



Waldwachstumssimulation mit dem Java Software Paket TreeGrOSS

© 2009 J. Nagel,
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,
Grätzelstr.2, 37075 Göttingen
<http://www.nw-fva.de>

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
ForestSimulator Bwinpro 7.....	6
Installation.....	6
Voraussetzung.....	6
Dateien und Verzeichnisse.....	6
Installation des ForestSimulators unter Ubuntu.....	7
Inbetriebnahme.....	8
Aufruf des ForestSimulators.....	9
Update.....	10
Deinstallieren.....	10
Bedienung des ForestSimulators.....	10
Oberfläche.....	10
Bestandesanalyse.....	11
Bestandesinformationen.....	11
Bestandeskarte.....	12
Bestandesansicht.....	13
Berichte.....	14
Einzelbaumwerte.....	14
Bestandeswerte.....	15
Bestandesstruktur.....	16
Sortierung.....	16
Baumarteneinstellungen.....	16
Baumartenschlüssel.....	16
Zusätzliche Grafiken.....	17
Bestandesbehandlung und Prognose.....	17
Interaktive Durchforstung in der Bestandesansicht.....	17
Automatische Bestandesbehandlung.....	17
Prognose.....	19
Sortierung.....	20
Einführung.....	20
Sortierung durchführen.....	21
Eingabe eigener Bestände.....	22
Neue Bestände erzeugen.....	23
Bestandesdaten editieren.....	24
Einzelbestand extern bearbeiten.....	25
Zusätzliche Bäume hinzufügen.....	27
Spezielle Funktionen	27
Übernahme von Ergebnissen in andere Programme.....	27
Verarbeiten der XML und HTML- Ausgaben.....	27
Übernahme der Grafiken.....	27
Programm anpassen.....	27
BWINPro 6.2 Textdatei nach XML konvertieren.....	30
Simulationssoftware TreeGrOSS.....	30
Einleitung.....	30
Generelle Aufbau.....	31
Bestandesobjekt	33
Datenergänzung.....	34
Erzeugung von Durchmesserverteilungen.....	35

Ergänzung fehlender Höhenwerte.....	35
Höhenvariation.....	36
Kronenansatz	36
Kronenbreite.....	36
Koordinaten.....	37
Mortalität.....	37
Höhenzuwachs.....	39
Durchmesserzuwachs.....	39
Kronenveränderung.....	40
Verjüngungsschichten und Einwuchs	40
Totholz	41
Bestandesbehandlung.....	44
Konzept.....	44
Umsetzung.....	44
Behandlungselemente.....	49
Modellgrenzen.....	51
Funktionen und Einstellungen für Nordwestdeutschland.....	52
Baumartenschlüssel.....	52
Baumart: 110 : Eiche (Quercus)	55
Baumart: 211 : Buche (Fagus silvatica)	56
Baumart: 511 : Fichte (Picea abies)	57
Baumart: 611 : Douglasie (Pseudotsuga menziesii)	58
Baumart: 711 : Kiefer (Pinus Silvestris)	59
Baumart: 113 : Roteiche (Quercus rubra http://de.wikipedia.org/wiki/Roteiche)	60
Baumart: 221 : Hainbuche (Carpinus betulus)	61
Baumart: 311 : Esche (Fraxinus excelsior)	61
Baumart: 321 : Bergahorn	62
Baumart: 342 : Winterlinde (Tilia cordata)	63
Baumart: 354 : Kirsche (Prunus avium)	63
Baumart: 357 : Elsbeere (Sorbus torminalis)	64
Baumart: 412 : Moorbirke (Betula pubescens)	65
Baumart: 451 : Eberesche (Sorbus aucuparia)	66
Baumart: 521 : Weisstanne (Abies alba)	66
Baumart: 523 : Küstentanne (Abies grandis)	66
Baumart: 811 : Europäische Lärche (Larix decidua)	67
Baumart: 812 : Japanische Lärche (Larix kaempferi)	68
Schaftformfunktionen.....	72
Häufig gestellte Fragen.....	73
Literatur.....	75
Stichworte.....	77

Einleitung

Für eine nachhaltige Forstwirtschaft ist die Kenntnis über die zu erwartende Waldentwicklung eine wichtige Voraussetzung. Die Frage, wie der Wald in 50 oder 100 Jahren aussehen wird, hängt nicht nur von der natürlichen Entwicklung, sondern auch von der Nutzung durch den Menschen ab. Waldwachstumssimulatoren bieten eine Möglichkeit die Waldentwicklung für verschiedene Bewirtschaftungs- und Nutzungsszenarien abzuschätzen.

Anfang der 90iger Jahre wurde an der damaligen Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt damit begonnen, einen Waldwachstumssimulator für Nordwestdeutschland zu entwickeln. Damals hatten sich die waldbaulichen Zielsetzungen in den meisten Landesforstverwaltungen geändert. In Niedersachsen wurde zum Beispiel das Programm "Langfristige ökologische Waldentwicklung in den Landesforsten" (LÖWE) mit 13 Bewirtschaftungsgrundsätzen eingeführt (OTTO 1990, Niedersächsische Landesregierung 1992). Danach sollen u.a. die Bestände naturnah bewirtschaftet und der Anteil von Laub- und Mischwald vermehrt werden. Der Wald soll natürlich verjüngt werden und die Entnahme nach Zielstärken einzelstammweise erfolgen. Ökologischer Waldschutz und ein ökologisch verträglicher Einsatz der Forsttechnik sind zu gewährleisten. Ein derartiges Waldbauprogramm stellt an den Förster vor Ort und die forstliche Planung hohe Anforderungen, wenn der Wald auch in der Zukunft bestmöglich bewirtschaftet werden soll. Als Hilfsmittel für die Bewirtschaftung wurden in der forstlichen Praxis bis dahin im allgemeinen Ertragstafeln verwendet, die für gleichaltrige Reinbestände erstellt wurden. Wendet man sie jedoch auf Mischbestände an, so lässt sich der zu erwartende Zuwachs nur grob schätzen, wenn man den Mischbestand gedanklich nach Baumarten aufteilt und anschließend den Zuwachs jeder dieser gedachten Reinbestandsteilflächen bestimmt. In Reinbeständen führten neue Bewirtschaftungsformen (z.B. Bestandesbegründung) und veränderte Umweltbedingungen (z.B. atmosphärische Einträge) zu immer stärkeren Abweichungen zwischen den Ertragstafelprognosen und der Wirklichkeit (SPELLMANN 1991, RÖHLE 1995). Aus diesem Grund wurde an der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt begonnen ein neues Managementinstrument zu entwickeln, welches sich für die Planung, Bewirtschaftung und Beurteilung von Rein- und Mischbeständen und als Entscheidungshilfe bei der Bestandesbewertung und -behandlung einsetzen lässt.

Ein erstes Wachstumsmodell und eine dazu gehörige Anwendungssoftware wurden 1996 vorgestellt (Nagel 1996). Seitdem wurden Wachstumsmodell und Software kontinuierlich weiterentwickelt (Nagel 1999, Nagel et al. 2002, Nagel 2005, Nagel et al. 2006). Inzwischen wurde das Wachstumsmodell für verschiedene Regionen parametrisiert (Vargas 2006, Degenhardt 2006, Schöder 2007, Nagel u. Schröder 2005) und die Software in ein Java Packages mit dem Namen TreeGrOSS überführt, welches in verschiedenen Bereichen wie zum Beispiel der Unternehmenssoftware der Niedersächsischen Landesforsten und des Landesbetriebes Hessenforst, in der Landschaftssimulation, bei Biodiversitätsstudien (Spellmann et al. 2006), für Nährstoffbilanzierungen bei Vollbaumnutzung (Nagel 2008) und für Holzaufkommensprognosen (Hansen et al. 2008; Rüther et al. 2008, 2008, 2007) Einsatz findet.

Dieses Buch richtet sich an die Anwender der Simulationssoftware. Daher werden im ersten Kapitel die Möglichkeiten der Waldwachstumssimulation in einer ausführlichen Beschreibung des Programms ForestSimulator mit dem Wachstumsmodell Nordwestdeutschland gezeigt. Im zweiten Kapitel wird der Aufbau der Software TreeGrOSS erläutert und am Beispiel der Buche für das Wachstumsmodell Nordwestdeutschland gezeigt, wie die Wachstumsfunktionen und verschiedenen Teilmodelle in die Software integriert sind. In Kapitel drei wird ein einfaches Anwendungsbeispiel gegeben, wie die Simulationssoftware mit einer Datenbank verbunden und in ein bestehende Programme integriert werden kann. Im Kapitel vier sind die von Modellfunktionen für die Regionen Nordwestdeutschland, Kiefer in Nordmexiko und Erle in Nordostdeutschland

zusammengestellt.

Dieses Buch ist auf die Simulationssoftware TreeGrOSS fokussiert und verzichtet auf die Beschreibung und Diskussion von Waldwachstumsmodellen für die forstliche Praxis. In den Arbeiten von Hasenauer (1994, 2006), Pretzsch (1992), Sterba (1995), Nagel(1999) und anderen wurde zu diesem Thema ausführlich berichtet.

Zum besseren Verständnis des Textes sind **Hinweise, Angaben und Begriffe, die sich auf die Bedienung der Software beziehen**, in Times New Roman fett gedruckt. In der Schriftart Courier New werden Verweise, die sich auf die Programmiersprache Java beziehen, wie Java Pakete, Klassen, Methoden und Variablen dargestellt.

ForestSimulator Bwinpro 7

Installation

Die Installation des ForestSimulators wird an dieser Stelle nur für Microsoft Windows Betriebssysteme beschrieben. Der Simulator kann aber auch auf anderen Betriebssystemen eingesetzt werden, für die eine Java Runtime Engine vorhanden ist. Das Programm wurde auch auf einem Ubuntu Betriebssystem 8.4 und höher getestet. Die Installation ist ähnlich der von Windows.

Voraussetzung

Das Programm wurde in der Programmiersprache Java geschrieben. Es kann daher auf fast jedem Rechner mit jedem Betriebssystem eingesetzt werden, sofern auf dem Rechner:

- eine Java Runtime Engine (JRE) 1.6.0 oder höher installiert ist (<http://www.java.com>). Es kann sein, dass Sie für die Installation der JRE Administratorenrechte benötigen.
- Und Java 3D auf Ihrem Computer installiert ist, wenn Sie die 3D-Grafik nutzen wollen.

Wichtig: Sie müssen erst die JRE installieren und danach Java 3D. Wenn die JRE auf Ihrem Rechner upgedatet wird, kann es notwendig sein, dass Sie Java 3D neu installieren müssen.

Für ein Windows Betriebssystem ist die Installation der Java Komponenten kein Problem, da diese mit Setup-Programmen geliefert werden. Für das Linux Betriebssystem Ubuntu finden Sie in den nächsten Abschnitten eine ausführliche Anleitung.

Dateien und Verzeichnisse

Das Programm ForestSimulator wird jetzt nicht mehr mit einer automatischen Installationsroutine ausgeliefert. Dies hat den Vorteil, dass Sie jetzt das Programm in jedem beliebigen Verzeichnis ablegen können und keine Administratorenrechte mehr benötigen. Entpacken Sie einfach die Datei **ForestSimulator7.zip** in ein beliebiges Verzeichnis auf Ihrem Rechner. In dieser Anleitung wird das Programm in das Verzeichnis **\Eigene Dateien\ForestSimulator75** entpackt. Falls Sie über kein entsprechendes Programm zum Entpacken verfügen, können Sie sich aus dem Internet das kostenlose Produkt 7-Zip herunterladen (<http://www.7-zip.org/>).

Nach dem erfolgreichen Entpacken finden Sie in dem Verzeichnis (hier: \ForestSimulator75) die in Abbildung 1 mit dem Windows Explorer dargestellten Unterverzeichnisse und Dateien.

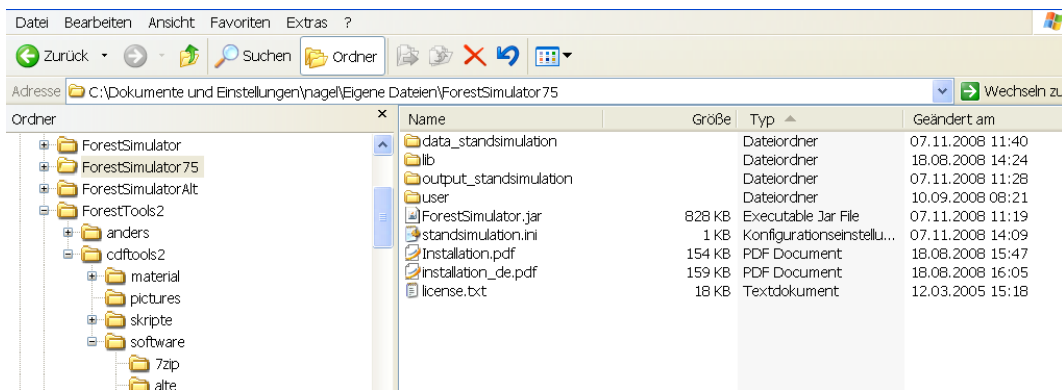


Abbildung 1: Verzeichnisse und Dateien des ForestSimulator im Explorer

Einen Überblick über die Bedeutung der Verzeichnisse und Dateien gibt die Tabelle 1. Für die erste Benutzung des Programms wird empfohlen die vier Unterverzeichnisse nicht zu verändern.

Tabelle 1: Funktion der wichtigsten ForestSimulator Dateien und Verzeichnisse

\data_standsimulation	Unterverzeichnis mit den Beispielbeständen und für Ihre Bestände
\output_standsimulation	Unterverzeichnis für die Ergebnisse
\user	Unterverzeichnis mit wichtigen Programmeinstellungen und Werten
\lib	Unterverzeichnisse mit den Java Libraries
ForestSimulator.jar	Startdatei des ForestSimulators auch unter Windows
ForestSimulator.cmd	Startdatei des ForestSimulators unter Windows für stammzahlreiche Bestände, die mehr Speicherplatz benötigen
ForestSimulator.ini	Programmeinstellungen, wird erst nach dem 1. Aufruf angelegt
License.txt	GPL- Lizenzvereinbarung
Installation.pdf	Datei mit den Installationshinweisen

Installation des ForestSimulators unter Ubuntu

Der Einrichtungsvorgang des ForestSimulators unter Ubuntu ist sehr ähnlich wie unter Microsoft Windows. Schwierigkeiten dürfte ungeübten Linux Benutzern nur die Installation von Java und Java3D bereiten. Dieser Vorgang ist in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Installieren Sie die Java Runtime Engine (JRE) mit Hilfe der Synaptic-Paketverwaltung von Ubuntu. **System** → **Systemverwaltung** → **Synaptic Paketverwaltung**.

Installieren Sie Java 3D, wenn Sie die 3D-Grafik des Simulators verwenden wollen oder

überspringen Sie diesen Schritt. Für Ubuntu finden Sie diesen Vorgang unter <http://wiki.ubuntuusers.de/Java3D> beschrieben. Laden Sie zuerst die Datei [j3d-1_5_2-linux-i586.zip](https://java3d.dev.java.net/binary-builds.html) von der Internetseite <https://java3d.dev.java.net/binary-builds.html>. Kopieren Sie die Datei in ein neues Verzeichnis (in diesem Beispiel mit dem Namen **/juergen/temp**). Dazu können Sie den Datei-Browser verwenden. Entpacken Sie danach die Datei. Klicken dazu auf die Datei und wählen Sie im Menu des Datei-Browsers **Datei** → **Mit Archivmanager** öffnen. Drücken Sie im folgenden Dialog den **Knopf entpacken**. Und drücken Sie im nächsten Dialog erneut **entpacken**. In dem Verzeichnis **/jurgentemp** sollte es jetzt ein Unterverzeichnis mit dem Namen **j3d-1_5_2-linux-i586.zip** geben. Dieses Verzeichnis enthält eine weitere gezippte Datei **j3d-jre.zip**, in deren Unterverzeichnissen **/ext** und **/i386** sich die Dateien: **j3dcore.jar**, **j3dutils.jar**, **vecmath.jar**, **libj3dcore-ogl.so** und **libj3dcore-ogl-cg.so** befinden. Die ersten 3 Dateien müssen Sie in das Verzeichnis **jre/lib/ext** und die letzten beiden **jre/lib/i386** der gültigen Java Runtime Engine kopiert werden. Diese Aktion können Sie nicht mit dem Datei-Browser durchführen, da Sie Systemrechte (Root) brauchen. Dennoch sollten Sie mit dem Datei-Browser das entsprechende Unterverzeichnis lokalisieren, damit das Kopieren leichter fällt. In diesem Beispiel lautet der vollständige Verzeichnisname: **/usr/lib/jvm/java-6-sun-1.6.0.10/jre/lib/ext**. Für Ihre Installation müssen Sie allerdings die Versionsnummer anpassen. Öffnen Sie nun ein Terminal-Fenster **Anwendungen** → **Zubehör** → **Terminal**. Wechsel Sie im Terminalfenster mit dem Befehl:

```
cd home/juergen/temp/j3d-1_5_2-linux-i586
```

in das Verzeichnis mit den Java3D Dateien. Geben Sie zum Entpacken der Datei **j3d-jre.zip** den Befehl:

```
unzip j3d-jre.zip
```

im Terminalfenster ein. Kopieren Sie jetzt alle Dateien als “Superuser” (sudo) in die entsprechenden Verzeichnisse Ihrer JRE. Geben Sie dazu die Befehle

```
sudo cp lib/ext/* /usr/lib/jvm/java-6-sun-1.6.0.10/jre/lib/ext/
```

```
sudo cp lib/i386/* /usr/lib/jvm/java-6-sun-1.6.0.10/jre/lib/i386/
```

ein. Nach dem ersten sudo werden Sie nach dem Administratorpasswort gefragt, welches Ihnen bekannt sein muss.

Entpacken Sie das **ForestSimulator7.zip** File in eine beliebiges Verzeichnis und beginnen Sie mit der Inbetriebnahme des ForestSimulators, in dem Sie die Datei **ForestSimulator.jar** doppelt anklicken.

Inbetriebnahme

Seit der Version 7.1 wird die Datei **ForestSimulator.ini** nicht mehr mit geliefert. Daher erscheint, wenn Sie den ForestSimulator das erste Mal starten, ein Fenster für die wichtigsten Programmeinstellungen (Abb. 2). Die Einstellungen werden in der Datei **ForestSimulator.ini** gespeichert, wenn Sie den Knopf **ok** drücken.

