

# 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. Preuhler	Waldwachstumskundliche Beobachtungen im Fichten/Tannen/Buchen-Urwaldreliktbe- stand „Höllbachspreng“ bei Zwiesel .....	106
	(Structure and growth in the virgin forest relict stand „Höllbachspreng“ 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 ökonomische Bewertung .....	124
	(Reconversion of pure spruce stands into mixed forests; an ecological and economic valuation)	
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	131
	(Modelling mortality in mixed spruce-beech stands)	
M. Meschederu	Erfassung und Modellierung des Strahlungsangebotes in Fichten-Buchen Mischbeständen	134
	(Recording and modelling of radiation climate in spruce-beech mixed stands)	

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

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

## 7. Résumé

Titre de l'article: *Modélisation des processus du dépérissement dans des peuplements purs ou mélangés de chênes et de hêtres.*

Sur la base des données dont dispose la chaire «Croissance des forêts» de l'LMU de Munich, on a développé des modèles de la mortalité de l'épicéa et du hêtre pour le simulateur SILVA 2.1 consacré aux arbres en tant qu'individus.

La construction des modèles découle: d'un modèle de régression logistique (fonction LOGIT); d'une fonction de la mortalité probable; d'un choix stochastique. Sur la base de variables indépendantes ( $d_{1,30}$ ,  $ig$ ,  $h$ , classe de fertilité), on a déterminé dans une première phase une valeur  $F$  sans dimension (résultat obtenu à partir de la fonction LOGIT) et ensuite, en s'y rattachant au cours d'une deuxième phase, la probabilité de mortalité. Cette probabilité est alors comparée pendant la troisième phase et en utilisant une classification dichotomique, avec un nombre dû au hasard. La nouveauté de la construction de ce modèle est la fonction de la mortalité probable qui est obtenue à partir des «résidus» de l'analyse de fréquence.

J. M.

## 8. Literatur

- AVILA, O. B. and BURKHART, H. E.: Modeling survival of loblolly pine trees in thinned and unthinned plantations. *Can. J. For. Res.* 22, 1878–1882, 1992
- ĎURSKÝ, J., PRETZSCH, H. und KAHN, M.: Modellhafte Nachbildung der Mortalität von Fichte und Buche in Einzelbaumsimulatoren. DVFF - Sektion Ertragskunde, Neresheim, S. 267–277, 1996
- HAMILTON, D. A., JR.: A logistic model of mortality in thinned and unthinned mixed conifer stands of Northern Idaho. *For. Sci.* 32, 989–1000, 1986
- HASENAUER, H.: Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien, Band 8, 152 S., 1994
- KAHN, M. und PRETZSCH, H.: Das Wachstumsmodell Silva – Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. *AFJZ* 168, 115–123, 1997
- KLEISTER, T. D.: Predicting individual tree mortality in simulated southern pine plantations. *For. Sci.* 18, 213–217, 1972
- PRETZSCH, H.: Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 115, 332 S., 1992
- SPSS: Advanced Statistics User's Guide, 1990
- STERBA, H.: Prognaus – ein abstandsunabhängiger Wachstumssimulator für ungleichaltrige Mischbestände. DVFF – Sektion Ertragskunde, Joachimsthal, S. 173–183, 1995

# Erfassung und Modellierung des Strahlungsangebotes in Fichten-Buchen Mischbeständen

Aus dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, München

(Mit 4 Abbildungen)

Von M. MESCHEDERU

(Angenommen Februar 1997)

## SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

*Fichten-Buchen Mischbestände; Strahlungsmodellierung; Strahlungsmessung.*

*Mixed stands; modelling of radiation; measurement of radiation.*

## 1. EINLEITUNG

Licht<sup>1)</sup> steuert das Wachstum von Bäumen. Die Kenntnis der Verteilung von Strahlung in einem Bestand gibt Aufschluß über waldwachstumskundliche Fragestellungen, wie z. B. das Verjüngungspotential, die Mortalität und die Optimierung des Lichtgenusses durch verschiedene Durchforstungsstrategien. Durch Integration in Wachstumsmodelle, insbesondere das am Lehrstuhl entwickelte SILVA 2.0 (PRETZSCH, 1992, 1995), werden auf dendrometrischen Größen beruhende Maßzahlen zur Bewertung der Wuchskonstellation und Konkurrenzsituation mit der physiologischen Größe Strahlung in Zusammenhang gebracht. Mit Messungen der photosynthetisch aktiven Strahlung vor Ort im Bestand erhält man Auskunft über das Strahlungsangebot an einer Reihe von Meßpunkten. Messungen an beliebigen Orten im Bestand sind aufgrund von technischen Einschränkungen bei vertretbarem Aufwand nicht möglich. Dieser Mangel kann behoben werden, indem man ein Modell konstruiert, mit dem man die Strahlungsverhältnisse im Bestand rechnerisch simulieren kann. Die durchgeführten Messungen dienen dabei dazu, das Modell zu parametrisieren und schließlich zu validieren.

