, 695–720, 1992
- HEGYI, F.: A simulation model for managing jack-pine stands. In: FRIS, J. (Hrsg.): Growth models for tree and stand simulation. Royal College of Forestry, Research Notes No. 30, Stockholm, Sweden. S. 74–90, 1974
- MAGIN, R.: Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, H. 30, 161 S., 1956
- PRETZSCH H.: Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. *Forstl. Forschungsb. München*, Nr. 115, 332 S., 1992
- PRETZSCH, H.: Zum Einfluß des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. *AFJZ* 166 (9/10), 190–201, 1995