Starten Sie das Programm durch doppeltes Anklicken der Datei **ForestSimulator.jar** im Explorer (Windows) oder die Datei mit Java unter Ubuntu. Sie können nun die Grundeinstellungen vornehmen (Abb. 2):

a.) Bestimmen Sie die **Sprache**. Fast alle Bereiche des ForestSimulators sind mehrsprachig.

- b.) Legen Sie fest, ob Sie die **3D** oder **2D-Grafik** benutzen wollen. Dazu sollten sie über eine schnelle Grafikkarte verfügen und auf Ihrem Rechner muss Java 3D installiert sein.
- c.) Legen Sie das **Userverzeichnis** fest. Es enthält u.a. die notwendigen Informationen für die Einstellungen der Baumarten und weitere Programminformationen. Wenn Sie das Programm z.B. unter **\ForestSimulator** installiert haben, wählen Sie für die Region Nordwestdeutschland das Verzeichnis **\ForestSimulator\user** . Ein Verzeichnis können Sie über den nebenstehenden Knopf "suchen" im Dialog auswählen.
- d.) Legen Sie Ihr **Datenverzeichnis** fest. Dieses Verzeichnis wird dann vom Programm immer zuerst angezeigt, wenn Sie einen Bestand öffnen bzw. speichern wollen. Wählen Sie für den Anfang das Verzeichnis **\ForestSimulator\data_standsimulation**. Ein Verzeichnis können Sie über den nebenstehenden Knopf "suchen" im Dialog auswählen.
- e.) Legen Sie Ihr **Ausgabeverzeichnis** fest. Dieses Verzeichnis wird dann vom Programm immer zuerst angezeigt, wenn Sie speichern, bzw. es werden einige Dateien automatisch in dieses Verzeichnis geschrieben. Wählen Sie für den Anfang das Verzeichnis **\ForestSimulator\output_standsimulation**. Ein Verzeichnis können Sie über den nebenstehenden Knopf "suchen" im Dialog auswählen.
- f.) Geben Sie das XML-File mit den Modelleinstellungen an. Hier wurde das File **ForestSimulatorSettings.xml** gewählt. Dieses File enthält die Einstellungen für Nordwestdeutschland.

Nachdem Sie die Punkte a bis f erledigt haben, klicken Sie auf den Knopf **ok**. Das Programm beendet sich von selber. Sie können jetzt mit dem ForestSimulator arbeiten. Dazu wieder das File ForestSimulator.jar doppelt anklicken.

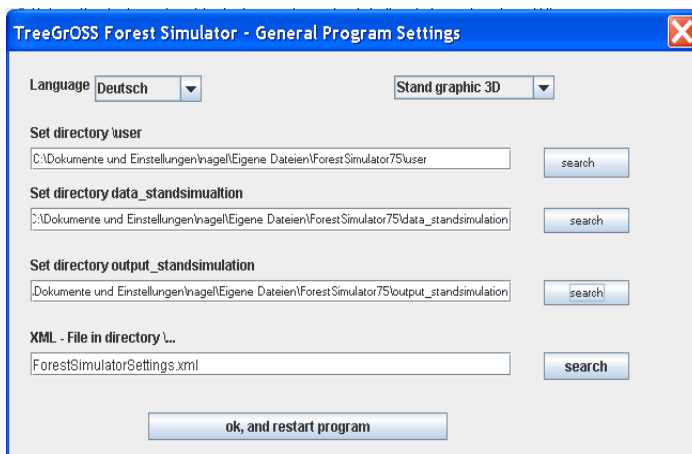


Abbildung 2: Einstellungsfenster

Hinweis: Sie müssen die Datei **ForestSimulator.ini** löschen, damit sich dieser Dialog erneut öffnet. Dies kann notwendig sein, wenn z.B. Java 3D nicht richtig installiert ist und das Programm nicht starten kann.

Aufruf des ForestSimulators

Das Programm starten Sie jeweils, in dem Sie die Datei **ForestSimulator.jar** doppelt z.B. im Explorer anklicken. Unter dem Menüpunkt **Hilfe** finden Sie eine ausführliche Einführung in das Programm.

Falls das Programm nicht starten sollte, haben Sie entweder Java 3D nicht richtig installiert oder die Einstellungen wurden nicht korrekt gesetzt. Löschen Sie die Datei **ForestSimulator.ini** und wiederholen Sie bitte den Punkt **Inbetriebnahme**. Wählen Sie unter b) diesmal die **2D Grafik**. Sie können die Einstellung später ändern, wenn sie Java 3D richtig installiert haben.

Wenn Sie den ForestSimulator gerne vom Desktop aus starten möchten, müssen Sie eine Verknüpfung erstellen und diese auf den Desktop verschieben. Dazu im Explorer die Datei ForestSimulator.jar einmal anklicken, rechte Maustaste drücken, Verknüpfung erstellen wählen. Es erscheint nun eine Datei mit den Verknüpfungsangaben. Dann zum Kopieren der Verknüpfungsdatei diese im Explorer kopieren, den Desktop anklicken, rechte Maustaste und einfügen wählen.

Falls es bei der Simulation stammzahlreicher Bestände zu Schwierigkeiten kommt, weil der reservierte Speicherplatz der Java Virtual Machine nicht ausreichend ist, starten Sie unter Windows einfach die Datei **ForestSimulator.cmd** mit einem Doppelklick. Dadurch wird der folgende Befehl ausgeführt, den Sie auch unter Linux verwenden müssten:

```
java -Xmx256m -jar ForestSimulator.jar
```

Update

Leider findet ein gutes Programm nie eine endgültige Version. Von Zeit zu Zeit wird auch der ForestSimulator überarbeitet. Das Programm prüft bei jedem Start sofern eine Netzverbindung besteht, ob eine neue Simulatorversion vorhanden ist und erinnert Sie das Programm auf den neuesten Stand zu bringen. Vor einem Update sollten Sie den gesamten Ordner mit dem Simulator am besten sichern. Dies können Sie am leichtesten durchführen, in dem Sie das Verzeichnis umbenennen, oder das Update in einen anderen Verzeichnis kopieren. Ihre Daten können Sie dann nach der Installation des Updates wieder in die entsprechenden Verzeichnisse kopieren.

Deinstallieren

Sie deinstallieren das Programm, in dem Sie das komplette Verzeichnis **\ForestSimulator** im Explorer zu löschen. Vergessen Sie nicht vorher Ihre Bestandesdaten zu sichern.

Bedienung des ForestSimulators

In diesem Kapitel erhalten Sie eine kurze Einführung in die Benutzeroberfläche des ForestSimulators.

Oberfläche

Das Programm ForestSimulator wurde in der Programmiersprache Java geschrieben und mit einer graphischen Oberfläche ausgestattet. Die Bedienung der Oberfläche entspricht im Wesentlichen dem Standard, wie Sie es von anderen Programmen gewohnt sind. In der Abbildung 3 ist die Oberfläche des Programms dargestellt.

Sie besteht aus einem Hauptfenster, in welches einige Unterfenster integriert sind. Alle Fenster lassen sich mit den Fensterknöpfen und dem Cursor vergrößern, verkleinern, verschieben und schließen. Wenn Sie allerdings das Hauptfenster schließen, wird die gesamte Anwendung geschlossen. Das Hauptmenü und die Aktionsknöpfe befinden sich im oberen Teil des Hauptfensters. Über das Menü können unter dem Punkt Fenster weitere Unterfenster bzw. die geschlossenen Unterfenster geöffnet werden. Einige Fenster verfügen über eigene Untermenüs, die jeweils nur Aktionen für das Unterfenster betreffen. Der Kopf desjenigen Fensters, welches zur Zeit aktiv ist, wird in einem dunkleren Blau dargestellt. Von einem zum anderen Fenster wechseln Sie

mit einem Mausklick. Die Untermenüpunkte reagieren nicht sofort, da normalerweise mit dem ersten Klick nur das Unterfenster aktiviert wird. Wenn Sie einen Bestand wie in der Abbildung in das Programm geladen haben, werden automatisch die Inhalte der verschiedenen Unterfenster dargestellt. Führen Sie eine Aktion ("wachsen lassen", "Durchforstung") aus, so werden in den Unterfenstern die dargestellten Inhalte auf den neuesten Stand gebracht.

Neue Grafik

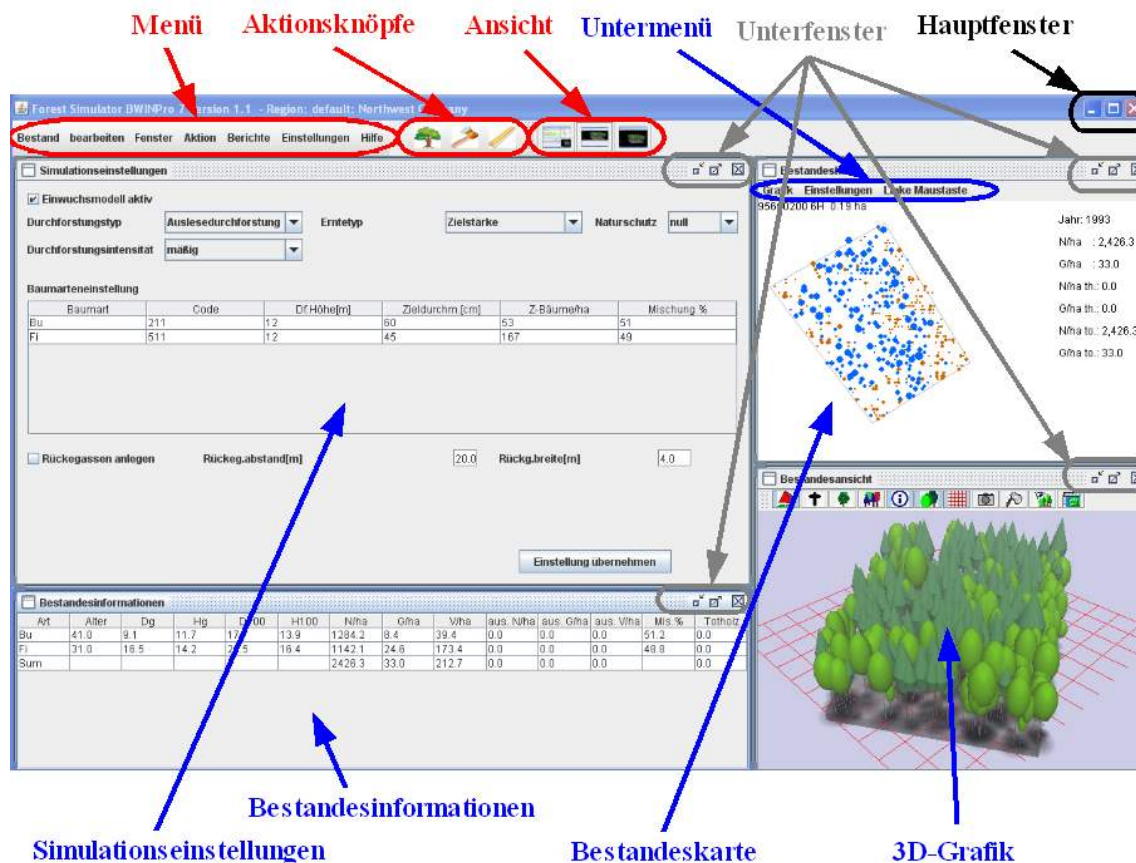


Abbildung 3: Oberfläche des ForestSimulator (in der Abbildung ist der Bestand fibugen2.xml eingeladen über den Menüeintrag: Bestand→öffnen→TreeGroSS File öffnen; fibugen2.xml auswählen)

Bestandesanalyse

In diesem Kapitel werden Ihnen die Möglichkeiten gezeigt, mit dem Programm ForestSimulator einzelne Bestände zu analysieren und darzustellen.

Starten Sie bitte das Programm ForestSimulator und klicken Sie im Menü **BESTAND -> Öffnen -> TreeGroSS xml-File**. Wählen Sie nun im Dateiauswahldialog die Datei **fibugen2.xml**. Nachdem das Programm die Datei vollständig eingelesen hat, werden Ihnen in den geöffneten Fenstern verschiedene Informationen zu dem Bestand angezeigt. Diese werden im Folgenden beschrieben.

Bestandesinformationen

In dem Fenster **Bestandesinformationen** wird eine Tabelle mit den wichtigsten ertragskundlichen Kennwerten des Bestandes angezeigt. Diese Tabelle ist nach Baumarten gegliedert und hat am Ende

eine Zeile mit den Summenwerten. In der Tabelle wird jeweils der aktuelle Zustand des Bestandes angezeigt, d.h. wenn Sie z.B. eine Durchforstung vorgenommen haben, wird diese in der Tabelle berücksichtigt. Die genauen Bezeichnungen und Maßeinheiten zu den Spaltenüberschriften des Fensters mit den Bestandesinformationen sind in Tabelle 2 beschrieben.

Im Einzelnen sind in der Tabelle 2 folgende Werte zu finden:

Tabelle 2: Bestandesinformationen

Abkürzung	Beschreibung
Art	Baumart in Kurzform.
Alter	Alter
Dg	Kreisflächenmittelstamm [cm]
Hg	Höhe des Kreisflächenmittelstammes [m]
D100	Kreisflächenmittelstamm der 100 stärksten Stämme/ha einer Art [cm]
H100	Höhe des D100 [m]
N/ha	Stammzahl pro Hektar [St/ha]
G/ha	Grundfläche pro Hektar [m ² /ha]
V/ha	Volumen (> 7cm) pro Hektar [m ³ /ha]
aus. N/ha	Stammzahl des ausscheidenden Bestandes pro Hektar [St/ha]
aus. G/ha	Grundfläche des ausscheidenden Bestandes pro Hektar [m ² /ha]
aus. V/ha	Volumen (> 7cm) des ausscheidenden Bestandes pro Hektar [m ³ /ha]
Mis. %/ Bgrad	Mischungsanteil in Prozent [%] oder Bestockungsgrad in der Spaltenüberschriften des Fensters mit den Bestandesinformationen sind in Tabelle 2 beschrieben.

Sie können den Inhalt des Fensters zum Kopieren mit dem Cursor markieren. Drücken Sie nach dem Markieren gleichzeitig die Tasten **Strg** und **c**, um den Inhalt in die Zwischenablage zu kopieren. Rufen Sie dann ein anderes Programm wie z.B. Excel oder die Tabellenkalkulation von OpenOffice auf und fügen Sie den Inhalt der Zwischenablage in ein Datenblatt (**Strg** und **v**) ein.

Wenn Sie das Fenster schließen, können Sie das Fenster erneut aktivieren, indem Sie im Hauptmenü **Fenster -> Stand Info** anklicken.

Bestandeskarte

Im Fenster **Bestandeskarte** wird ein Stammverteilungsplan angezeigt. Die Baumarten werden in den RGB-Farben dargestellt, die Sie mit der **XML-Einstellungsdatei** eingegeben haben. Sie können die Einstellung mit dem TreeGroSS Baumartenmanager verändern (s. Seite 28). Sind für den Bestand Z-Bäume gewählt, so werden diese mit einem roten Kreis kenntlich gemacht. Bäume mit einem grünen Kreis sind temporäre Z-Bäume. Mit gelber Farbe werden Habitatbäume angezeigt (Abb. 4).

Durch das Anklicken einzelner Bäume mit der linken Maustaste können diese durchforstet werden. Durchforstete Bäume werden als Quadrat dargestellt. Es besteht auch die Möglichkeit durchforstete Bäume durch erneutes Anklicken wieder zurückzunehmen.

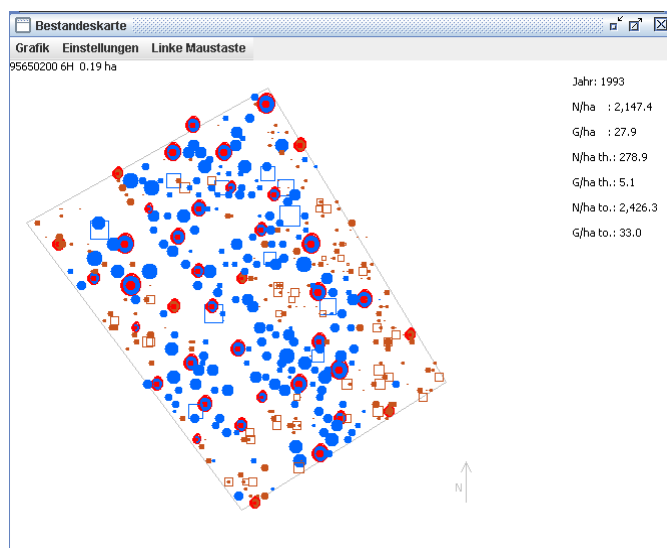


Abbildung 4: Fenster der Bestandeskarte

Über den Untermenüpunkt **Einstellungen** können Sie die Bestandesinformationen, die Kronenschirmflächen und die Baumnummern ein- und ausblenden, sowie den BHD-Faktor setzen. Ein BHD-Faktor von 1 bedeutet, dass der BHD maßstabsgerecht bzw. mindestens mit einem Pixel dargestellt wird.

Über den Untermenüpunkt **Grafik** können Sie die Abbildung erneuern, die Abbildung als jpg File speichern und heran- bzw. wegzoomen. Wenn Sie die Abbildung speichern, wird diese mit einer höheren Auflösung im Ausgabeverzeichnis unter dem Dateinamen gespeichert, der von Ihnen in einem Dialog abgefragt wird. Bitte vergessen Sie nicht für die Datei die Endung **.jpg** einzugeben. Es wird genau der auf dem Bildschirm angezeigte Inhalt gespeichert.

Wenn Sie heranzoomen, so müssen Sie die untere linke und die obere rechte Ecke des gewünschten Bildausschnittes anklicken.

Bestandesansicht

Der Simulator verfügt über eine 3D und eine 2D Bestandesansicht. Die Art der Bestandesansicht wird unter Programmeinstellungen dem Programm vorgegeben (Abb. 2). Wenn Ihr Computer über keine geeignete Grafikkarte verfügt oder Sie sehr große Bestände simulieren wollen, kann es nötig sein, dass sie die 2D- Grafik verwenden sollten.