## 2. STRAHLUNGSMODELL

Bei dem zur Bestimmung der Lichtverhältnisse verwendeten Modell handelt es sich um ein 3dimensionales, einzelbaumbasiertes,

positionsabhängiges Bestandesstrahlungsmodell (MESCHEDERU, 1996; siehe auch Abb. 1). Es basiert auf einem von BARTELINK (1995) erstellten Programm, das abgeändert und erweitert wurde. Die Bäume des Bestandes sind durch einfache geometrische Körper dargestellt. Dazu wurde deren Stammfußpunkt in 3 Koordinaten, die Baumhöhe, die Kronenlänge sowie der Kronendurchmesser im realen Bestand eingemessen.

Zur rechnerischen Bestimmung des Strahlungsangebotes an einem Punkt muß bekannt sein, wie die Strahlung am Himmel oberhalb des Bestandes räumlich verteilt ist und wie diese Strahlungsverteilung durch die Bäume des Bestandes verändert wird. Dazu rastert man den virtuellen Bestand mit Teststrahlen, die sich alle im zu untersuchenden Punkt schneiden. Bäume, deren konstruierte Kronen von einem dieser Teststrahlen geschnitten werden, gehen in die folgende Berechnung mit ein: Beim Durchtritt durch eine Krone wird der Lichtstrahl in seiner Intensität proportional zum in der Krone zurückgelegten Weg abgeschwächt. Die Bestimmung dieser Abschwächung erfolgt mit dem BEER-LAMBERTSchen Gesetz.

Die gewichtet aufsummierten Extinktionen dieser Teststrahlen ergeben das relative Bestrahlungsverhältnis von Strahlung im Bestand zur Freilandstrahlung. Die Helligkeitsverteilung des Himmels oberhalb des Bestandes wird durch verschiedene Ansätze, wie den „Standard Overcast Sky“ (SOC) oder den „Uniform Overcast Sky“ (UOC) angenähert (MOON und SPENCER, zit. in ANDERSON, 1964). Stämme stellen nur einen Bruchteil des Bestandesvolumens dar und werden derzeit nicht berücksichtigt. Die Äste werden ebenfalls nicht in die Berechnungen mit aufgenommen, da dies sehr aufwendige Kronenmodelle erfordert.

Der reale Bestand ist in eine Umgebung eingebettet, die zumeist nicht bekannt ist. Durch Verschieben oder Spiegeln der zu untersuchenden Fläche kann man dieses Problem umgehen. Hier wird, in erster Linie, um Rechenzeit einzusparen, aus dem Bestand durch

<sup>1)</sup> Die Begriffe Licht und Strahlung werden im folgenden synonym verwendet und bezeichnen die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm.

