

# **Modellfunktionen und Koeffizienten des Forest Simulators BWINPro Version 7.0**

## **- Version Alnus -**

*J. Nagel u. J. Schröder*

*Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Grätzelstr. 2, 37075 Göttingen  
LFG Mecklenburg-Vorpommern, Forstl. Versuchswesen Zeppelinstr. 3, 19061 Schwerin*

### **EINLEITUNG**

Der Wachstumssimulator BWINPro 7.0 baut im Wesentlichen auf den Algorithmen der Version 6 auf (NAGEL 1999, NAGEL et al. 2002). Die Wachstumsfunktionen haben sich zur Version 6.2 kaum geändert, die Herleitung der Mortalität und des Einwuchses sowie die Steuerung von Eingriffen wurden komplett überarbeitet.

Die Software für den Simulator ist eine eigenständige Entwicklung, die von der NFV in dem Projekt TreeGrOSS (Tree **G**rowth **O**pen **S**ource **S**oftware) betreut wird (NAGEL 2002). Der Simulator ist in Java (Sun 2 Platform, Standard Edition 1.5.0) unter der Entwicklungsoberfläche NetBeans 4.0 programmiert. Als Lizenzmodell wird die General Public Licence (GPL) eingesetzt. Dieses Open Source Lizenzmodell ist für Entwickler vorteilhaft, denn es bedeutet weniger Bürokratie, keine Reklamationsmöglichkeiten und eine schnellere Verbreitung der waldwachstumskundlichen Erkenntnisse. Für die Nutzer bietet das Lizenzmodell den Vorteil, dass die Software kostenfrei ist, sie den Sourcecode einsehen und das Programm auch an Ihre speziellen Bedürfnisse anpassen können. Darüber hinaus erleichtert die GPL die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen. Zur Erleichterung der internationalen Zusammenarbeit wurden im Programmcode Klassen und Variablen mit englischen Namen und Kommentaren versehen. Die dynamische Benutzeroberfläche wurde mehrsprachig konzipiert.

Die Alnus-Version ist im Wesentlichen identisch mit der Version für Nordwestdeutschland und unterscheidet sich hauptsächlich in den Klassen Growth, Crownbase, Crownwidth und Mortality. Daher werden hier nicht die Punkte „Datenanforderungen und Möglichkeiten der Datenergänzung“ und „Berechnung von Zustandsvariablen“ beschrieben und stattdessen auf die Modellkurzbeschreibung der Version für Nordwestdeutschland verwiesen.

### **GÜLTIGKEITSBEREICH UND VERWENDETE DATEN**

Die Alnus-Version ist ausschließlich für die baumartenspezifische Wachstumssimulation von Schwarzerlenbeständen entwickelt worden. Der Gültigkeitsbereich erstreckt sich auf das nordostdeutsche Tiefland. Datengrundlage des Modells sind die in 85 Probeständen in Mecklenburg-Vorpommern erhobenen Bestandes- und Einzelbauminformationen. Alle Baumattribute sind in Reinbeständen auf Niedermoorstandorten gemessen worden. Die Anwendung sollte sich auf vergleichbare Standorts- und Bestandesverhältnisse beschränken. Eine Ausweitung des Anwendungsbereiches auf terrestrische Böden muss vorab auf Plausibilität geprüft werden.

## WACHSTUM

Java Klassen: *treegross.base.stand*, *treegross.base.tree*

Wenn der Wachstumsalgorithmus ausgelöst wird und damit der Zustand des Bestandes nach einer 5-jährigen Periode eingeschätzt werden soll, so werden zunächst die Algorithmen zur alters- und konkurrenzbedingten Mortalität aktiviert und die Anzahl der lebenden Bäume gegebenenfalls reduziert. Danach werden die Konkurrenzparameter neu berechnet, und es werden der Durchmesser- und Höhenzuwachs in 5 Jahren geschätzt. Anschließend wird das Alter der lebenden Bäume um 5 Jahre erhöht, der Kronenansatz und die Kronenbreite neu festgelegt sowie das Volumen für jeden Baum neu berechnet. Darüber hinaus wird, soweit es der Benutzer wünscht und die entsprechende Option eingestellt ist, der mögliche Einwuchs geschätzt.