Die 3D-Grafik erlaubt es Ihnen, den Bestand praktisch von allen Seiten und sogar von unten anzusehen. Darüber hinaus können Sie virtuell durch den Bestand gehen. Um die **Ansicht** zu verändern, dürfen sie keinen Baum anklicken. Wenn Sie die linke Maustaste gedrückt halten und die Maus nach oben oder unten bewegen, können Sie den Bestand um die horizontale Achse drehen. Ist die linke Maustaste gedrückt und bewegen Sie die Maus nach rechts oder links, so dreht sich der Bestand um die vertikale Achse. Halten Sie die rechte Maustaste gedrückt, so können Sie den Bestand, wie er gerade dargestellt wird, in die vier Richtungen verschieben. Drücken Sie die Wheel-Taste (Rad) der Maus, dann können Sie den Bestand heran bzw. wegzoomen. Durch den Bestand gehen Sie mit den Pfeil-Tasten. Achtung, Sie können nicht durch die Bäume hindurchlaufen. Mit den Tasten **Bild Hoch** (PgUp) und **Bild runter** (PgDown) können Sie den Blickwinkel nach oben, bzw. unten senken.

Klicken Sie mit der linken Maustaste auf einen Baum, dann werden Ihnen einige Daten zu diesem Baum angezeigt. Achtung das Anzeigefenster ist modal, das heißt, dass das Programm erst eine

andere Aktion ausführen kann, wenn Sie das Fenster mit den Baumangaben geschlossen haben. Klicken Sie einen Baum mit der rechten Maustaste an, dann können Sie den Baum für die Durchforstung (rot), als Z-Baum (blau), temporärer Z-Baum (grün) oder als Habitatbaum (gelb) auswählen.

In dem Fenster Bestandesansicht finden Sie in der 3D-Grafik elf Symbolknöpfe. Mit dem 1. kann man die Flagge über dem Baum an- und abschalten. Die Flagge sagt etwas über den Status, wie z.B. Z-Baum, etc. aus. Der 2. Symbolknopf mit dem Kreuz lassen sich die toten Bäume anzeigen. Mit dem 3. Knopf kann den Baumkronen eine Textur gegeben werden. Der 4. Knopf erlaubt einen Wechsel der Baumfarbe von realistisch zu den vorgegebenen. Der 6. Knopf schaltet einen Entfernungsnebel zu. Mit Knopf 7 kann das Gitternetz an und ausgeschaltet werden. Der 8. Knopf (Kamera) ermöglicht einen Screenshot des Fensters und speichert diesen in eine jpg Datei. Mit der Axt (9. Knopf) lassen sich zur Durchforstung markierte Bäume, fällen. Diese liegen dann im Bestand. Der 10 Knopf setzt die Ansicht auf die Ausgangsstellung zurück. Dies ist wichtig, wenn man sich im Bestand verlaufen hat. Mit dem letzten Knopf kann die Symbolleiste verändert werden. Zur Orientierung wird in der Grafik ein rot-weißer Pfosten angezeigt, dieser befindet sich in der südwestlichen Ecke des Bestandes. Das Gitter hilft zusätzlich bei der Orientierung, es ist immer nordsüd und ostwest ausgerichtet.

Mit der 2D-Grafik im Fenster **Bestandesansicht** erhalten Sie einen Eindruck von dem geladenen Bestand. Die Baumkronen werden in den Farben dargestellt, die in der XML Einstellungsdatei eingestellt sind. Über den Untermenüpunkt **Darstellungsattribute** können Sie festlegen, ob die lebenden, die in diesem Jahr durchforsteten und die toten Bäume angezeigt werden sollen. Darüber hinaus können Sie die Farben des Himmels, des Bodens und des Bestandesbodens festlegen. Über den Untermenüpunkt **Grafik** können Sie die Abbildung erneuern, die Abbildung als jpg File speichern und heran- und wegzoomen. Wenn Sie die Abbildung speichern, wird diese mit einer höheren Auflösung im Ausgabeverzeichnis unter dem Dateinamen sv1993.jpg gespeichert. 1993 bedeutet die Jahreszahl. Die Datei wird jedes Mal überschrieben, wenn Sie speichern anklicken und ein Bestand mit der entsprechenden Jahreszahl bereits gespeichert wurde. Es wird genau der auf dem Bildschirm angezeigte Inhalt gespeichert. Wenn Sie heranzoomen, so müssen Sie die untere linke und die obere rechte Ecke des gewünschten Bildausschnittes anklicken.

Berichte

Unter dem Hauptmenupunkt finden Sie eine Reihe von möglichen Berichten. Diese reichen von den Einzelbaumwerten bis zu den Modelleinstellungen. Alle Berichte werden in HTML bzw. XML Dateien im Ausgabeverzeichnis gespeichert. Die Berichte werden normalerweise automatisch in Ihrem Browser dargestellt. Falls es Probleme mit der Darstellung gibt, wird empfohlen, den Firefox Browser zu verwenden oder die entsprechenden Ausgabedateien direkt zu öffnen. Wird ein Bericht erneut aufgerufen, wird der alte Dateiinhalt überschrieben. Wollen Sie die Ergebnisse speichern, so müssen Sie die Berichte vorher abspeichern.

Einzelbaumwerte

Eine Liste mit den Einzelbaumdaten können Sie erstellen, wenn Sie im Hauptmenü **Berichte -> Einzelbaumwerte** anwählen. Es sollte sich dann automatisch der Browser öffnen und die Datei **treelist.html** angezeigt werden. Falls die Datei nicht automatisch angezeigt wird, öffnen Sie die Datei mit dem Browser. Die Datei finden Sie in dem eingestellten Ausgabeverzeichnis. Standardmäßig heißt dieses **output_standsimulation/treelist.html**.

Die Datei treelist.html wird jedes Mal überschrieben, wenn Sie den Menüpunkt erneut aufrufen. Sie können die HTML-Datei auch mit anderen Programmen wie z.B. Excel, Word oder der

Tabellenkalkulation von OpenOffice öffnen. Die einzelnen Felder und ihre Bedeutung sind in Tabelle 3 beschrieben.

Tabelle 3: Felder der Einzelbaumtabelle

Abkürzung	Erklärung
Nr	Baumnummer
Art	Baumartencode
Alt	Alter
Hoehe	Höhe [m]
KAnsatz	Kronenansatz [m]
KBreite	Kronenbreite [m]
KProzent	Kronenprozent
h/d	H/D-Wert
Vol.	Volumen Derbholz [m³]
aus	-1 = Baum lebt, Jahreszahl des Ausscheidens
x	relative Standpunktcoordinate x [m]
y	relative Standpunktcoordinate y [m]
z	relative Standpunktcoordinate y [m] (Höhe)
c66	distanzunabhängiger Kronenkonkurrenzindex c66
c66c	distanzunabhängiger Freistellungsindex c66c
c66xy	distanzabhängiger Kronenkonkurrenzindex c66
c66cxy	distanzabhängiger Freistellungsindex c66c
si	absolute Bonität im Alter 100 [m]

Bestandeswerte

Es wird je eine Tabelle mit Werten für den gesamten Bestand und die Z-Bäume dargestellt. Nach jedem Simulationsschritt werden die Tabellen um die neuen Ergebnisse ergänzt. Die Tabellen 5 und 6 haben den Charakter einer Ertragstafel.

file:///C:/Dokume...n/standtable.html

Bestandesentwicklung :

Bestand :95650200 6H
Bestandesflaeche [ha] :0.19
Jahr :2008

Jahr	Art	Alter	Dg	Hg	D100	H100	N/ha	G/ha	V/ha	aus.N/ha	aus.G/ha	aus.V/ha
1993	511	31	16.8	14.3	26.4	16.0	1,105.3	24.5	165.9	0.0	0.0	0.0
1993	211	41	10.9	12.3	17.9	13.6	768.4	7.2	37.9	10.5	0.2	1.1
1998	511	36	19.1	16.7	30.5	18.6	852.6	24.4	193.1	63.2	1.3	9.8
1998	211	46	11.0	13.9	19.6	15.1	1,131.6	10.7	62.3	15.8	0.1	0.7
2003	511	41	22.3	18.9	34.8	21.3	636.8	24.8	219.9	10.5	0.4	3.4
2003	211	51	12.0	15.8	21.8	16.5	1,078.9	12.3	83.8	47.4	0.5	3.7
2008	511	46	24.7	20.7	38.1	23.2	505.3	24.3	233.8	0.0	0.0	0.0
2008	211	56	13.3	17.6	25.2	17.7	1,063.2	14.9	115.8	0.0	0.0	0.0

Abbildung 5: Tabelle der Bestandesentwicklung

Tabelle 2: Z-Bäume Crop tree

Jahr	Art	Alter	Dg	Hg	N/ha	G/ha	V/ha	aus.N/ha	aus.G/ha	aus.V/ha
1993	511	31	21.0	15.2	226.3	7.8	55.5	0.0	0.0	0.0
1993	211	41	21.0	13.9	226.3	7.8	55.5	0.0	0.0	0.0
1998	511	36	23.8	17.8	226.3	10.1	82.7	0.0	0.0	0.0
1998	211	46	23.8	15.0	226.3	10.1	82.7	0.0	0.0	0.0
2003	511	41	26.7	20.0	215.8	12.1	109.6	0.0	0.0	0.0
2003	211	51	26.7	16.1	215.8	12.1	109.6	0.0	0.0	0.0
2008	511	46	30.0	22.0	184.2	13.0	127.8	0.0	0.0	0.0
2008	211	56	30.0	17.1	184.2	13.0	127.8	0.0	0.0	0.0

erzeugt mit TreeGroSS Forst Simulator default

Abbildung 6: Tabelle der Entwicklung der Z-Bäume

Bestandesstruktur

In der Bestandesstrukturtafel werden einige Strukturmaß in Tabellenform ausgegeben. Die Struktur einer Pflanzengesellschaft im ökologischen Sinne wird durch die *vertikale und horizontale räumliche Organisation der Pflanzen* charakterisiert (KIMMINS, 1987, S.340). Die unterschiedlichen Schichten in einem Waldökosystem bezeichnet Kimmins als *Untereinheiten der Vegetation bezüglich der Pflanzenhöhe* und berücksichtigt somit auch die Dimensionsunterschiede der Systemelemente. Die Bestandesstruktur im waldbaulichen Sinn umfaßt die räumliche Gliederung der Bäume, Sträucher und Bodenpflanzen als Strukturmerkmale (DENGLE, 1992, S.25 ff). Struktur ist gekennzeichnet durch die Baumpositionen, die Durchmesserdimensionen, die Artendiversität und die vertikale Struktur in Form von Bestandsschichten. Diese Strukturmerkmale sind von waldbaulichen Maßnahmen beeinflusst und durch Durchforstungseingriffe veränderbar.

Die Bestandesstruktur beeinflusst stark die Bestandesstabilität und sie ist Ausdruck und Ergebnis ökologischer Diversität und Vielfalt (ALTENKIRCH, 1977, S.198). Ferner ist der Einfluß der Bestandesstruktur auf das Baumwachstum allgemein anerkannt. Ihrer möglichst exakten Erfassung kommt daher besondere Relevanz zu.

Es werden folgende Bestandesstrukturwerte ausgegeben:

- Anzahl der Arten
- Shannon-Index (PIELOU, 1977, S.293 ff)
- Artenprofil-Index nach Pretzsch (Pretzsch, 1996)
- Prozent der Höhendurchmischung (ALBERT, 1999)
- Prozent der Durchmesserdurchmischung (ALBERT, 1999)
- Prozent der Artendurchmischung (ALBERT, 1999)

Sortierung

Mit diesem Menüpunkt lassen sich verschiedene Nutzungsmodelle in Bezug auf die anfallenden Sortimente, den Nährstoffhaushalt und das Totholz untersuchen. Sie können über einen Dialog:

- den verbleibenden und ausscheidenden Bestand des aktuellen Jahres,
- den ausscheidenden Bestand eines zurückliegenden Jahres,
- und den aktuellen verbleibenden Bestand sowie alle ausgeschiedenen Bäume

bewerten.

Die detaillierte Beschreibung folgt in dem Kapitel Sortierung (siehe Seite 20).

Baumarteneinstellungen

Unter diesem Menüpunkt können Sie die genauen Baumarteneinstellungen für die simulierten Baumarten abfragen und kontrollieren. Es werden nur Informationen zu den Baumarten ausgegeben, die zu dem Zeitpunkt in der Simulation geladen sind.

Baumartenschlüssel

Hier können Sie sich den Baumartenschlüssel mit allen definierten Baumarten anzeigen lassen.

Diese Tabelle kann Ihnen hilfreich sein, wenn Sie wissen wollen, welche Baumarten im Modell vorhanden und wie diese verschlüsselt sind. In der Ausgabe wird für die Baumarten auch ein Wikipedia Link angegeben.

Neue Baumarten fügen Sie in das Programm mit dem Baumartenmanager ein (siehe Seite 28).

Zusätzliche Grafiken

Wenn Sie im Hauptmenü unter **Fenster**→**Grafiken** das Feld aktivieren, erscheint ein weiteres Fenster, in welchem sich über ein Untermenü verschiedene Grafiken, wie:

- Baumartenanteile an der Kronenschirmfläche
- Durchmesserverteilung
- Durchmesserverteilung der Z-Bäume
- Höhendurchmesserbeziehung

anzeigen lassen können.

Diese Grafiken können Sie nicht verändern, aber als JPG-Datei abspeichern. Den Namen der Datei können Sie über einen Fileausgabedialog bestimmen.

Bestandesbehandlung und Prognose

In diesem Kapitel lernen Sie die Möglichkeiten kennen, wie Sie in Bestände eingreifen können und wie sie Z-Bäume auswählen. Das Programm stellt dafür zwei Möglichkeiten bereit, nämlich erstens eine interaktive Auswahlmöglichkeit am Bildschirm und zweitens regelbasierte Behandlungselemente. Mit diesen regelbasierten Handlungselementen lässt sich z.B. das Löwe-Konzept aber auch Altersklassenwald simulieren.

Im zweiten Teil wird gezeigt, wie Sie Ihre Bestände fortschreiben können und was Sie dabei zu beachten haben.

Interaktive Durchforstung in der Bestandesansicht

Interaktiv können Sie Ihren Bestand im Fenster Bestandeskarte und in der 3D-Grafik durchforsten. Darüber hinaus können Sie Bäume als Z-Bäume markieren. Dazu brauchen Sie nur die Bäume, die Sie markieren wollen, mit der Maus anzuklicken. Im Menü können Sie festlegen, ob die Markierung der Durchforstung oder der Auszeichnung von Z-Bäumen gilt. Die durchforsteten Bäume werden mit einem offenen Quadrat dargestellt. Die Z-Bäume mit einer roten Umrandung. Wenn Sie die Funktion Bestandesinformation aktiviert haben, dann können Sie nach jedem entnommenen Baum ablesen, wie groß die Menge der entnommenen Stammzahl und Grundfläche pro Hektar bereits ist.

Die interaktive Auswahl von Z-Bäumen und Durchforstung kann auch zusätzlich zu der regelbasierten Methode per Behandlungskonzept ausgeführt werden.

Automatische Bestandesbehandlung

Über das Fenster Simulationseinstellungen können Sie ein eigenes waldbauliches Behandlungsprogramm durch die Auswahl und Einstellung von Behandlungselementen festlegen.

Abbildung 7: Dialog zum Einstellen der Bestandesbehandlung

Baumart	Code	Df.Höhe[m]	Zieldurchm.[cm]	Z-Bäume/ha	Mischung %
Fi	511	12	45	181	53
Bu	211	12	60	48	47

In der dunkelgrau unterlegten Zeile legen Sie einige grundlegende Simulationseinstellungen fest und können die Simulation für einen Zeitraum (Knopf: **Simulation starten**) starten. Geben Sie für die Dauer einen Betrag > 5 Jahre ein, so werden mehrere 5-jährige Simulationsschritte ausgeführt. Mit den Checkboxes **Zufallseffekte**, **Einwuchsmodell aktiv**, **Risikomodell aktivieren** legen Sie fest, ob die Komponenten aktiv sein sollen oder nicht.

In der nächsten Zeile können Sie die Erschließungsmaßnahmen festlegen. Über die Checkbox **Rückegassen anlegen** ist es möglich, automatisch Rückegassen mit veränderbaren Breiten und Abstandswerten anlegen zu lassen. Die Rückgassen werden einmalig angelegt beim ersten Simulationsschritt angelegt.

Die Durchforstungsoptionen werden in der folgenden Zeile eingestellt. Den Durchforstungstyp stellen Sie über das Auswahlfeld ein. Es werden zur Zeit die drei Typen Auslesedurchforstung, Hochdurchforstung und die Niederdurchforstung angeboten. Mit der Durchforstungsintensität stellen Sie ein, wie stark die Eingriffe durchgeführt werden sollen. Der mäßige Eingriff orientiert sich an den Vorgaben der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Die vorgegebene Zielgrundfläche ergibt sich aus der Funktion für die maximale Bestandesdichte und dem Faktor, die in der Baumarteneinstellung unter **MaximumDensity** und **ModerateThinningFactor** vorgegeben sind. Mit der minimalen und maximalen Durchforstungsmenge können Sie Rahmenbedingungen für die Durchforstung setzen. Aktivieren Sie die Checkbox **nur Z-Bäume freistellen**, so werden bei der Durchforstung nur Konkurrenten der Z-Bäume entnommen.

Das Verfahren der Holzernte wird eine Zeile tiefer festgelegt. Als Erntetyp können Sie zwischen **Zielstärkennutzung**, **Schirmschlag** und **Kahlschlag** wählen. Die beiden Erntetypen Schirmschlag und Kahlschlag werden vom Programm nur durchgeführt, wenn 50 % der Bestandesgrundfläche Bäume sind, die den Zieldurchmesser überschritten haben. Das **minimale** und das **maximale** Erntevolumen legen Rahmenwerte für den Eingriff fest. Haben Sie die Zielstärkennutzung gewählt, so können Sie in dem Textfeld **Räumen bei** den Schlussgrad des Oberstandes eingeben, bei dessen Unterschreitung der gesamte Oberstand genutzt werden wird. Beim Erntetyp Schirmschlag wird der Bestand nach der Verjüngungsgangzahl abgenutzt, sobald er die Phase der Holzernte erreicht hat. In dem Textfeldverjüngungsgangzahl wird der Zielbestockungsgrad bezogen, bezogen auf die vorgegebene Zielgrundfläche aus maximaler Dichte und dem Durchforstungsfaktor festgelegt (siehe oben). Eine Verjüngungsgangzahl „**0.7;0.5;0.3;0.0;**“ hat folgende Wirkung. Senkung des Bestockungsgrads auf 0.7 bei ersten Holzernte, weitere Senkung des Bestockungsgrads auf 0.5 fünf Jahre später, Senkung des Bestockungsgrads auf 0.3 nach weiteren fünf Jahren, Räumung Oberstandes. Die einzelnen Bestockungsgrade müssen durch ein **Semikolon** getrennt eingegeben sein.