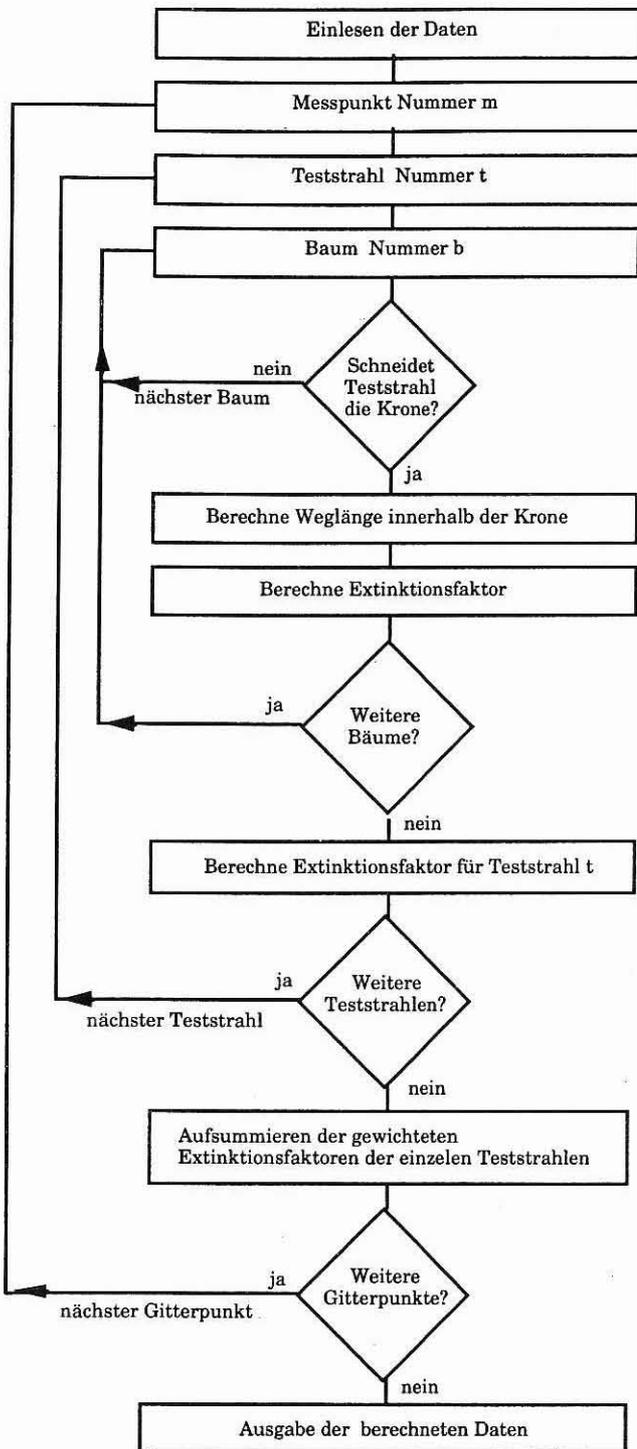


Abb. 1  
Ablaufdiagramm des Strahlungsmodells  
Structure of the radiation model

Mittelung über alle Bäume ein „Einheitswald“ gebildet, der rechnerisch um die zu untersuchende Fläche gelegt wird und die Randprobleme unterdrückt.

### 3. STRAHLUNGSMESSUNGEN IM BESTAND

Das Modell verwendet zur Berechnung der Extinktion den Parameter Blattflächendichte. Dieser ist zunächst nicht bekannt und wird, von der Literatur entnommenen Werten beginnend, durch simulatives Erschließen ermittelt.

Dazu benötigt man PAR-Messungen im Bestand. Diese werden bei möglichst gleichmäßig bewölktem Himmel durchgeführt. Damit nähert man sich diffusen Beleuchtungsbedingungen des „Standard Overcast Sky“ an. Um eine Wiederholbarkeit zu ermöglichen, wurden die Versuchsflächen am Boden in Quadrate mit 5 m Seitenlänge unterteilt, an deren Ecken die Meßpunkte durch Holzpflocke markiert sind. Mit diesem Meßraster kann man die horizontale Strahlungsverteilung im unteren Bestandesbereich messen (siehe Abb. 2). Auf der zur Modellbildung herangezogenen Wuchsreihe Freising 813 befinden sich etwa 1000 dieser Meßpunkte. Das vertikale Strahlungsprofil (siehe Abb. 3) vom Bestandesboden bis in den Kronenraum wird an einigen ausgesuchten Stellen im Bestand bestimmt. Diese Messungen sind für die Parametrisierung besonders von Bedeutung, da im Kronenraum nur die Nachbarbäume an der Gestaltung des Lichtangebotes beteiligt sind. Das Modell reagiert dort empfindlicher auf Variationen in den strahlungsrelevanten Parametern.

Während der Messungen befindet sich ein baugleicher Referenzsensor oberhalb des Bestandes, da durch kurzzeitige Helligkeitsschwankungen bei bewölktem Himmel, die visuell kaum wahrnehmbar sind, die Meßergebnisse verfälscht werden. Die Strahlungswerte werden in einem Datenlogger elektronisch abgespeichert und schließlich aufbereitet und in einer Datenbank archiviert.