## Höhenzuwachs

Java Klassen: *treegross.base.alnus.Growth*, *treegross.base.Siteindex*

Der Höhenzuwachs der Einzelbäume wird aus dem Bonitätsfächer von LOCKOW (1994) hergeleitet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Verwendete Bonitätskurven

Nr	Baumart	Autor	Jahr	Funktion	Typ
14	Schwarzerle	LOCKOW	1994	Regression Lockow	L

d) Regression Lockow (Funktion=L)

$$ho = \frac{H_{bon}}{4 \cdot e^{hb_0 + hb_1 \ln(Alter) + hb_2 \ln(Alter)^2}}$$

wobei  $H_{bon}$  hier die Spitzenhöhe ( $h_{100}$ ) der absoluten Bonität im Alter 100 Jahre ist,  
 $hb_0$  ..  $hb_2$  = Regressionskoeffizienten

Zur Berechnung des potentiellen Höhenzuwachses werden die in Tabelle 2 eingetragenen Koeffizienten verwendet.

Tabelle 2: Koeffizienten der Bonitätsfunktionen

Nr	Artnr	Art	hb0	hb1	hb2
13	421	SchwErl	2,733015	-1,668158	0,167998

$$ih = ho_{n+5} - ho_n + e$$

Als Zufallseffekt  $e$  wird 2 % des Oberhöhenzuwachses entsprechend einer Normalverteilung bis 1 Sigma verwendet. Der maximale Höhenzuwachs wurde auf 6.5 m begrenzt, ein negatives Wachstum ist ausgeschlossen.

## Grundflächenzuwachsfunction

Java Klasse: *treegross.base.alnus.Growth*

Die Durchmesseränderung wird über den Grundflächenzuwachs bestimmt. Baumartenweise wurde die direkte Schätzfunktion des logarithmischen Grundflächenzuwachses parametrisiert. Der Grundflächenzuwachs ist hier abhängig von der Kronenmantelfläche, dem Alter und dem Kronenkonkurrenzindex C66. Wird in der Simulation die Fehlerkomponente  $e$  aktiviert, so wird der Wert  $S_x$  aus Tabelle 4 normalverteilt bei 1 Sigma addiert bzw. subtrahiert.

$$idd = \frac{\pi}{40000} \cdot (d_n^2 - d_{n-5}^2)$$
$$\ln(idd) = p_0 + p_1 \cdot \ln(km) + p_2 \cdot \ln(alter) + p_3 \cdot C66 + e$$

Tabelle 4: Koeffizienten des Grundflächenzuwachses

Baumart	P0	P1 lnkm	P2 lnAlt	P3 C66	R <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	n
SchwErle	-7.23687	1.05135	-0.50283	-0.80185	0.66	0.48	519

## Kronenansatzveränderung

Java Klasse: *treegross.base.alnus.Crownbase*

Nachdem in der Simulation der Höhen- und Durchmesserzuwachs geschätzt sind, wird der Kronenansatz (cb) über die statische Kronenansatzfunktion neu bestimmt. Dazu ist es allerdings zuvor notwendig, die neue baumartenspezifische Bestandesoberhöhe zu berechnen. Bei der Neubestimmung des Kronenansatzes gilt die Forderung, dass der Kronenansatz nicht kleiner wird. Für den Fall, dass die Funktion einen kleineren Wert liefert, wird der alte Wert beibehalten.

$$cb = h \cdot \left( 1 - e^{-abs\left(p_0 + p_1 \cdot \frac{h}{d} + p_2 \cdot d + p_3 \cdot \ln(H100)\right)} \right)$$

Tabelle 5: Koeffizienten der Kronenansatzfunktion

Baumart	P0	P1	P2	P3	R <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	n
SchwErle	-1.662864	0.166908	-0.013784	0.977588	0.80	1.611	1316