In der Naturschutzzeile können Sie einige Präferenzen festlegen. Die Naturschutzziele stehen über den Durchforstungs- und Holzerntevorgaben und können dazu führen, dass zum Beispiel der Oberstand nicht völlig abgeerntet wird. Im ersten Text- und dem folgenden Auswahlfeld legen Sie die Anzahl der Habitatbäume pro Hektar und das Kollektiv, aus dem die Habitatbäume gewählt werden fest. Die Habitatbäume werden erst dann ausgewählt, wenn die Bäume vorhanden sind, die einen BHD größer als 80% der für die Art vorgegebenen Zielstärke haben. Die Aktivierung **Minderheitenschutz** bedeutet, dass im Bestand selten vorkommende Arten bei Durchforstungen soweit wie möglich verschont werden. Im Feld **Mindestbeschirmung** können Sie einen Schlussgrad für den Oberstand festlegen, ab dessen Unterschreiten keine Holzerntemaßnahmen mehr durchgeführt werden (siehe oben). Darüber hinaus können Sie festlegen, ab welchem Durchmesser Bäume nicht mehr geerntet und stattdessen erhalten werden.

Schließlich folgt eine Zeile mit der gewünschte Pflanzungen aktiviert werden. Dazu muss zunächst einmal das Pflanzen **aktiviert** werden. Legen Sie fest, ob vor einer Pflanzung der **Unterstand entfernt** und ab welchem **Schlussgrad des Oberstandes** die Pflanzung ausgelöst werden soll. In das Textfeld **Baumartencode (fl/ha)** geben sie die Baumarten und den Deckungsgrad in eckigen Klammern ein. Jede Eingabe für eine Art muss mit einem **Semikolon** abgeschlossen sein. Gepflanzt werden **Verjüngungsplatzhalter** weil vom Modell Bäume unter 7 cm nur unzutreffend modelliert werden. Die Verjüngungsplatzhalter bedecken jeweils 5m² Boden. Ihr Höhenwachstum richtet sich nach Bonitätskurve. Wird der kritische Kronenschlussgrad für einen Verjüngungsplatzhalter überschritten, gilt er als abgestorben und wird er aus der Baumliste entfernt. An einem BHD von 7,0 cm werden die Verjüngungsplatzhalter in Einwuchs umgewandelt. Der Durchmesser wird über den h/d-Wert ermittelt. Die h/d-Werte für die Schätzung des Durchmessers sind in der Java Klasse tree abgelegt.

In der Tabelle Baumarteneinstellungen können Sie für jede Art weitere wichtige Einstellungen für die Bestandesbehandlung in den Feldern **Df.Höhe[m]** (Höhe des ersten Durchforstungseingriffs), Zieldurchmesser, Z-Bäume und Mischungsprozent vornehmen. Das Feld **Df.Höhe[m]** regelt für die jeweilige Baumart, ab welcher Höhe überhaupt ein Durchforstungseingriff stattfindet. Ist die Mittelhöhe geringer als der vorgegebene Wert wird, erfolgt bei allen Durchforstungstypen kein Eingriff. Im Feld **Zieldurchm[m]** legen Sie die gewünschte Zielstärke, ab dem diese beim Erntetyp Zielstärke genutzt werden, für die Baumarten fest. Die Anzahl der Z-Bäume ist für die Auslesedurchforstung von Bedeutung. Standardmäßig wird die Z-Baumanzahl aus dem Kronenraumbedarf für die eingestellte Zielstärke berechnet. Im Feld **Z-Bäume/ha** können Sie aber auch eigene Werte eingeben. Unter **Mischung %** wird festgelegt, wieviel Prozent der Kronenschirmfläche die jeweilige Baumart langfristig einnehmen soll. Mit dieser Angabe lässt sich langfristig die Baumartenzusammensetzung steuern. Es muss jedoch beachtet werden, dass unterschiedliche Zielstärken zu einem Nichterreichen der langfristig angestrebten Mischungsanteile führen können.

Die Simulation wird ausgeführt, wenn der Aktionsknopf **Simulation starten** drücken. Wenn Sie das Axtsymbol oder im Hauptmenü **Aktion -> Behandlung** drücken, werden die Behandlungseinstellungen übernommen und es wird durch das Programm ein einzelner Eingriff ausgeführt. In dem Kapitel Bestandesbehandlung findet sich eine ausführlichere Beschreibung (siehe Seite 44).

Prognose

Die wichtigste Funktion des Waldwachstumssimulators ist die Prognose in die Zukunft. Der ForestSimulator arbeitet mit 5-Jahres Schritten, d.h. jedes Mal, wenn Sie Ihren Bestand wachsen lassen, wird er um 5-Jahre in die Zukunft prognostiziert. Die Prognose lösen Sie über das Hauptmenü **Aktion -> wachsen lassen** oder den Aktionsknopf **wachsen lassen** aus. Bitte beachten Sie, dass je länger Sie ihren Bestand in die Zukunft prognostizieren, die Ergebnisse mit einem

höheren Fehler belastet sein können. Generell wird eine Simulation von mehr als 30 bis 40 Jahren nicht empfohlen. Extreme Bestandessituationen sind mit höheren Fehlern belastet als durchschnittliche Bestandessituationen.

Für die 5-jährige Prognose lassen sich einige Einstellungen vornehmen, z. B. ob automatisch **Einwuchs** generiert werden soll (**ja**) oder nicht (**nein**). Die Vorgabe **Zufallseffekte ja** bedeutet, dass bei der Zuwachsprognose eine Zufallskomponente zu der Schätzung hinzugefügt wird. Zwei Bäume mit gleichen Merkmalen wachsen dann unterschiedlich. Diesen Effekt können Sie mit **Zufallseffekte nein** abschalten.

Wird die Aktion wachsen lassen ausgelöst, werden vom Programm die folgenden Routinen durchlaufen:

- Prüfen, ob das maximale Alters einer Art erreicht ist und die Altersmortalität einsetzen soll.
- Prüfen, ob eine konkurrenzbedingte Mortalität erreicht ist.
- Durchmesser-und Höhenzuwachs
- Nachkalkulation des Kronenansatzes und der Kronenbreite
- Einwuchs (wenn eingeschaltet)
- Update aller Fenster, Simulationszeitpunkt + 5 Jahre

Jedes Mal, wenn Sie den „Bestand **wachsen lassen**“, wird vorher eine Kopie des Bestandes als XML-Datei im Datenverzeichnis abgelegt. Die Kopie trägt den Dateinamen plus das Simulationsjahr, welches mit einem Unterstrich vom Dateinamen abgesetzt ist (Beispiel: Bestand1_2008.xml). Sie können diese zusätzlich gespeicherten Dateien verwenden, wenn Sie wieder auf einen älteren Simulationszustand zurückgreifen wollen. Sie müssen den Bestand zu diesem Zeitpunkt neu mit **Bestand -> öffnen -> TreeGrOSS xml-File** laden.

In der Leistungstabelle **Hauptmenü : Berichte -> Bestandestabelle** wird die Entwicklung des Bestandes in der Simulation festgehalten. Die Ergebnisse werden in der HTML Datei **standtable.html** im eingestellten Ausgabeverzeichnis gespeichert. Falls diese Datei nicht automatisch geöffnet wird, müssen Sie die Datei direkt mit dem Browser öffnen.

Sortierung

Einführung

Mit dem Befehl **Berichte -> Sortierung** lassen sich die Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungsstrategien auf den Sortimentsanfall, die Totholznachlieferung und den Nährstoffhaushalt untersuchen. In dem Bericht kann

- der ausscheidende Bestand eines Jahres
- der verbleibende und ausscheidende Bestand des aktuellen Jahres
- oder der verbleibende Bestand des aktuellen Jahres und alle ausgeschiedenen Bäume sortimentiert

werden (NAGEL 2008).

Die Sortierung baut auf den Schaftformfunktionen aus der Arbeit von SCHMIDT (2001) auf. Mit Ihnen lässt sich für die Hauptbaumarten der Stammdurchmesser in einer beliebigen Baumhöhe schätzen. Die Funktionen für das Laubholz sollten allerdings nur bis zur Kronenansatzhöhe verwendet werden. Darüber sind die Angaben zu ungenau. Die Schaftformfunktionen von SCHMIDT sind abhängig vom h/d-Wert, d.h. die Stammform kann für unterschiedliche h/d-Werte anders sein. Die Rindenstärke wird nach den Funktionen von ALTHERR et al. (1978) berechnet.

Sortimente können flexibel für eine oder mehrere Baumarten definiert werden. Unter Sortimenten werden hier auch Stücke des Stammes verstanden, die wegen Fäule oder aus sonstigen Gründen im Wald verbleiben. Die Definition eines Sortiments wird durch die Angabe folgender Größen festgelegt:

- Sortimentsname
- Betroffene Baumart, Codenummer von bis
- Minimum und Maximum Mittendurchmesser [cm]
- Minimum und Maximum Zopfdurchmesser [cm]
- Minimum und Maximum Länge [m]
- Sortiment wird entnommen oder verbleibt als Totholz im Wald
- Zugabe
- Aushaltung bis Kronenansatz oder darüberhinaus
- alle Bäume der genannten Arten oder nur Z-Bäume
- Wertigkeit
- Preis
- Anteil der betroffenen Bäume [%]
- ein oder mehrfache Sortimentsaushaltung

Der Ablauf der Sortierung erfolgt nach einem einfachen Schema. Das Programm versucht zunächst, das Sortiment mit der höchsten Wertigkeit möglichst lang aus dem Stamm von unten zu schneiden. Lässt sich das gewünschte Sortiment nicht aus dem Stamm schneiden, dann wird das nächst höherwertige Sortiment geprüft. Nachdem ein ausgehaltenes Stück vom Stamm abgeschnitten wurde, beginnt der Prozess von neuem.

Im oberen Teil der Maske können unter „Erstellen und auswählen der Sortimente für folgende Jahre“ das Jahr eingeben, für welches der Bericht erstellt werden soll. Wählen Sie die Standardeinstellung **all**, dann werden in den Bericht alle ausgeschiedenen Bäume und auch der verbleibende Bestand bewertet. Durch die Angabe der Fällschnitthöhe lässt sich diese flexibel an die realen Verhältnisse anpassen.

Mit dem Sortierungsdialog können Sie auch die Holzmasse und den Elementgehalt von X-Holz und Baumstümpfen abschätzen. Dazu brauchen Sie nur ein entsprechendes Sortiment (Baumstumpf: minD=7.0 cm,maxD=999.9cm, minZopf=7.0cm, maxZopf=999,9cm, minLänge=0.01m, maxLänge=0.3m, einmal pro Baum) zu definieren, eine hohe Wertigkeit für das Sortiment festlegen, damit dieses als erstes aus dem Baum geschnitten wird, und die Fällschnitthöhe auf 0.0m zu setzen.

Sortierung durchführen

Über den Menüpunkt **Berichte** → **Sortierung** oder den Aktionsknopf für die Sortierung können Sie das Hauptfenster (Abb. 8) für den Sortierungsdialog aufrufen.

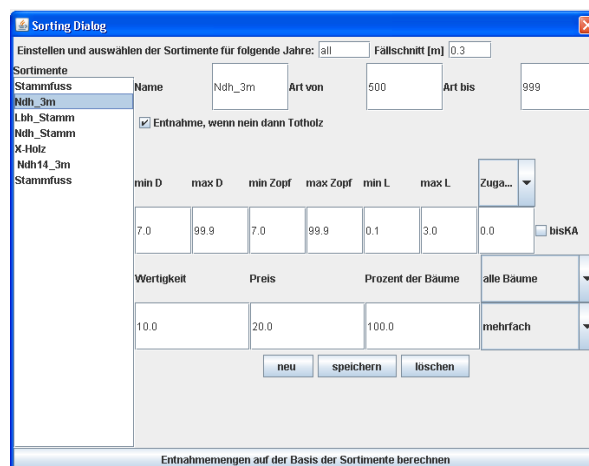


Abbildung 8: Sortierungsdialog

Mit diesem Dialog können Sie die von Ihnen eingegebenen Sortimente bearbeiten, löschen und neue Sortimente eingeben. Die vorhandenen Sortimente werden in der linken Box unter "Sortimente" aufgelistet. Wenn Sie eines dieser Sortimente anklicken, dann werden Ihnen die zugehörigen Einstellwerte angezeigt. Sie können die Werte in den Textfeldern ändern und anschließend mit dem Knopf **"speichern"** oder als neues Sortiment (Knopf **neu**) speichern. Ein ausgewähltes Sortiment kann mit dem Knopf **"löschen"** aus der Liste entfernt. Hinweis: Nach der Veränderung eines Sortiments sollten Sie im Augenblick jedes Mal den Dialog schließen.

Wenn Sie den geladenen Bestand sortieren wollen, so können Sie in der Liste mehrere Sortimente auswählen, indem Sie die Strg-Taste gedrückt halten und ein weiteres Sortiment anklicken. Haben Sie alle Sortimente ausgewählt, die für den Bestand ausgehalten werden sollen, so klicken Sie den Knopf "Sortierung starten". Bitte haben Sie Geduld. Ein stammzahlreicher Bestand, für den viele Sortimente geprüft werden müssen, benötigt einige Rechenzeit. Die vorgenommene Sortierung wird in die Datei **sortierung.xml** gespeichert. Diese Datei wird in Ihrem Ausgabeverzeichnis (s. Einstellungen) abgelegt und überschrieben, wenn Sie die Sortierung starten. Die Darstellung der Datei erfolgt im Browser mit dem Stylesheet **treegrosslogging.xsl**. Falls die Datei nicht angezeigt wird, öffnen Sie die Datei direkt mit dem Browser. Sie können die Datei zur weiteren Auswertung in eine Tabellenkalkulation von Open Office oder Excel laden.

Der Sortierungsbericht enthält mehrere Tabellen:

- Tabelle 1: Liste der verwendeten Sortimente
- Tabelle 2: Übersicht über das Volumen nach Baumart
- Tabelle 3: Übersicht über die Biomasse nach Baumart
- Tabelle 4: Übersicht über die Calciumgehalte nach Baumart
- Tabelle 5: Übersicht über die Magnesiumgehalte nach Baumart
- Tabelle 6: Übersicht über die Kaliumgehalte nach Baumart
- Tabelle 7: Liste der einzelnen Sortimentsstücke

Die ausgegebenen Biomassen und Nähstoffgehalte sind mit vorläufigen Funktionen berechnet und können daher von den tatsächlichen Werten abweichen.

Eingabe eigener Bestände

In diesem Kapitel erfahren sie, wie sie eigene Bestände eingeben oder Beispielbestände für

Simulationen generieren können.

Neue Bestände erzeugen

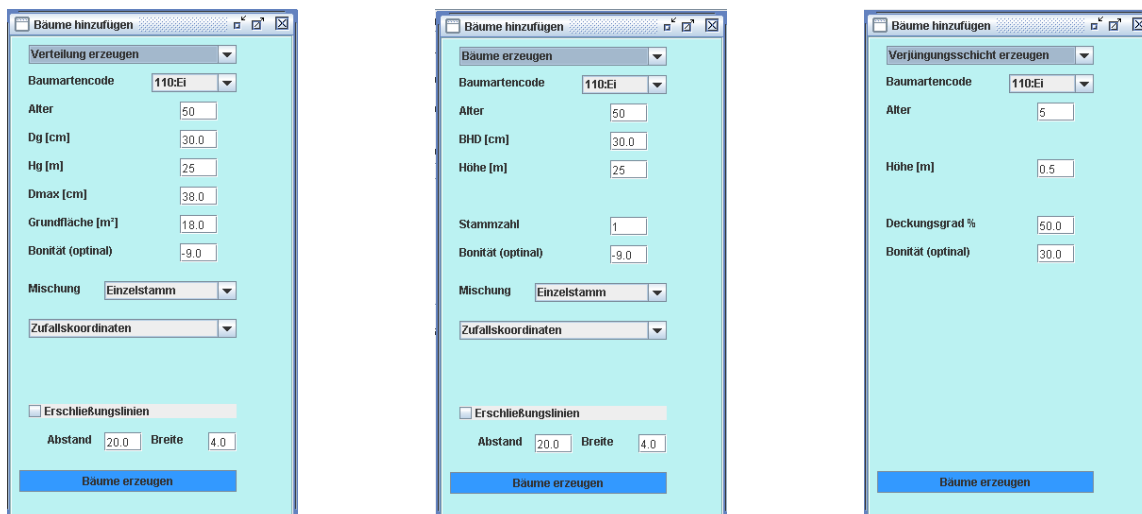
Einen neuen Bestand erzeugen Sie über das Hauptmenü **Bestand -> neu**. Geben Sie in dem Dialog den Name, die Flächengröße in Hektar ein und legen Sie fest, ob Ihr Simulationsbestand auf einer quadratischen oder einer kreisförmigen Probefläche erzeugt werden soll. Wenn Sie den Knopf **erzeugen** drücken, so werden alle zur Zeit aktiven Simulationsdaten zurückgesetzt und es wird eine neue Bestandesfläche erzeugt.

Die Größe der Bestandesfläche sollten Sie entsprechend Ihrer Fragestellung wählen. Wenn Sie z.B. einen jungen Bestand untersuchen möchten, sollten Sie die Fläche nicht zu groß (0.2 bis 0.5 ha) wählen, weil sonst sehr viele Bäume erzeugt werden, was zu langen Rechenzeiten führen kann. Zielt Ihre Fragestellung auf die Untersuchung eines Altbestandes ab, so sollte die Fläche größer (0.5 bis 1 ha) gewählt werden, damit ausreichend Bäume für die Simulation vorhanden sind. Falls Sie die 3-D Darstellung nicht nutzen wollen, können Sie die Berechnung des Wachstums und der Mortalität beschleunigen, in dem Sie von der 3-D in die 2-D Grafik umschalten.