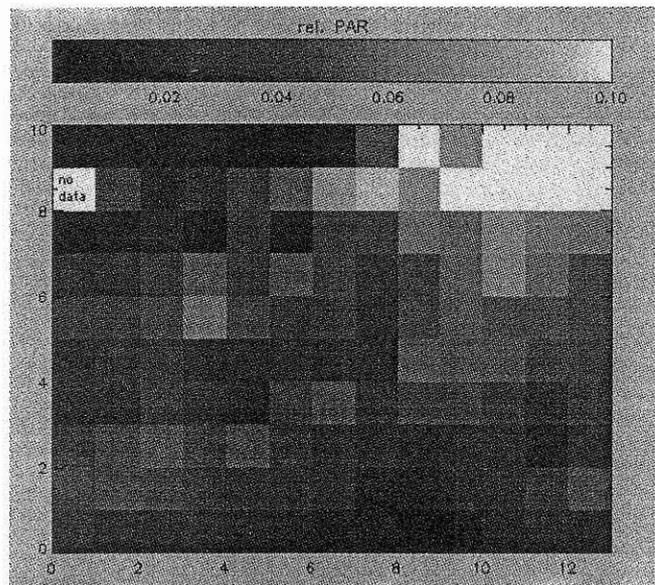


Abb. 2

Relatives PAR Horizontalprofil auf der Parzelle 5 der Fichten-Buchen Wuchsreihe FRS 813 im unteren Bestandesraum in 1,4 m Höhe. Der deutliche Anstieg der Helligkeit zu der rechten Ecke oben kommt von einem Käferloch

Relative horizontal PAR profile of a plot of the spruce-beech mixed stand Freising 813. The measurement was taken in a height of 1.4 m. The increase of relative radiation towards the right upper edge is caused by a clearing

### 4. EINSCHRÄNKUNGEN UND MÖGLICHKEITEN DES STRAHLUNGSMODELLS

Die Wahl der Kronenformmodelle ist für die Modellierung der Strahlung von großer Bedeutung. Durch Vereinfachungen der Kronen, wie Rotationsymmetrie und einfache Formen, wie sie derzeit im Modell implementiert sind, werden Verfälschungen eingebracht. Insbesondere bei Kronen von Laubbäumen können die Abweichung von der stark idealisierten Kreisform beträchtlich sein (siehe Abb. 4). Neben den vereinfachten Kronenformen wird die Blattmasse selbst als homogen im Kronenraum verteilt betrachtet. Die Reflexion des Lichts und die Transmission durch Blätter sowie

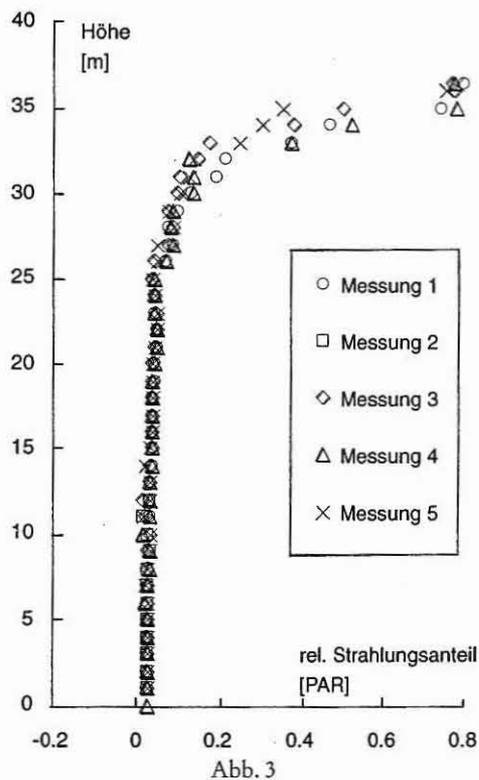


Abb. 3  
Gemessenes PAR-Vertikalprofil auf der Parzelle 3 der Fichten-Buchen Wuchreihe Freising 813. Die Werte sind bis zum Eintritt in den Kronenraum nahezu konstant. Da der Sensor den Kronenraum nicht komplett durchmessen hat, gehen die maximalen Werte nur bis etwa 0,8

Vertical Profile of relative PAR on a plot of the spruce-beech-mixed stand Freising 813.

The values are nearly constant until the sensor reaches the canopy. Due to the fact, that the sensor does not reach above of the canopy, the maximum value is about 0.8

die dadurch bedingten Änderungen im Spektrum der PAR gehen nicht in die Berechnungen mit ein.