## Schätzfunktion der Kronenbreite

Java Klasse: *treegross.base.alnus.Crownwidth*

Nachdem in der Simulation der Höhen- und Durchmesserzuwachs geschätzt sind, wird die Kronenbreite (cw) neu aus dem Durchmesser, der Höhe und Kronenansatzhöhe bestimmt. Bei der Neubestimmung der Kronenbreite gilt die Forderung, dass die Kronenbreite nicht kleiner wird.

$$cw = p1 \cdot d1.3^{p2} \cdot (h - cb)^{p3}$$

Tabelle 5: Koeffizienten der Kronenbreitenfunktion

Baumart	p1	p2	p3	R <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	n
SchwErle	0.17998	0.75155	0.35611		0.793	633

## **Mortalität**

Java Klasse: *treegross.base.alnus.Mortality*

In der Simulation werden zwei Mortalitätsursachen geprüft. Die erste ist eine altersbedingte Mortalität und die zweite ist die konkurrenzbedingte Mortalität.

### **Altersbedingte Mortalität**

Bei der altersbedingten Mortalität handelt es sich für jede Baumart um eine gutachtliche Einschätzung des Zeitpunktes, ab dem mit einer altersbedingten Mortalität zu rechnen ist. Bäume, die das für die Baumarten angegebene Alter (s. Datei *speciest.txt*) überschritten haben, sterben mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 %. Im Algorithmus wird eine Zufallszahl zwischen 0 und 1 gezogen. Der Baum stirbt, wenn diese Zufallszahl kleiner oder gleich 0.1 ist.

### **Dichtebedingte Mortalität**

Zur Einschätzung der dichtebedingten Mortalität wurde für die Versuchsflächen die Beziehung  $D_g$  zu Stammzahl in einem Diagramm aufgetragen und für jeweils 4 cm breite Durchmesserklassen die maximale Stammzahl entnommen. Diese Werte wurden für die Schwarzerle in der Beziehung

$$N_{\max} = 5518,3 \cdot e^{-0,0645 \cdot D_g}$$

ausgeglichen. Der kritische Kronenschlussgrad wird aus  $N_{\max}$  und der Kronenschirmfläche, die sich bei einem Durchmesser von  $D_g$  und einer im Plot durchschnittlichen Kronenlänge ergibt, berechnet.

Der Algorithmus der dichtebedingten Mortalität ist so aufgebaut, dass jeweils der Baum, dessen lageabhängiger Kronenkurrenzindex ( $c66xy$ ) den vorgegeben kritischen Kronenschlussgrad am meisten überschreitet, stirbt. Dieser Prozess wird solange wiederholt, wobei die  $c66xy$ -Werte für die verbliebenen Bäume neu berechnet werden, bis kein Baum mehr den kritischen Kronenschlussgrad überschreitet.

Der in der Datei voreingestellte kritische Kronenschlussgrad hat hier keine Bedeutung.

## **BERECHNUNG VON ZUSTANDSVARIABLEN**

Java Klasse: *treegross.base.VolumeByNFV*

### **Volumen**

FZ	BAUMART	FUNKTION	AUTHOR	JAHR
26	SchwErle	$v = \exp(-10.262754 + 2.155525 \cdot \log(d) + 0.976678 \cdot \log(h) - 0.043148 \cdot \log(d)^2 + 0.010716 \cdot \log(h)^2 \cdot (1.811999 - 7.382763 \cdot (1.0/d) - 0.032335 \cdot d + 0.0005276708 \cdot d^2) - 0.00000246995 \cdot d^3.0)$	LOCKOW	1994