Ihrem Bestand müssen Sie anschließend **Bäume hinzufügen**. Dafür können Sie ein spezielles Dialogfenster über das Hauptmenü **bearbeiten→Bestand (Bäume hinzufügen)** öffnen.

Für Ihren Bestand können Sie Bäume auf drei unterschiedliche Weisen erzeugen. Im ersten Fall **Verteilung erzeugen** werden die Bäume über eine Durchmesser- und Höhenverteilung durch die Angabe einiger ertragskundlicher Größen generiert (Abb. 9a). Dafür müssen Sie den Baumartencode, das Alter, den Durchmesser und die Höhe des Kreisflächenmittelstammes, den maximalen Durchmesser und die Grundfläche eingeben. Die Angabe der Bonität (Höhe im Alter 100) ist optional. Wenn Sie diese nicht angeben wollen, müssen Sie in das Feld "-9" eingeben. Wenn Sie alle Angaben gemacht haben, drücken Sie **Bäume erzeugen**. Für den Fall, dass der Punkt Zufallskoordinaten gewählt wurde, bekommen die Bäume zufällige Koordinaten, wobei das Programm versucht, die Bäume derartig zu platzieren, dass sich die Kronen der Bäume möglichst wenig überlappen. Durch die Option Mischung ist es ihnen möglich eine Gruppierung der Bäume vorzugeben. Werden die Bäume einzelstammweise gesetzt, ergibt sich eine gleichmäßige Verteilung, während die Punkte Trupp, Gruppe und Horst zu einer in dieser Reihenfolge stärker werdenden Gruppierung der Bäume führen. Wenn Sie die Taste **Bäume erzeugen** drücken, wird eine entsprechende Anzahl (Stammzahl) von solchen Bäumen in den Bestand generiert. Hatten sie den Punkt Erschließungslinien aktiviert, werden diese im angegebenen Abstand eingefügt und auf ihrer Breite keine Bäume gesetzt. Durch die Festlegung von Rasterkoordinaten ist es auch möglich, die Bäume in einem gewünschten Verband anzuordnen. Sollte die Anzahl der durch den Verband vorgegebenen Pflanzplätze kleiner als die Anzahl der zu generierenden Bäume sein, so werden die restlichen Bäume mit zufälligen Koordinaten versehen.

Im zweiten Fall können Sie Bäume mit einer bestimmten Art und mit einem bestimmten Alter, Durchmesser und Höhe festlegen (Abb. 9b). Die Eingabe der Bonität ist auch in diesem Fall optional. Die Vergabe der Stammfußkoordinaten erfolgt wie zuvor beschrieben.



a) Durchmesservertellung erzeugen b) Einzelne Bäume erzeugen c) Verjüngungsschicht erzeugen

Abbildung 9: Dialog des Bestandesdesigners

Im dritten Fall können Sie den Dialog nutzen, um Verjüngungsschichten in den Bestand hinein zugenerieren (Abb. 9c). In diesem Fall müssen das Alter, die Höhe, Deckungsgrad und die Bonität der Verjüngungsschicht eingegeben werden. Wenn Sie den Knopf „Bäume erzeugen“ drücken, werden jeweils für eine Fläche von 3,14 m² Platzhalter erzeugt. Diese Platzhalterbäume wachsen nach den Regeln der Verjüngung und werden in den Bestandeswerten nicht berücksichtigt. Wenn diese Bäumchen einen Durchmesser von 7 cm erreichen, werden Sie in den Bestand aufgenommen und weitergeführt. Die Platzhalter repräsentieren eine Verjüngungsfläche von 3.14 m², was in etwa dem Standraumbedarf der einwachsenden Bäume (7 cm) entspricht.

Möchten Sie einen mehrschichtigen oder einen Mischbestand erzeugen, so müssen Sie die Prozedur mehrmals hintereinander durchführen. Es empfiehlt sich mit den größeren Bäumen zu beginnen.

Der Dialog kann auch dazu benutzt werden, in einen bestehenden Bestand zu einem bestimmten Zeitpunkt Bäume in diesen Bestand hinein zu pflanzen.

Bestandesdaten editieren

Um Bestandesdaten direkt im ForestSimulator zu editieren, rufen Sie den Menüpunkt **Bestand**→**Stand data** auf. Dieser öffnet einen Dialog zur Bearbeitung des aktuell eingelesenen Bestandes. Über den Knopf **Bestand lesen** können Sie aber auch jede andere Bestandesdatei bearbeiten und nach dem Editieren nach Wunsch unter einem anderen Namen abspeichern. Damit die von Ihnen vorgenommenen Änderungen wirksam werden, ist es notwendig Sie mit dem Knopf **Änderungen übernehmen** vor dem Verlassen des Editors zu bestätigen.

Sie können die Daten aus den Tabellen des Editorfensters mit Kopieren und Einfügen in die Zwischenablage übernehmen und aus dieser einfügen. Markieren Sie dazu die entsprechenden Bereiche mit der Maus und drücken Sie **Strg+c** für kopieren und **Strg+v** für einfügen.

Mit einem kleinen Trick lassen sich sogar Bestände über das Editierfenster aufbauen. Generieren Sie zu diesem Zweck zuerst eine entsprechende Fläche und fügen Sie dieser einen Baum hinzu. Anschließend speichern Sie den neuen Bestand, um ihn danach mit dem Editor aufzurufen. Mit den **Knöpfen Eckpunkte hinzufügen** und **Leere Zeilen Hinzufügen** können Sie die Tabellen vergrößern. Leere Zeilen werden beim Abspeichern ignoriert.

TreeGrOSS Editor

Bestand: 95650200 6H Fläche [ha]: 0.19 Monat/Jahr: 3, 1993

Rechtswert: 0.0 Hochwert: 0.0 Höhe i.NN: -99.9

Wuchsgebiet: Wuchsbezirk: Standort: Standortsziffer:

Exposition [Gon]: -99 Hangneigung [%]: -99.9

Coordinates (No, x, y, z):

No	x	y	z
polygon	31.42	29.86	0.00
ECK1	60.22	18.29	0.00
ECK2	30.89	0.00	0.00
ECK3	0.00	40.93	0.00

Buttons: Eckpunkt hinzufügen, Eckpunkt löschen

Code	Nr	Alter	BHD	Höhe	Bon	KA	KB	lebend	Entnah.	x	y	z	ZBaum	Habitab	Bemerk
511	292	31	30.20	17.72	37.46	6.82	4.18	-1	0	14.89	32.00	0.00	false	false	
511	89	31	29.70	15.80	35.30	7.80	3.58	-1	0	37.85	42.00	0.00	false	false	
511	515	31	28.30	17.07	36.73	6.87	3.97	-1	0	44.93	20.00	0.00	false	false	
511	286	31	26.40	15.32	34.76	6.37	3.77	-1	0	10.44	40.00	0.00	false	false	
511	287	31	26.30	16.58	36.18	7.00	3.76	-1	0	14.10	38.00	0.00	false	false	
511	83	31	26.10	16.60	36.20	7.10	3.98	-1	0	40.85	38.00	0.00	false	false	
511	424	31	26.00	17.89	37.43	7.61	3.73	-1	0	34.28	58.00	0.00	false	false	
511	565	31	26.00	15.81	35.31	6.67	3.73	-1	0	26.81	28.00	0.00	false	false	
511	73	31	25.80	18.00	37.78	7.90	4.68	-1	0	48.42	30.00	0.00	false	false	
511	290	31	25.60	15.62	35.10	6.64	3.68	-1	0	17.63	34.00	0.00	false	false	
511	392	31	25.30	13.60	32.83	6.20	3.65	-1	0	28.30	51.00	0.00	false	false	
511	26	31	25.10	14.80	34.18	7.30	3.45	-1	0	41.82	31.00	0.00	false	false	

Buttons: leere Zeilen hinzufügen, ausgewählte Bäume löschen, Bestand lesen, Bestand speichern, Tabelle leeren, xy2polar, Veränderungen übernehmen

Abbildung 10: Bestandeseditor

Falls Sie Ihre Fläche mit Polarkoordinaten (Azimut und Entfernung zum Mittelpunkt) aufgenommen haben, können Sie diese Daten in xy-Koordinaten umrechnen. Mit dem Knopf **xy2polar** bzw. **polar2xy** können Sie die Koordinaten von xy in polar Koordinaten und zurück rechnen, dabei werden die Polarkoordinaten auf den Mittelpunkt bezogen. Bei der Umwandlung werden die xy-Koordinaten so verschoben, dass alle Werte für x und y positiv sind. Dafür ermittelt das Programm den kleinsten x und y Wert. Die Koordinate des Mittelpunktes auf den sich die Polarkoordinaten beziehen, wird mit dem Namen **polygon** gespeichert. Die Koordinaten dieses Punktes sollten Sie nicht ändern.

Mit dem ForestSimulator können Sie auch Probekreise, die im Rahmen einer Betriebsinventur aufgenommen wurden analysieren. Dazu wählen Sie im Hauptmenü **Bestand -> neu** und legen eine kreisförmige Probefläche der gewünschten Größe an. Rufen Sie danach den TreeGrOSS Editor auf, indem Sie **bearbeiten -> stand data** wählen. Sie sehen jetzt den Dialog (Abb. 10), in dem allerdings nur die Eckpunkte für einen Kreis enthalten sind. Schalten Sie nun auf Polarkoordinaten mit dem Knopf **xy2polar** um. In der Tabelle Eckpunkte sehen Sie nun mit dem Namen **Circle** den Probekreismittelpunkt und die Eckpunkte mit den Polar Koordinaten. Fügen Sie jetzt Bäume in die Maske ein. Dazu drücken Sie den Knopf **leere Zeilen hinzufügen**. Wenn Sie mit der Eingabe fertig sind, verwandeln Sie unbedingt die Koordinaten wieder in xy-Werte (Knopf **polar2xy**), drücken den Knopf **Veränderungen übernehmen** und schließen danach den Dialog.

Hinweis: Nach der Veränderung der Daten, wird manchmal die 3D-grafik nicht mehr angezeigt. In diesem Fall müssen Sie nur leicht das Grafikenster verschieben, damit die Grafik erneut gezeichnet wird.

Einzelbestand extern bearbeiten

Für den Datenimport und -export müssen die Bestandesdaten im TreeGrOSS Datenaustauschformat oder als treegross.xml Datei gespeichert sein. Bei XML (Extensible Markup Language) handelt es sich um ein besonderes Datenformat, mit dem sich die Informationen in Dateien exakt beschreiben lassen. Jede Information einer XML- Datei verfügt über einen sogenannten Tag. Diese Tags werden wie bei HTML durch die größer und kleiner Zeichen **<tag>** gekennzeichnet. Die Namen für die

Tags können bis auf wenige Ausnahmen frei vergeben werden. Innerhalb einer XML- Datei lassen sich die Daten baumartig strukturieren. XML- Dateien lassen sich mit „Style Sheets“ in verschiedenster Weise darstellen und drucken. Für die Darstellung der treegross.xml Dateien kann die Datei treegross.xsl verwendet werden.

Die treegross.xml Datei besteht aus folgenden Tags:

Bestand	Rootelement
ID	Bestandes ID oder Kennziffer (<i>Zeichen</i>)
Kennung	beliebiger weiterer Name (<i>Zeichen</i>)
Allgemeines	beliebiger Text (<i>Zeichen</i>)
Flaechengroesse_m2	Flächengröße in m ² (<i>Dezimal</i>)
HauptbaumArtCodeStd	StandardCode der Hauptbaumart (<i>Integer</i>)
HauptbaumArtCodeLokal	lokaler Code der Hauptbaumart (<i>Integer</i>)
AufnahmeJahr	Jahr der Aufnahme (<i>Integer</i>)
AufnahmeMonat	Monat der Aufnahme (<i>Integer</i>)
DatenHerkunft	Herkunft der Daten (<i>Zeichen</i>)
Standort	Standort verbal (<i>Zeichen</i>)
Hochwert_m	Gauss-Krüger Hochwert der Fläche (<i>Dezimal</i>)
Rechtswert_m	Gauss-Krüger Rechtswert der Fläche (<i>Dezimal</i>)
Hoehe_uNN_m	Höhe über normal Null in m (<i>Dezimal</i>)
Exposition_Gon	Exposition der Fläche in Gon (<i>Integer</i>)
Hangneigung_Prozent	Hangneigung in % (<i>Integer</i>)
Wuchsgebiet	Name des Wuchsgebiets (<i>Zeichen</i>)
Wuchsbezirk	Name des Wuchsbezirks (<i>Zeichen</i>)
Standortskennziffer	Ziffer der Standortes (<i>Zeichen</i>)
Baumartencode	
Code	Codenummer (<i>Integer</i>)
deutscherName	Deutscher Baumartenname (<i>Zeichen</i>)
lateinischerName	Lateinischer Baumartenname (<i>Zeichen</i>)
Eckpunkt	
Nr	Nummer des Eckpunktes (<i>Zeichen</i>)
RelativeXKoordinate_m	relative x Koordinate des Eckpunktes [m] (<i>Dezimal</i>)
RelativeYKoordinate_m	relative y Koordinate des Eckpunktes [m] (<i>Dezimal</i>)
RelativeBodenhoehe_m	relative Bodenhöhe des Eckpunktes [m] (<i>Dezimal</i>)
Baum	
Nr	Nummer des Baumes (<i>Zeichen</i>)
Kennung	Messhöhe des Durchmessers (<i>Integer</i>)
BaumartcodeStd	Baumartencode nach Standard (<i>Integer</i>)
BaumartcodeLokal	lokaler Baumartencode (<i>Integer</i>)
Alter_Jahr	Alter in Jahren (<i>Integer</i>)
BHD_mR_cm	BHD mit Rinde in cm (<i>Dezimal</i>)
Hoehe_m	Höhe in m (<i>Dezimal</i>)
Kronenansatz_m	Kronenansatz in m (<i>Dezimal</i>)
MittlererKronenDurchmesser_m	Mittlerer Kronendurchmesser (<i>Dezimal</i>)
SiteIndex_m	Oberhöhe im Alter 100 in m (<i>Dezimal</i>)
RelativeXKoordinate_m	relative x Koordinate des Baumes [m] (<i>Dezimal</i>)
RelativeYKoordinate_m	relative y Koordinate des Baumes [m] (<i>Dezimal</i>)
RelativeBodenhoehe_m	relative Bodenhöhe des Baumes [m] (<i>Dezimal</i>)
Lebend	Baum lebt (<i>true/false</i>)
Entnommen	Baum ist entnommen (<i>true/false</i>)
AusscheideMonat	Monat des Ausscheidens (<i>Integer</i>)
AusscheideJahr	Jahr des Ausscheidens , lebend = -1 (<i>Integer</i>)
AusscheideGrund	Grund des Ausscheidens (<i>Integer</i>)
ZBaum	Baum ist Z-Baum (<i>true/false</i>)
Zbaumtemporaer	Baum ist temporärer Z-Baum (<i>true/false</i>)
HabitatBaum	Baum ist Habitatbaum
KraftscheKlasse	Kraft'sche Klasse (<i>Integer</i>)
Schicht	Baumschicht (<i>Integer</i>)
Flächenfaktor	Flächenfaktor des Baumes normal 1.0 (<i>Dezimal</i>)

Volumen_cbm	Volumen mit Rinde in m ³ (<i>Dezimal</i>)
VolumenTotholz_cbm	Volumen, wenn Totholz m ³ (<i>Dezimal</i>)
Bemerkung	Bemerkungen zum Baum (<i>Zeichen</i>)

Zusätzliche Bäume hinzufügen

Zusätzliche Bäume werden mit dem Fenster **Bäume erzeugen** in den Bestand eingefügt. Dieser Dialog ist unter neue Bestände erzeugen erklärt.

Spezielle Funktionen

In diesem Kapitel erhalten Sie einige Informationen zur Übernahme von Simulationsergebnissen in andere Programme und eine Liste mit häufig gestellten Fragen.

Übernahme von Ergebnissen in andere Programme

Der ForestSimulator bietet viele Möglichkeiten, die Ergebnisse in andere Programme zu übernehmen.

Verarbeiten der XML und HTML- Ausgaben

Die Ausgabetafeln werden als XML oder HTML-Dateien ausgegeben und gespeichert. Die XML-Dateien können mit den vordefinierten „Style Sheets“ als HTML im Browser angezeigt und lassen sich dann als HTML abspeichern. Sie können die XML-Dateien im Windows Explorer einfach mit einem Doppelklick öffnen. Falls dies nicht automatisch erfolgt, öffnen Sie die Dateien mit dem Browser. HTML-Dateien lassen sich sehr gut mit einem normalen Browser, wie z.B. Firefox, Opera oder dem Internet Explorer darstellen und über die Druckfunktionen dieser Programme ausdrucken. Darüber hinaus unterstützen viele andere Programme wie z.B. Open Office, MS Word und MS Excel HTML-Dateien. Das bedeutet, dass Sie die HTML Dateien direkt in diese Programme einlesen und dann entsprechend Ihren Bedürfnissen weiterverarbeiten können. Die Ansicht der XML- Dateien können Sie leicht durch eine Veränderung der Style Sheet Dateien (*.xsl), welche in der Extensible Stylesheet Language geschrieben sind, flexibel an Ihre Bedürfnisse anpassen.

Übernahme der Grafiken

Die Grafiken z. B. der Bestandskarte und der Bestandesdarstellung werden als JPG-Dateien gespeichert. Sie können diese Bilddateien mit den meisten Browsern ansehen, sie aber auch mit dem Programm Paint (Programme→Zubehör) oder einem anderen Bildverarbeitungsprogramm weiterverarbeiten. Für die einfache Bildbetrachtung und -bearbeitung empfiehlt sich ein Programm wie das kostenlose IrfanView¹. Darüber hinaus können Sie natürlich auch Screenshots erstellen, bearbeiten (Taste **Druck**, **Paint aufmachen** und die **Zwischenablage einfügen**) und dann in Ihren Text einfügen.