Die mit einem Strahlungsmodell ermittelten Ergebnisse ersparen nicht nur aufwendige Messungen, man kann darüber hinaus die Struktur des Bestandes beliebig verändern und die Auswirkungen auf das Strahlungsangebot untersuchen.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Berechnung von Strahlungsverhältnissen in Beständen ermöglicht es, beliebige horizontale und vertikale Helligkeitsverteilungen aufzustellen. Dazu wurde ein 3dimensionales, einzelbaumbasiertes, positionsabhängiges Bestandesstrahlungsmodell konstruiert. Mit Messungen der photosynthetisch aktiven Strahlung auf der Fichten-Buchen Wuchreihe Freising 813 wird es parametrisiert und validiert. Es können damit verschiedene Problemstellungen bearbeitet werden, wie z. B. das potentielle Wachstum einer Verjüngungsschicht oder die Optimierung des Lichtgenusses durch Durchforstungsvarianten.

## 6. Summary

Title of the paper: *Recording and modelling of radiation climate in spruce-beech mixed stands.*

A radiation model was constructed to calculate any desired horizontal and vertical radiation distributions in mixed stands. The

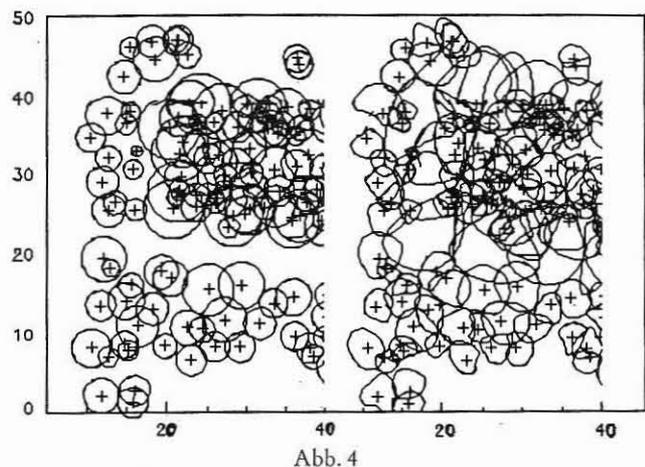


Abb. 4  
Ausschnitt aus der Kronenkarte der Parzelle 1 der Fichten-Buchen Wuchreihe Freising 813. Links die im Strahlungsmodell verwendeten kreisförmigen Kronen, rechts die mit Kronenablotungen bestimmten Kronenformen. Die zenithnahen Strahlungswerte auf der Rückegasse werden im Modell im Vergleich zur Messung überschätzt

Crownmap of plot FRS813, a mixed stand (spruce, beech), drawn with different crown forms, left side: Circles used in the radiation model, right side crown projections based on measurements. The model overestimates radiation values near zenith on the extraction road

model will be parameterized and validated with measurements of photosynthetically active radiation forest stands. It is applied to answer questions regarding the growth potential of regeneration or the optimization of canopy light with variant thinning strategies.

## 7. Résumé

Titre de l'article: *Détermination et modélisation du rayonnement offert dans des peuplements mélangés hêtres-épicéas.*

L'évaluation des conditions du rayonnement permet d'établir quelle est, à tout moment, la répartition horizontale et verticale de la luminosité. Pour ce faire on a construit un modèle du rayonnement dans un peuplement: tridimensionnel, basé sur l'arbre en tant qu'individu et lié à la position qu'il occupe. Grâce à des mesures du rayonnement photosynthétiquement actif pour des épicéas et des hêtres couvrant toute une série d'accroissements, on a pu calculer les paramètres puis valider le modèle. On a ainsi contribué à résoudre différents problèmes, tels par exemple la croissance potentielle d'une strate de régénération ou l'optimisation de la quantité de lumière grâce à des variantes de l'éclaircie. J. M.

## 8. Literatur

- ANDERSON, M.: Light Relations of Terrestrial Plant Communities and their Measurement. *Biological Reviews* 39 (4), 425-487, 1964
- BARTELINK, H.: MAPFLUX: a spatial model of light transmission through forest canopies. Hinkeloord Report No. 15. Vakgroep Bosbouw, Landbouwniversiteit Wageningen. 30 Seiten, 1995
- MESCHEDERU, M.: Einfluß räumlicher Bestandesstrukturen auf die Strahlungsverhältnisse in Fichten-Buchen Mischbeständen. Bericht zur Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Versuchsanstalten, 1996
- PRETZSCH, H.: Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. *Forstliche Forschungsberichte München*, Nr. 115, 1992
- PRETZSCH, H.: Zum Einfluß des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 166 (9/10), 190-201, 1995