## Kronenmantelfläche

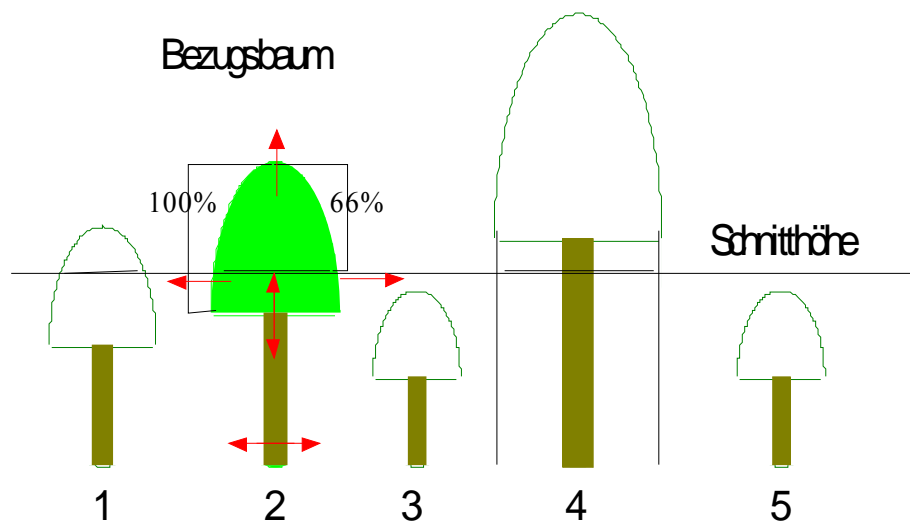
Zur Berechnung der Kronenmantelfläche wird ein Paraboloid unterstellt.

$$km = \frac{\pi \cdot kr}{6 \cdot kl^2} \cdot \left[ \left( 4 \cdot kl^2 + kr^2 \right)^{\frac{3}{2}} - kr^3 \right]$$

## Kronenkonkurrenzindex C66

Java Klasse: *treegross.base.Competition*

Der Kronenkonkurrenzindex C66 wurde im Anhalt an WENSEL et al. (1987) definiert. Zu seiner Berechnung wird eine Schnitthöhe in einer Höhe von 66 Prozent der Kronenlänge gewählt.



Der C66 eines Einzelbaumes ist die Summe der Kronenschirmflächen ( $ks$ ) aller Bäume, wenn sie in einer Höhe von 66 Prozent der Kronenlänge des Bezugsbaumes (Baum 2) geschnitten werden. Der C66 ergibt sich dann als:

$$C66_i = \frac{\sum_{i=1}^N ks_{66_i}}{A}$$

wobei  $A$  = Flächengröße [ $m^2$ ]

Der C66 lässt sich als Kronenschlussgrad in einer bestimmten Höhe interpretieren.

## Kronenkonkurrenzindex C66xy

Java Klasse: *treegross.base.Competition*

Der lageabhängige Kronenkonkurrenzindex  $c66xy$  wird im Prinzip wie der C66 berechnet. Allerdings werden in die Berechnung nur die Bäume einbezogen, deren Kronen in den Einflusskreis des Zentralbaumes ragen. Der Radius dieses Kreises entspricht dem doppelten Kronenradius des Zentralbaumes. Kronenteile, welche diesen Einflusskreis überragen, werden abgeschnitten. Das gilt auch für Bereiche, die außerhalb der durch die Eckpunkte definierten

Bestandesfläche liegen. Die Flächen bzw. Flächenanteile werden im Programm näherungsweise über Raster ermittelt.

### **Literatur:**

- Lockow, K.W. (1994): Aufstellung einer neuen Ertragstafel für im Hochwaldbetrieb bewirtschaftete Roterlenbestände (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.). Abschlußbericht Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde e.V.
- Nagel, J. (1999): Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Nieders. Forstl. Versuchsanstalt, Band 128, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M., S.122
- Nagel, J. (2002): Das Open Source Entwicklungsmodell - eine Chance für Waldwachstumssimulatoren. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, Jahrestagung Schwarzburg 13-15. Mai 2002, S. 1-6
- Nagel, J.; Albert, M.; Schmidt, M. (2002): Das waldbauliche Prognose- und Entscheidungsmodell BWINPro 6.1. Forst u. Holz 57, (15/16) 486-493
- Wensel, L., Meerschaert, W.; Biging, G.S. 1987: Tree Height and Diameter Growth Models for Northern California Conifers. Hilgardia, University of California, Volume 55, No. 8