Programm anpassen

Über das Hauptmenü des ForestSimulators können Sie die beiden wichtigen Einstellungsdateien **ForestSimulator.ini** und die **XML-Einstellungsdatei** mit den Baumarteneinstellungen (Standard: **ForestSimulatorSettings.xml**) bearbeiten. Beide Dateien können Sie natürlich auch mit einem Texteditor bearbeiten. Die Einstellungsmöglichkeiten der Datei ForestSimulator.ini wurden bereits

¹ <http://www.irfanview.com/>

bei der Installation erklärt. An dieser Stelle wird daher nur auf die Datei mit den Baumarteneinstellungen eingegangen. In dieser Datei ist festgelegt, wie die Datensätze verschiedenen Baumarten zugeordnet und anschließend verrechnet werden. Am einfachsten bearbeiten Sie die XML-Datei mit den Baumarteneinstellungen mit dem TreeGroSS Baumarten Manager, dessen Dialog Sie über den Hauptmenüpunkt **Einstellungen -> Baumarteneinstellungen** aktivieren können. Der Dialog ist in der Abbildung 11 für die Buche in der Modellregion Nordwestdeutschland dargestellt.

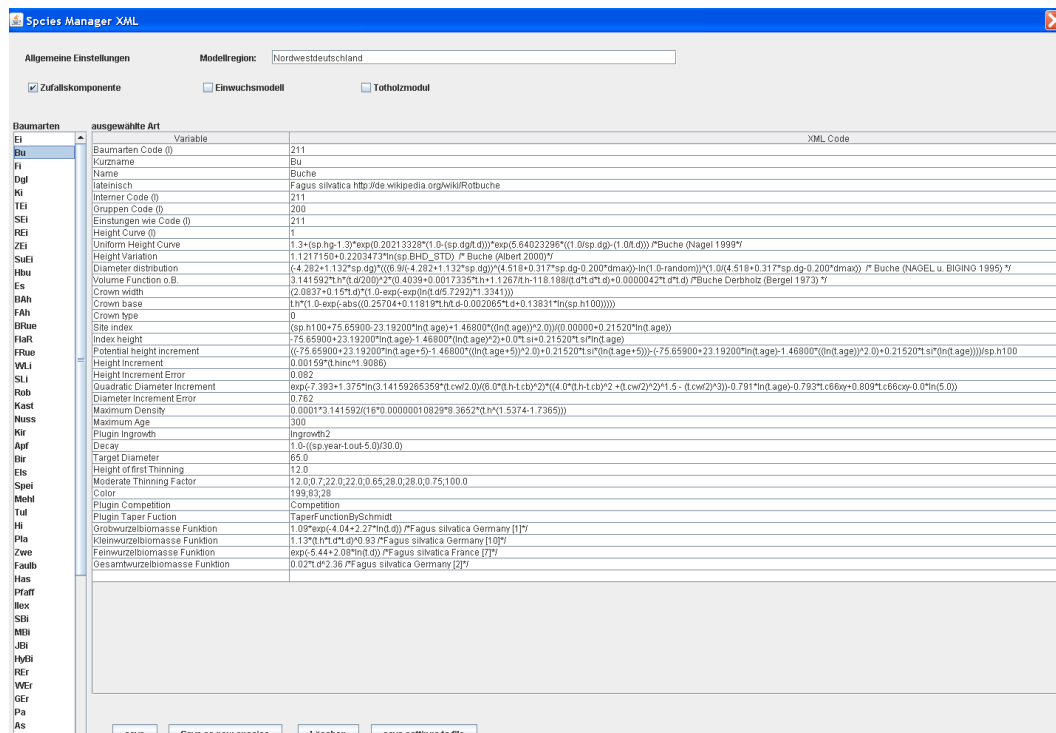


Abbildung 11: Dialog des Baumarten Managers

In dem Dialog finden Sie links die verwendeten Baumarten mit ihrer Kurzbezeichnung. Standardmäßig wird der niedersächsische Baumartenschlüssel und das Modell für Nordwestdeutschland mitgeliefert. Wenn Sie links eine Baumart anklicken, so werden rechts alle wichtigen Modelleinstellungen angezeigt. In die weißen Textfelder können Sie Ihre Einstellungswerte eintragen. Nachdem Sie Ihre Einstellungen für die Baumart vorgenommen haben, müssen Sie auf den Knopf **save** drücken, und zu Schluss, damit die neuen Einstellungen in die XML-Datei mit den Baumarteneinstellungen übernommen werden, den Knopf „**save settings to file**“ anklicken. Sie können neue Baumarten- bzw. Codenummern anlegen und Bestehende löschen.

In der Tabelle 4 sind die Einstellungen für die Baumart Buche (*Fagus sylvatica*) beispielhaft aufgeführt.

Tabelle 4: XML-Datei mit den Baumarteneinstellungen

Element <SpeciesDefinition>	Typ	Pack -age	Einstellung für Buche Nordwestdeutschland
Baumarten Code	I	B	211
Kurzname	A	B	Bu
Name	A	B	Buche
lateinisch	A	B	Fagus sylvatica http://de.wikipedia.org/wiki/Rotbuche
Interner Code	I		211

Gruppen Code	I		200
Einstellungen wie Code	I	B	211
Height Curve	I	B	1
Uniform Height Curve	AF	B	$1.3+(sp.hg-1.3)*exp(0.20213328*(1.0-(sp.dg/t.d)))*exp(5.64023296*((1.0/sp.dg)-(1.0/t.d)))$
Height Variation	AF	S	$1.1217150+0.2203473*ln(sp.BHD_STD)$
Diameter Distribution	AF	b	$(-4.282+1.132*sp.dg)*(((6.9/(-4.282+1.132*sp.dg))^(4.518+0.317*sp.dg-0.200*dmax))-ln(1.0-random))^(1.0/(4.518+0.317*sp.dg-0.200*dmax))$
Volume Function o.B.	AF	B	$3.141592*t.h*(t.d/200)^2*(0.4039+0.0017335*t.h+1.1267/t.h-118.188/(t.d*t.d*t.d)+0.0000042*t.d*t.d)$
Stem Volume Function	af	s	
Crown width	AF	B	$(2.0837+0.15*t.d)*(1.0-exp(-exp(ln(t.d/5.7292)*1.3341)))$
Crown base	AF	B	$t.h*(1.0-exp(-abs((0.25704+0.11819*t.h/t.d-0.002065*t.d+0.13831*ln(sp.h100))))))$
Crown type	I	S	0
Site index	AF	B	$(sp.h100+75.65900-23.19200*ln(t.age)+1.46800*((ln(t.age))^2.0))/(0.00000+0.21520*ln(t.age))$
Site index height	AF	B	$-75.65900+23.19200*ln(25.0)-1.46800*(ln(25.0)^2)+0.0*t.si+0.21520*t.si*ln(25.0)$
Potential height increment	AF	B	$((-75.65900+23.19200*ln(t.age+5)-1.46800*((ln(t.age+5))^2.0)+0.21520*t.si*(ln(t.age+5)))-(-75.65900+23.19200*ln(t.age)-1.46800*((ln(t.age))^2.0)+0.21520*t.si*(ln(t.age))))$
Height increment	AF	B	$0.00159*(t.hinc^1.9086)$
Height increment error	D	B	0.082
Quadratic diameter increment	AF	B	$exp(-7.393+1.375*ln(3.14159265359*(t.cw/2.0)/(6.0*(t.h-t.cb)^2*((4.0*(t.h-t.cb)^2+(t.cw/2)^2)^1.5-(t.cw/2)^3))-0.791*ln(t.age)-0.793*t.c66xy+0.809*t.c66cxy-0.0*ln(5.0))$
DiameterIncrementError	D	B	0.762
Maximum density	AF	B	$0.0001*3.141592/(16*0.00000010829*8.3652*(t.h^(1.5374-1.7365)))$
Maximum age	I	B	300
Plugin Ingrowth	a	b	Ingrowth2
Decay	af	b	$1.0-((sp.year-t.out-5.0)/30.0)$
Target diameter	D	T	65.0
Height of first thinning	D	T	12.0
Moderate Thinning Factor	A(D)	T	12.0;0.7;22.0;22.0;0.65;28.0;28.0;0.75;100.0
Color	A(I)	S	199;83;28
Plugin Competition	A	B	Competition
Plugin TaperFunction	a	b	TaperFunctionBySchmidt
Grobwurzelbiomasse Funktion	af	s	0
Kleinwurzelbiomasse Funktion	af	s	0
Feinwurzelbiomasse Funktion	af	s	0
Gesamtwurzelbiomasse Funktion	af	s	0

Typ: I = integer; D = double, A = alphanumerisch, AF = alphanumerische Function

TreeGrOSS Package: B = treegross.base, T = treegross.treatment, S = treegross.standsimulation;

Grosser Buchstabe = Pflichtfeld, kleiner Buchstabe = soweit vorhanden

Die in der Tabelle 4 mit „AF“ bzw. „af“ gekennzeichneten Felder enthalten Funktionen. Die Funktionen werden im Programm mit einem Funktionsinterpreter ausgewertet. Damit dieses korrekt erfolgt, müssen einige Vereinbarungen eingehalten werden, dass heißt die Variablen und die Rechenzeichen müssen dem Interpreter in einer eindeutigen Schreibweise übergeben werden. In der Tabelle 5 sind die wichtigsten Funktionen und Variablen aufgelistet.

Tabelle 5: Variablen und Funktionen des Funktionsinterpreters

Ausdruck	Variable	Ausdruck	Variable
t.d	Tree diameter [cm]	sp.dg	Mean Quadratdiameter (dg) of species [cm]
t.h	Tree height [m]	sp.hg	Height of dg of species [m]
t.age	Tree age [years]	sp.h100	Top height of species [m]
t.c66xy	Tree competition	sp.year	Year of simulation
t.c66cyx	Tree competition change	sp.BHD_STD	Standarddeviation of diameter of species [cm]
t.out	Tree removal year	abs()	absolute
t.si	Tree site index	exp()	exponent
t.ihpot	Tree potential height increment [m]	ln()	Natural log.
t.hinc	Tree height increment [m]	random	Random number 0 -1

Falls für eine Baumart keine Angaben vorliegen und die Baumart wie eine andere behandelt werden soll, müssen nur die ersten 6 Zeilen der Tabelle ausgefüllt werden. In das Element „**Einstellungen wie Code**“ wird der Code der Baumart eingetragen, der für diese Art gelten soll. Für alle anderen Feld gilt, dass, wenn nichts getragen ist, der Eintrag der Baumart die unter „**Einstellungen wie Code**“ angegeben ist, verwendet wird. Falls ein Eintrag vorhanden ist, wird er nicht überschrieben.

Vorsicht: Veränderungen an der Datei können einen erheblichen Einfluss auf die Simulation haben!

BWINPro 6.2 Textdatei nach XML konvertieren

Unter Hilfe finden Sie den Menüpunkt **BWIN62->XML**. Dieser Menüpunkt bietet die Möglichkeit eine Bestandesdatei aus dem Programm BWINPro 6.2 in eine XML-Datei zu konvertieren. Rufen Sie den Menüpunkt auf, wählen Sie die Textdatei mit dem BWINPro 6.2 Format aus und geben Sie einen neuen Dateinamen mit der Endung **.xml** ein. Sie sollten nun die neue XML-Datei in das Programm laden können. Eine Beispieldatei im BWINPro 6.2 Format mit dem Namen **Bwin62.txt** finden Sie im Datenverzeichnis.

Wichtig ist, dass alle in der alten BWINPro 6.2 Textdatei vorkommenden Arten auch in der Datei ForestSimulatorSettings.xml definiert sind.

Simulationssoftware TreeGrOSS

Einleitung

Auf der Basis der vorhandenen Versuchsflächendaten, welche ganz Nordwestdeutschland abdecken, wurde ein positionsunabhängiges Einzelbaumwachstumsmodell parametrisiert und für dessen praktische Anwendung das Computerprogramm BWIN unter der Entwicklungsumgebung Delphi in der Programmiersprache Pascal entwickelt. Das Programm wurde von Anfang an über das Internet bereitgestellt und von vielen Benutzern abgerufen. Seit der ersten Version 1995 wurde BWIN ständig erweitert und hatte 1998 einen Umfang erreicht, der es notwendig machte, das Programm in zwei Programme für die waldbauliche Simulation (BWINPRO) und für forstliche Inventuren (KSP) aufzuspalten.

Im Jahr 2002 wurde schließlich die gesamte Software des Simulators überarbeitet und auf der Basis des Projekts TreeGrOSS (Tree Growth Open Source Software) neu in der Programmiersprache Java (Sun 2 Plattform, Standard Edition 1.5.0) unter der Entwicklungsoberfläche NetBeans 6.5

programmiert (NAGEL, 2002). Die Umstellung auf die Programmiersprache Java brachte den Vorteil, dass die Software auf allen Betriebssystemen eingesetzt werden kann, für die es eine Java Virtual Machine in Form der Java Runtime Environment (JRE) der Firma Sun gibt. Darüber hinaus ist die Sprache Java sehr gut für internetbasierte Anwendungen geeignet. Zur Förderung der internationalen Zusammenarbeit wurden im Programmcode Klassen und Variablen mit englischen Namen und Kommentaren versehen. Die dynamische Benutzeroberfläche wurde mehrsprachig konzipiert.

Seit der Umstellung auf Java wurde auch darauf geachtet, dass für das Projekt nur Softwarepakete aus dem Open Source Bereich verwendet werden, die jedermann kostenfrei zugänglich sind. Das betrifft auch die integrierte Entwicklungsumgebung NetBeans, die verwendeten Grafikpakete, die benötigten Softwaretools wie die für einige Applikationen notwendigen Datenbanken und -treiber. Als Lizenzmodell wird die General Public Licence (GPL) eingesetzt. Dieses Open Source Lizenzmodell sichert für die Entwickler das Copyright und 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, der Sourcecode einsehbar und dass die Benutzer das Programm leicht verwenden und an ihre speziellen Bedürfnisse anpassen können. Darüber hinaus erleichtert die GPL die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen.

Die jetzige Version 7.6 ist objektorientiert und besteht aus mehreren Packages, mit denen eine Trennung von Programmoberfläche, Wachstumsmodell und 3D-Grafik für die Visualisierung erreicht wurde. Mit der Simulationsssoftware wurden seitens der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt verschiedene Anwendungen realisiert, wie:

- **ForestSimulator** zur Simulation und Analyse von einzelnen Beständen
- **WaldPlaner** zur Simulation, Analyse und Optimierung im Forstbetrieb
- **ForstbetriebsPlaner** als dynamisches Waldlagerbuch in einer Web-Applikation
- **VIS** das Versuchsflächeninformationssystem zur Standardauswertung von Versuchsflächen
- **SimWald** – Ein Spiel zum Thema Waldfunktionen realisiert als Java-Applet

Darüber hinaus wurde und wird die Simulationsssoftware seitens der NW-FVA in einigen Projekten zu großräumigen Simulation von Waldbeständen auf Landschaftsebene eingesetzt. Die Landesforstbetriebe von Niedersachsen und Hessen haben den Kern von TreeGrOSS zur Auswertung der Betriebsinventuren in ihre Unternehmenssoftware integriert.

Generelle Aufbau

Die Simulationsssoftware TreeGrOSS wurde in erster Linie für das Waldwachstumsmodell BWINPro erstellt. Bei dem Wachstumsmodell handelt es sich um ein statistisches Modell, bei dem jeder einzelne Baum eines Bestandes in seiner Entwicklung beschrieben wird. Dieser sogenannte Einzelbaumansatz ermöglicht es, nahezu je Bestandesstruktur und –zusammensetzung zu simulieren. In BWINPro wird das Baumwachstum stark abstrahiert und ist auf den BHD- und Höhenzuwachs reduziert. Die Funktionen zur Zuwachsschätzung wurden mit Hilfe des Versuchsflächenmaterials baumartenweise parametrisiert. Als Zuwachs beeinflussende Größen werden das Alter, die Kronenmantelfläche, der Kronenkonkurrenzindex und dessen Veränderung bei Durchforstungen verwendet. Über den spezifischen Standraumbedarf der Baumarten, der sich hauptsächlich aus der Kronengröße ergibt, werden die Mischbestandseffekte im Modell realisiert. Die Kronengröße wird im Modell aus der Höhe, dem Kronenansatz und der Kronenbreite für einen unterstellten Paraboliden berechnet, wobei die für die Kronenmantelfläche und den Kronenkonkurrenzindex notwendigen Kroneninformationen über statische Funktionen aus dem

BHD, der Höhe und der Bestandesoberhöhe geschätzt werden. Eine weitere wichtige Funktion des Wachstumsmodells ist die dichtebedingte Mortalität. Ob ein Baum stirbt hängt letztendlich von dem minimalen Standraumbedarf der Art ab. Seit der Version 7.5 wird der minimale Standraumbedarf mit den Funktionen von (Döbbeler 2004) zur maximalen Dichteschätzung in Verbindung mit den Kronenbreitenfunktionen bestimmt wird.

Neben diesen grundlegenden Funktionen benötigt man für einen kompletten Waldwachstumssimulator, der zur Entscheidungsunterstützung in einem Forstbetrieb einsetzbar sein soll, eine Vielzahl weiterer Funktionen zur:

- Generierung von Beständen
 - Durchmesserverteilungen
 - Baumhöhen
 - Stammfusskoordinaten
- Bestandesbehandlung
 - Durchforstungen
 - Nutzung
 - Habitat- und Z- Baumauswahl,
 - Pflanzung
- Einwuchs oder Verjüngung
- Visualisierung
- Analyse
 - Sortimentsaushaltung
 - Biomasse und Nährstoffe
 - Totholzentwicklung

Die Version 7.5 ist in aufeinander aufbauende Java Pakete untergliedert (Abb. 12). Das Paket `treegross.base` beinhaltet das eigentliche Waldwachstumsmodell und kann in Verbindung mit der JRE (Java Runtime Engine 1.6.0 und höher) eingesetzt werden. Für eine einfache Wachstumssimulation ist bereits dieses Paket allein ausreichend. Die Pakete `treegross.harvesting` und `treegross.treatment` erweitern das `treegross.base` Paket um Funktionen zur Simulation der Waldbehandlung und der Holzernte. Das Paket `treegross.Stand3D` dient der dreidimensionalen Visualisierung von Bestandesobjekten (Stand). In dem Paket `treegross.standsimulation` ist die komplette Benutzeroberfläche für den ForestSimulatorBWINPro enthalten.

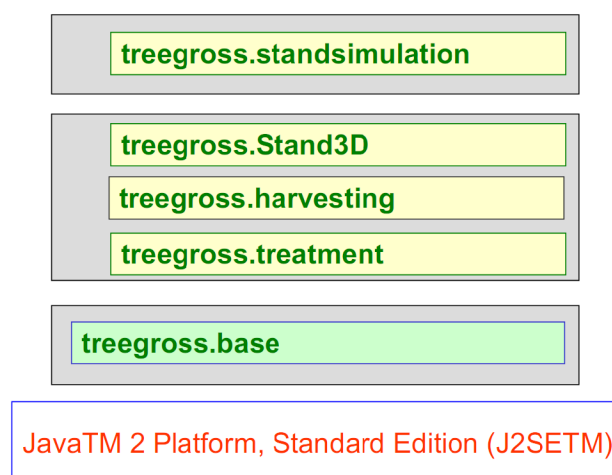


Abbildung 12: TreeGrOSS Java- Packages

Die Trennung zwischen Waldwachstumsmodell und Simulator wurde so weit wie möglich umgesetzt. Nahezu alle baumartenspezifischen Funktionen, Parameter und Einstellungen, werden in einer XML-Einstellungsdatei gespeichert. Dadurch kann der Simulator mit Hilfe eines einfachen Texteditors verändert und auch für eine andere Modellregionen eingestellt werden. Alle Baumarten, die simuliert werden sollen, müssen in der XML-Einstellungsdatei definiert sein. Es kann ein eigener Baumartenschlüssel werden. Die XML-Einstellungsdatei kann darüber hinaus im ForestSimulatorBWINPro über ein Dialogfenster bearbeitet werden. So können auch Benutzer ohne Programmiererfahrung den Simulator an ihre Bedürfnisse anpassen, um Baumarten erweitern, Funktionen austauschen und kritische Einstellungen verändern. Eine weitere Möglichkeit den Simulator zu ändern besteht darin, dass wichtige Algorithmen wie für die Berechnung der Konkurrenz, der Mortalität und des Einwuchses, die sich nicht in eine einzige Funktion fassen lassen, über Adapterklassen austauschbar sind.

Damit der Simulator einwandfrei funktioniert, muß das `treegross.base` Paket auf eine korrekt erstellte XML-Datei mit den Baumarteneinstellungen zugreifen können. Die Variablen und Funktionen werden dem Programm aus der XML-Einstellungsdatei als Text übergeben und mit Hilfe des Java Paketes JEP² (Java Equation Parser) ausgewertet.

Bestandesobjekt

Die Java Klasse `Stand` aus dem `treegross.base` Paket ist das elementare Objekt für die waldwachstumskundliche Simulation eines Bestandes oder einer Probestfläche. Dieses Objekt enthält die komplette Beschreibung der Bestandesfläche und der auf ihr stehenden Bäume mit ihren baumartenspezifischen Eigenschaften sowie vielen ertragskundlichen Bestandeswerten. Eine Instanz dieses Objektes muss daher als erstes angelegt werden. Als zweites muss eine Verbindung zu der XML-Einstellungsdatei hergestellt werden. Dieses geschieht mit Hilfe der Klasse `StandDefMap`, der die URL (Unified Resource Locator) oder das Verzeichnis der XML-Einstellungsdatei mit den Methoden `readFromUrl()` und `readFromPath()` übergeben wird. Die eigentliche Verbindung erfolgt dann mit der Methode `setSDM()` der Klasse `Stand`. Der Sinn und Zweck der Klasse `StandDefMap` besteht darin, dass XML-Einstellungsdatei nur einmal gelesen und danach im Speicher vorgehalten wird. Dies bringt insbesondere bei der Simulation von Inventuren mit vielen Probekreisen Performance Vorteile.

Die Bestandesfläche wird in der Software über Eckpunkte definiert. Die Anzahl der möglichen Eckpunkte ist auf 200 Punkte begrenzt. Die Eckpunkte müssen in Form eines Polygonzuges eingegeben werden. Für die Eingabe verfügt die Klasse `Stand` über die Methode `addCornerpoint()`. Die Eckpunkte der Java Klasse `Corners` sind in der Klasse `Stand` in der Feldvariable (Array) `cpnt[]` (Cornerpoint) gespeichert. Kreisförmige Probestflächen werden ebenfalls durch einen Polygonzug dargestellt. Die Bestandesausengrenzen sind für die grafischen Darstellungen und einige Berechnungen notwendig. Ausserdem akzeptiert das Programm nur solche die Bäume innerhalb der Grenzen stehen. Die Flächengröße ist allerdings unabhängig von den Grenzpunkten und muss getrennt in der Variable `size` der Klasse `stand` angegeben werden. Mit ihrem Wert werden die Hektarangaben berechnet.

Die Bäume des virtuellen Bestandes sind durch die Java Klasse `Tree` definiert und werden in die Feldvariable `tr[]` (trees) der Klasse `Stand` mit einer der verschiedenen `addTree()` Methoden

2 <http://sourceforge.net/projects/jep/>

hinzugefügt. Für jeden neu eingefügten Baum überprüft die Software, ob die Baumart bereits in der Feldvariable `sp[]` (species) eingetragen ist und setzt einen Zeiger auf die Art. Falls es nicht der Fall ist, prüft die Software, ob die Art in der `SpeciesDefinitionMap` vor kommt und legt dann ein neues Baumartenobjekt der Klasse `Species` in der Feldvariable `sp[]` an. Sollte die Baumart nicht definiert sein, erfolgt eine Fehlermeldung. Ausscheidende Bäume verbleiben für spätere Berechnungen in der Feldvariable `tr[]`. Objekte der Klasse `Tree` werden auch dazu verwendet, Verjüngungsschichten anzulegen. Für die Simulation müssen von jedem Baum die Eigenschaften: Art, Alter, BHD, Höhe, Kronenansatz, Kronenbreite bekannt sein. Darüber hinaus werden seit der Version 7.0 die Lagekoordinaten `x`, `y` und `z` für die Berechnung der maximalen Dichte, den Konkurrenzindex für eine definierte Einflusszone, die Bestandesbehandlung und die grafischen Darstellungsmöglichkeiten benötigt.

Der Simulator lässt sich theoretisch nur einsetzen, wenn ein kompletter Datensatz für einen Bestand zur Verfügung steht. Im praktischen Forstbetrieb, der Forsteinrichtung und auch bei Inventuren ist es aus Zeit- und Kostengründen meist nicht möglich, eine derart aufwendige Datenerhebung durchzuführen. Aus diesem Grund ist die Simulationssoftware mit einigen Datenergänzungsroutrinen und einer Routine zur Erzeugung von Durchmesserverteilungen ausgestattet. Mit dem Aufruf der Methode `missingData()` der Klasse `Stand` werden fehlende Informationen zu den Einzelbäumen ergänzt. Eine ausführliche Beschreibung zur Durchmesserverteilungsgenerierung und zur Datenergänzung findet sich in einem späteren Abschnitt.

Für die Bestandesanalyse und einige Berechnungen werden bestandes- und baumartenspezifische ertragskundliche Bestandeswerte benötigt. Diese müssen nach der Dateneingabe und nach jeder Veränderung im Bestand (zum Beispiel Durchforstung, etc.) neu kalkuliert werden. Für diese Operation ist die Klasse `Stand` mit der Methode `descspecies()` ausgestattet.

Das Waldwachstumsmodell BWINPro wurde für 5-jährige Zeitschritte parametrisiert. Dies hängt im Wesentlichen damit zusammen, dass die meisten Versuchsflächen in einem 5-jährigen Turnus aufgenommen wurden. Theoretisch lassen sich aber mit der Software auch kleinere Zeitintervalle simulieren. Ein Zeitschritt wird mit der Methode `grow()` der Klasse `Stand` ausgelöst und es werden von der Software die folgende Schritte durchlaufen:

1. Überprüfung der altersbedingten Mortalität
2. Überprüfung der konkurrenzbedingten Mortalität
3. Schätzung von Höhen- und Grundflächenzuwachs
4. Erhöhung des Alters um 5 Jahre
5. Bestimmung des BHD und der Höhe nach 5 Jahren
6. Anpassung von Kronenansatz und -breite an die neuen Dimensionen
7. Update der ertragskundlichen Werte durch die Methode `descspecies()`

Datenergänzung

Der Simulator lässt sich nur verwenden, wenn ein kompletter Datensatz für einen Bestandes zur Verfügung steht. Auf der Bestandesebene sind die notwendigen Angaben:

- Flächengröße
- Jahr der Aufnahme
- Anzahl, Namen und Koordinaten der Eckpunkte (entgegen des Urzeigersinns)

Für jeden Einzelbaum müssen folgende Angaben vorliegen:

- Baumart
- Alter
- BHD
- Höhe
- Kronenansatz
- Kronenbreite
- Koordinaten

Es gibt viele Situationen, in denen man den Simulator nutzen möchte, auch wenn kein vollständiger Datensatz vorliegt. Für diese Fälle enthält die Software zahlreiche Java Klassen zur Datenergänzung.

Erzeugung von Durchmesserverteilungen

Im Rahmen der Forsteinrichtung werden meist nur wenigen Bestandesdaten erhoben. Mit einer Durchmesserverteilungsfunktion kann man zum Beispiel mit Ansatz von NAGEL und BIGING (1995) eine Durchmesserverteilung generieren. Bei diesem Ansatz werden aus den Angaben des maximalen Durchmessers (D_{max}), der Höhe und dem Durchmesser des Kreisflächenmittelstammes (D_g) die Parameter einer Weibullverteilung geschätzt. Mit Hilfe von Zufallszahlen werden über die Weibullfunktionfunktion so lange Durchmesser erzeugt, bis die gewünschte Grundfläche erreicht ist.

$$BHD = b \cdot \left[\left(\frac{T}{b} \right)^c - \log_e (1 - F_T(x)) \right]^{\frac{1}{c}}$$

In der **XML-Einstellungsdatei** kann die Funktion zur Berechnung der Durchmesserverteilung mit den baumartenspezifischen Koeffizienten in dem Element “**Diameter Distribution**” übergeben werden. Die Java Klasse `treegross.base.GenDistribution` interpretiert die Funktion mit der Klasse `FunctionInterpreter` und fügt die übergebenen Werte für den D_g und den D_{max} in die Funktion ein. Die Funktion wird mit einer zuvor gewählten Zufallszahl so lange aufgerufen, bis die gewünschte Bestandesgrundfläche erreicht ist.

Ergänzung fehlender Höhenwerte

Der Datensatz wird von der Java Methode `missingData()` der Klasse `Stand` auf fehlende Höhenwerte überprüft. Es muss wenigstens eine Höhe für einen Baum im Bestand angegeben sein.

Sind mehr als fünf Höhen für eine Baumart vorhanden, so wird mit den gemessenen Höhen für die Baumart eine Bestandeshöhenkurve berechnet (SCHMIDT 1968). Die Berechnung erfolgt mit der Java Klasse `HeightCurve` aus dem `treegross.base` Paket. Welcher Höhenkurventyp dabei bevorzugt wird, ist für die betreffende Baumart in der Datei **XML-Einstellungsdatei** in dem Element “**Height Curve**” festgelegt. In der Java Klasse `HeightCurve` sind die folgenden Funktionen integriert.

- (1) Parabel $h = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$
- (2) Prodan $h - 1.3 = \frac{d^2}{a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2}$
- (3) Petterson $h = 1,3 + \left(\frac{d}{a_0 + a_1 \cdot d}\right)^{3,0}$
- (4) Korsun $h = e^{\left[a_0 + a_1 \cdot \ln(d) + a_2 \cdot \ln^2(d^2)\right]}$
- (5) logarithmisch $h = a_0 + a_1 \cdot \ln(d)$

Sind weniger als fünf Baumhöhen für eine Baumart vorhanden, so wird eine Einheitshöhenkurve verwendet. Die Einheitshöhenkurve wird in der Datei **XML-Einstellungsdatei** in dem Element **“Uniform Height Curve”** eingegeben und vom `FunctionInterpreter` ausgewertet. In dem Modell für Nordwestdeutschland wird die Einheitshöhenkurve nach Sloboda mit baumartenspezifischen Koeffizienten verwendet.

$$h_i = 1,3 + (Hg - 1,3) \cdot e^{- (a_0 \cdot Dg + a_1) \cdot \left(\frac{1}{d_i} - \frac{1}{Dg}\right)}$$

Ist für eine Baumart keine Höhe oder Höhenkurve bekannt, so verwendet der Datenergänzungsalgorithmus die Höhenkurve, welche nach dem Baumartencode nächstgelegene Art ist.

Höhenvariation

Die Funktionen für die Einheitshöhenkurve und die Höhenkurven liefern für die Bäume einer Baumart mit gleichem Durchmesser dieselbe Höhe. Damit in der Simulation die Höhen bei gleichem Durchmesser variieren, lässt sich in der Datei **XML-Einstellungsdatei** in dem Element **“Height Variation”** eine Funktion eingegeben, deren Ergebnis als Höhenvariationswert auf den Kurvenwert addiert wird. In dem Modell für Nordwestdeutschland wird zum Beispiel der Höhenvariationswert nach Albert (2000) hergeleitet, der je nach Baumart die Standardabweichung als lineare Regression des Kreisflächenmittelstamms oder der Durchmesserstandardabweichung schätzt. Die Funktion wird in der Java Klasse `TgDesign` des Paketes `treegross.standsimulation` für die Generierung von Beständen aufgerufen.

Kronenansatz

Fehlende Kronenansatzwerte werden baumartenweise über die Funktion geschätzt, welche im Element **„Crown base”** der Datei **XML-Einstellungsdatei** abgelegt ist. Der Funktionstext wird mit der Java Klasse `FunctionInterpreter` ausgewertet (s. Kapitel Kronenveränderung).

Kronenbreite

Fehlende Kronenbreitenwerte werden baumartenweise über die Funktion geschätzt, welche im

Element „**Crown width**” der Datei **XML-Einstellungsdatei** abgelegt ist. Der Funktionstext wird mit der Java Klasse `FunctionInterpreter` ausgewertet (s. Kapitel Kronenveränderung).

Koordinaten

Fehlende Koordinaten können mit der Java Klasse `GenerateXY` generiert werden. Es werden jeweils nur Koordinaten für jene Bäume erzeugt, die über keine Koordinatenwerte verfügen bzw. deren Koordinatenwerte negativ sind. Die Methode `zufall()` bestimmt die Koordinaten mit einem einfachen und schnellen Algorithmus. Mit diesem wird eine relativ gleichmäßige Besetzung der Bestandesfläche mit Baumkronen angestrebt. Koordinaten werden für die Bäume, die nach ihrer Stärke absteigend sortiert sind, bestimmt. Dabei werden Koordinaten mit Hilfe von zwei Zufallszahlen bestimmt. Einem Baum wird eine zufällige Koordinate zugewiesen, wenn sich seine Krone nicht mit der von anderen Bäumen überschneidet. Im anderen Fall wird eine neue Koordinate gezogen. Wenn nach 25 Versuchen noch keine Koordinate gefunden werden konnte, wird eine gewisse Überschneidung toleriert und der Toleranzwert mit jedem neuen Versuch erhöht, bis dem Baum eine Koordinate zugewiesen ist. Mit der Methode `setgroupRadius()` lassen sich neben einzelstammweisen Baumverteilungen auch gruppen-, horst- und truppweise Strukturen erzeugen. Es empfiehlt grundsätzlich zunächst die Koordinaten für die größeren und zu gruppierenden Bäume zu erzeugen.

Mit der Methode `raster()` lassen sich Bäume in Quadrat- und Reihenverbänden anordnen. Dazu müssen der Startpunkt sowie die Abstände in und zwischen den Reihen übergeben werden.

Mortalität

In der TreeGrOSS Software wird eine dichte- und die altersbedingte Mortalität berücksichtigt.

Die dichtebedingte Mortalität wird über die maximale Dichte ermittelt. Dazu muss im Element „**Maximum Density**” der **XML-Einstellungsdatei** eine Funktion angegeben werden, mit der die maximale Dichte (Grundfläche) in m²/ha berechnet werden kann. Für die Hauptbaumarten Deutschlands hat DOEBBELER (2004) Funktionen für verschiedene Regionen vorgestellt. Bei diesen wird die maximale Dichte mit der erweiterten Competition-Density-Rule (C-D-Regel) nach STERBA (1981) geschätzt, wobei sich die Stammzahlen bei der maximalen Grundfläche aus der hyperbelartigen Beziehung zwischen dem Mitteldurchmesser und der Stammzahl von Beständen bei gleicher Oberhöhe ableiten lassen. Dazu wird aus den Versuchsflächendaten von undurchforsteten und schwach durchforsteten Parzellen die Funktion

$$dg = \frac{1}{a_0 \cdot h100^{a_1} \cdot Nha + b_0 \cdot h100^{b_1}}$$

mit Verfahren für nicht lineare Regression angepasst. Bei konstanter Oberhöhe errechnet sich aus der Formel die Bestandesgrundfläche wie folgt:

$$G = dg^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot Nha = \frac{1}{(A' \cdot N + B')^2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot N = \frac{N \cdot \pi}{4 \cdot (A' \cdot N + B')^2}$$

$$\text{wobei } A' = a_0 \cdot h100^{a_1} \text{ und } B' = b_0 \cdot h100^{b_1}$$

Durch Nullsetzen der ersten Ableitung erhält man für die Stammzahl, bei maximaler Grundfläche:

$$Nha_{Gmax} = \frac{B'}{A'}$$

und durch Einsetzen der Stammzahl

$$dg_{gmax} = 1/2 \cdot B'$$

Mit Hilfe der geschätzten Koeffizienten lässt sich die maximale Grundfläche für eine gegebene Oberhöhe bestimmen:

$$G_{max} = a_0 \cdot b_0 \cdot h 100^{(a_1 + b_1)}$$

Liegen keine ausreichenden Versuchsflächendaten von von Nullflächen vor, so kann man die maximale Dichte grob schätzen (NAGEL ET AL 2002). Dazu wird der maximale Kronenschlussgrad mit Hilfe des C66 für alle vorhandenen Bäume bestimmt und anschließend der Kronenschlussgrad ermittelt, beim noch 95% oder 99% der Bäume überleben können. Der Kronenschlussgrad kann mit der Kronenbreitenfunktion bei den beobachteten Durchmesser in die maximale Grundfläche umgerechnet werden.

Das `treegross.base` Packet enthält die Adapterklasse `PlugInMortality` mit der Methode `mortalityByInfluenceZone()`. Über diese Adapterklasse ist die standardmäßig vorhandene Java Klasse `Mortality()` zur Berechnung der dichteabhängigen mit der Software gekoppelt. Der standardmäßige Mortitätsalgorithmus arbeitet positionsabhängig, das heißt, er berücksichtigt die Koordinaten der Bäume. Er ermittelt von allen Bäumen denjenigen Baum, bei dem in seiner Einflusszone der aus der maximale Dichte hergeleitete Kronenschlussgrad für seine Art am meisten von seinem `c66xy` Wert überschritten wird. Dieser Baum wird als „absterbend“ markiert und es werden die positionsabhängigen Kronenkonkurrenzwerte `c66xy` für alle Bäume neu berechnet. Der Vorgang wiederholt sich so oft, bis kein `c66xy`-Wert mehr den hergeleiteten kritischen Kronenschlussgrad überschreitet. Die Einflusszone ist in der Standardversion auf die zweifache Kronenbreite begrenzt. Für eine schnelle Ausführung des Algorithmus werden nach der ersten Ausführung nur noch jene Bäume für eine eventuelle Mortitätsauswahl berücksichtigt, deren `c66xy`-Wert bei der Berechnung größer als der kritische Kronenschlußgrad war. Der kritische Kronenschlussgrad (`kritKS`) wird aus dem Wert der maximalen Dichte (`Gmax`) und der Kronenbreite (`cw`) des Bezugsbaumes berechnet.

$$kritKS = \frac{G_{max}}{d_i^2} \cdot cw_i^2$$

An die Adapterklasse `PlugInMortality` lassen sich leicht eigene Java Klassen mit anderen Berechnungsalgorithmen für die Mortalität einbinden.

Die altersbedingte Mortalität wird mit der Methode `ageBasedMortality()` der Java Klasse `Tree` bestimmt. Die Bäume unterliegen danach einer abnehmenden Überlebenswahrscheinlichkeit, wenn sie ein vorgegebenes maximal Alter überschritten haben. Die Überlebenswahrscheinlichkeit (`aliveage`) errechnet sich aus dem Quotienten des Baumalters (`age`) geteilt durch das maximale Alter (`agemax`) der Baumart minus 1.0.

$$alive_{age} = \left| \left(\frac{age}{maxage} - 1 \right) \right|$$

Ist der Wert $alive_{age}$ größer als eine Zufallszahl zwischen 1 und 0 so überlebt der Baum. Das maximale Alter wird baumartenweise in der **XML-Einstellungsdatei** in dem Element „**Maximum Age**“ festgelegt.

Höhenzuwachs

In den meisten Einzelbaummodellen ist die Schätzung des Höhenzuwachses mit der größten Modellunsicherheit behaftet. Selten haben Höhenzuwachsmodele Bestimmtheitsmasse, die größer als 0,4 betragen. Dies hängt zu einem großen Teil damit zusammen, dass die Baumhöhen schwierig zu messen und daher mit einem nicht unerheblichem Fehler belastet sind. Gerade in Laubholzbeständen ist der Höhenzuwachs älterer Bäume selbst bei fünfjährigen Messintervallen zum Teil geringer als der Messfehler. So haben zum Beispiel Buchen der II. Ertragsklasse nach Schober in einem Alter von 120 Jahren einen durchschnittlichen Höhenzuwachs von 0,6m bei einer Mittelhöhe von 30,5m. Der Fehler in der Höhenmessung wird bei KRAMER UND AKCA (1982) mit 1% angegeben. Nach den Erfahrungen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt dürfte er bei Laubholz aber eher bis zu 3% betragen. Das bedeutet, dass der Höhenmessfehler bereits der einmaligen Messung mit 0,92m erheblich über dem fünfjährigen Zuwachs liegt. Um den Höhenwachstumsmodellen eine gewisse Robustheit zu verleihen, werden daher häufig Höhenwachstumsentwicklungen verwendet, die aus Bestandeswerten hergeleitet werden.

Der Höhenzuwachs wird in vielen statistischen Waldwachstumssimulatoren über zwei Teilmodelle berechnet. Das erste Teilmodell schätzt den potentiellen Höhenzuwachs. Der potentielle Höhenzuwachs kann entweder aus Beobachtungswerten, um die eine Umhüllende gelegt wird hergeleitet werden (Pretzsch 1992; GUERICKE 2001) oder er kann aus der Oberhöhenentwicklung von Bonitätsrahmen von Ertragstafeln oder Bestandesmodellen berechnet werden.

Der individuelle Höhenzuwachs eines Baumes wird in den meisten statistischen Modellen geschätzt, in dem der potentielle Höhenzuwachs mit einem Faktor modifiziert wird (HASENAUER 2006).

In der TreeGrOSS Software erfolgt die Höhenzuwachsberechnung in der Java-Klasse `treegross.base.tree` und der Methode `grow()`. In der **XML-Einstellungsdatei** kann eine Funktion zur Berechnung des potentiellen Höhenzuwachses bei dem Element „**Potential height increment**“ und eine Funktion für den baumindividuellen Höhenzuwachs bei dem Element „**Height increment**“ eingegeben werden. In der Software wird der potentielle Höhenzuwachs der Variable `hinc` der Klasse `tree` zuerst zugewiesen und kann daher später für die Berechnung des individuellen Höhenzuwachses verwendet werden.

Durchmesserzuwachs

Im Modell BWINPro wird der Durchmesserzuwachs aus der Schätzung des Grundflächenzuwachses errechnet. Der Grundflächenzuwachses wird über die Variablen Alter, Kronenmantelfläche, Kronenkonkurrenzindex und die Veränderung des Kronenkonkurrenzindexes bestimmt. Die Kronenmantelfläche wird aus dem Kronenansatz und der Kronenbreite nach der Formel eines quadratischen Paraboliden hergeleitet.

In der TreeGrOSS Software erfolgt die Grundflächenzuwachsrechnung in der Java-Klasse `treegross.base.tree` und der Methode `grow()`. Dazu wird aus der **XML-Einstellungsdatei** die Funktion verwendet, die für das Element **“Diameter increment”** eingegeben ist. In der Software wird der Durchmesserzuwachs der Variable `bhhinc` der Klasse `tree` zuerst zugewiesen.

Kronenveränderung

Die Kronenveränderung erfolgt in BWINPro über statischen Funktionen für den Kronenansatz und die Kronenbreite. Für den Kronenansatz gilt die Nebenbedingung, dass der Kronenansatz nicht kleiner werden kann.

Die Kronenveränderungsberechnung wird von der Java-Klasse `treegross.base.tree` in der Methode `updateCrown()` ausgeführt. Die baumartenspezifischen Funktionen sind dafür in den Elementen **crowbaseXML** und **crowwidthXML** der **XML-Einstellungsdatei** gespeichert.

Verjüngungsschichten und Einwuchs

Der Einwuchs von neuen Bäumen wird im Modell über Verjüngungsschichten geregelt. Die Verjüngungsschichten können entweder direkt in das Modell eingegeben oder automatisch generiert werden. Eine Verjüngungsschicht besteht im Modell aus kleinen Bäumen, die als Platzhalter genutzt werden. Jeder dieser kleinen Bäume hat rein aus modelltechnischen Erwägungen eine Kronenbreite von 2,52 m und einen Kronenansatz in halber Baumhöhe. Die Höhe dieser Verjüngungsschichtplatzhalter ergibt sich aus der Höhe im Alter 30. Der Durchmesser wird über ein vorgegebenes h/d-Verhältnis abgeleitet. Das dichtebedingte Mortalitätsmodell regelt, ob die Verjüngungsschichtplatzhalter gegebenenfalls bei zu starker Überschirmung absterben. Überschreitet der Durchmesser den Wert der Derbholzgrenze (7 cm), dann wird aus dem Verjüngungsplatzhalter ein Baum, wobei die Eigenschaften Art, Alter, BHD, Höhe, Bonität und die Koordinaten übernommen werden. Alle anderen Werte werden bei der Übernahme neu generiert. Eine konstante Kronenbreite von 2,52 m wurde gewählt, weil die beiden wichtigsten Baumarten Buche und Fichte an der Derbholzgrenze von 7 cm in etwa eine derartige Kronenbreite besitzen und so die Anzahl von Verjüngungsbäumen im Modell in einem vertretbaren Rahmen gehalten werden kann.

Die standardmäßige Verjüngungsroutine des Wachstumssimulators wurde für den Bereich Nordwestdeutschland mit den Betriebsinventurdaten der Niedersächsischen Landesforsten erstellt. Diese schätzt den Einwuchs von Verjüngungsbäumen in Abhängigkeit der Bestockung und des Kronenschlussgrads. Da die Daten von 500 m² großen Probekreisen stammen und auch heterogene Bestandesverhältnisse in der Simulation berücksichtigt werden sollen, wird der Einwuchs an Verjüngungsbäumen für 500m² große rechteckige Teilflächen eines Bestandes geschätzt. Die Bestandesfläche wird mit einem Raster mit 500 m² großen quadratischen Rasterflächen überzogen. Zunächst wird für jede Rasterfläche geschätzt, ob eine Wahrscheinlichkeit (*pE*) besteht, dass Verjüngung vorkommt. Die Wahrscheinlichkeit wird in Abhängigkeit von der führenden Hauptbaumart und der *c66Kl*-Klasse (*c66Kl*) – dem Lichtangebot - geschätzt. Für die Berechnung von *c66Kl* wird die Kronenschirmfläche aller Bäume, die die Rasterfläche bedecken, berücksichtigt. Die Klassenbreite der *c66Kl*-Werte beträgt 0.2 und der höchste Klassenwert beträgt 2.5.

$$pE = p0 \cdot c66Kl^{p1}$$

Ist eine gezogene Zufallszahl zwischen 0 und 1 größer als *pE*, so wird die Anzahl der Einwachser

geschätzt. Im anderen Fall wird die Einwuchsroutine für die spezielle Rasterzelle abgebrochen.

Die Anzahl der einwachsenden Bäume nE wird für jede 500m² große Rasterfläche in Abhängigkeit vom Lichtangebot berechnet. Das Lichtangebot wird durch die C66-Klasse ausgedrückt. Im Programm wird nE in eine ganze Zahl (Integer) konvertiert. Die Funktion gibt damit ganze Bäume zurück.

$$nE = e^{p0 + p1 \cdot c66Kl}$$

Im nächsten Schritt werden nun nE Verjüngungsschichtplatzhalter für die 500m² große Rasterfläche erzeugt. Dabei wird für jeden Baum die Baumart in Abhängigkeit der führenden Baumart und des $c66Kl$ zufällig festgelegt. Es wird eine Zufallszahl p zwischen 0 und 1 gezogen und in der Tabelle „Führende Baumart“ in der Zeile $c66kl$, so lange nach rechts gelesen, bis der p -Werte den Wert der Spalte überschritten hat. Aus dem entsprechenden Spaltenkopf kann dann die Baumart abgelesen werden. Dem Verjüngungsplatzhalter werden anschließend die Werte: Alter 5 Jahre, BHD 0,5 cm, Höhe 0,5 m, Kronenansatz 0,25 m und Kronenbreite 2 m zugewiesen.

In der Software können die Verjüngungsschichtplatzhalter mit der Methode `addTree()` der Klasse `Stand` erzeugt werden. Sie entstehen, sobald ein Durchmesser kleiner 7cm eingegeben wird. In diesem Fall sollte die Kronenbreite auf **2m** und der Kronenansatz auf die halbe Baumhöhe gesetzt werden. Es wird empfohlen auch die Bonität für diese „Bäume“ festzulegen. Für einen Deckungsgrad von 100% sind ca. 3200 Bäume zu generieren. Das Wachstum der Verjüngungsschichtplatzhalter ist in der Klasse `Tree` und der baumartenspezifischen XML-Einstellung festgelegt. Die automatische Berechnung der Verjüngung erfolgt über die Adapterklasse `PlugInIngrowth` und der über die XML-Einstellungsdatei zugewiesenen Klasse. Für die Schätzung der Verjüngung wird die Methode `predictIngrowth()` verwendet.

Die automatische Berechnung von Einwuchs kann in der Klasse `Stand` mit dem Attribut `ingrowthActive()` mit den Übergabeparametern „true“ und „false“ an- und abgeschaltet werden.

Die Parameterwerte für das Einwuchsmodell „Nordwestdeutschland“ sind im Kapitel Baumarten zusammengestellt.

Totholz

Die entnommenden und absterbenden Stämme werden in der TreeGrOSS Software langfristig protokolliert. Aus diesen Angaben lässt sich die Totholzmenge für verschiedene Fragestellungen untersuchen. Zur Betrachtung der standörtlichen Nachhaltigkeit kann aus der gesamten Totholzmenge und den verbleibenden Baumkompartimenten für verschiedene Nutzungsszenarien die verbleibende wie die entnommene Biomasse und deren Nährstoffvorrat berechnet werden. Unter dem Begriff Nutzungsszenario wird in diesem Fall die Aushaltung und Sortierung der genutzten Stämme verstanden. Darüber hinaus lassen sich auch für die Belange des Naturschutzes spezielle Holzvorgaben definieren die für diese Fachgruppe von besonderem Interesse sind (NAGEL 2008).

Der Vorrat, die Biomasse, die Nährstoffe des verbleibenden Bestandes und sowie das Totholz, werden in der Software mit dem Java-Package `treegross.harvesting` in Verbindung mit dem Sortiermodul berechnet. Darüber hinaus lassen sich die Entnahmemengen an Holz und Nährstoffen durch die Vorgabe von Sortimenten schätzen. Das Package ist im Prinzip unabhängig

von dem Simulator, nutzt aber seine Struktur und erfordert daher das `treegross.base` Package. Derzeit besteht keine Rückkopplung zwischen der Nährstoffentnahme und dem Zuwachs. Die Bewertung der Nährstoffentzüge kann für den selben Bestand für unterschiedliche Nutzungsszenarien durchgeführt werden.

Ein Nutzungsszenario wird durch die zu entnehmenden Sortimente definiert. In der Software orientiert sich der Begriff Sortiment nicht an den handelsüblichen Holzsortimenten, sondern einer flexiblen Beschreibung derselben. Dafür sind folgende Angaben notwendig:

- Minimum und Maximum Mittendurchmesser [cm]
- Minimum und Maximum Zopfdurchmesser [cm]
- Minimum und Maximum Länge [m]
- Sortiment wird entnommen oder verbleibt als Totholz im Wald
- Zugabe
- Aushaltung bis Kronenansatz oder darüberhinaus
- alle Bäume der genannten Arten oder nur Z-Bäume
- Wertigkeit
- Preis
- Anteil der betroffenen Bäume [%]
- ein oder mehrfache Sortimentsaushaltung

Jeder entnommene Stamm des Bestandes wird vom Programm in die vorgegebenen Sortimente zerlegt. Dabei wird jeweils für das Sortiment, welches eine höhere Wertigkeit als das nächste besitzt, geprüft, ob dieses im Stamm enthalten ist. Ist es im Stamm vorhanden, wird es virtuell aus dem Stamm geschnitten und dem Pool der Holzentnahme oder dem Totholzpool zugerechnet, je nach dem, welche Angabe für das Sortiment über den Verbleib im Bestand gemacht wurde. Darüber hinaus wird für alle im Bestand verbleibenden Totholzstücke geprüft, ob diese den Naturschutzvorgaben entsprechen und diese in den Pool des naturschutzrelevanten Totholzes gehören.

Die Sortimente der Nutzung und die Definition des naturschutzrelevanten Totholzes werden in den XML-Dateien **loggingSortiment.xml** und **deadwoodSortiment.xml** im Verzeichnis `\user` gespeichert. Sie enthalten die in der Tabelle 6 dargestellten Elemente.

Tabelle 6: Elemente der Dateien loggingSortiment.xml und deadwoodSortiment.xml. Das Beispiel zeigt die Einstellung für ein Sortiment: Nadelholz, 3m Abschnitte, keine Zugabe, Zopf 6,5cm

Element <Sortiment>	Typ	Beispiel: Nadelholz kurz	Beschreibung
Id	I	1	Laufende Nummer
Name	A	Nadelholz_kurz	Name des Sortiments
Art_von	I	511	Baumartencode ab dem das Sortiment gilt
Art_bis	A	999	Baumartencode bis zu dem das Sortiment gilt
minD	D	7.0	Minimaler Mittendurchmesser [cm]
maxD	D	99.0	Maximaler Mittendurchmesser [cm]
MinTop	D	6.5	Minimaler Zopfdurchmesser [cm]
MaxTop	D	99.0	Maximaler Zopfdurchmesser [cm]
minH	D	3.0	Minimale Länge [m]
maxH	D	3.0	Maximale Länge [m]
ZugabeProzent	D	0.0	Zugabe in Prozent der Länge [%]

ZugabeCm	D	0.0	Zugabe absolut [cm]
Preis	D	40.0	Preis des Sortiments [Euro/m³]
Gewicht	D	80	Wertigkeit
Wahrscheinlichkeit	D	100	Wahrscheinlichkeit das das Sortiment vorkommt [%]
nurZBaum	B	false	Sortiment kommt nur in Z-Bäumen vor (true/false)
mehrfach	B	true	Sortiment soll mehrfach geschnitten werden (true/false)
Entnahme	B	true	Sortiment wird entnommen oder ist Totholz (true/false)
bisKA	B	false	Sortiment wird maximal bis zum Kronenansatz ausgehalten (true/false)
ausgewählt	B	true	Sortiment ist für Auswertung ausgewählt (true/false)

Typ: I = integer; D = double, A = alphanumerisch, B = boolsche Variable (true/false)

Im ForestSimulator werden für die Eingabe und Auswahl der Sortimente die Java Klassen `SortingDialog` und `LoggingPanel` aus dem Package `treegross.harvesting` verwendet. Die Sortierung des gesamten Bestandes inklusiver der abgestorbenen und genutzten Stämme wird mit der Methode `calculate()` ausgeführt und in einer XML-Ergebnisdatei im Ausgabeverzeichnis mit dem Namen **sortierung.xml** gespeichert. Mit Hilfe des Stylesheets **treegrosslogging.xsl** kann diese Datei als Ergebnisbericht in einem HTML-Browser angezeigt werden. Der Bericht kann leicht mit einem einfachen Texteditor durch eine Veränderung des Stylesheets an Bedürfnisse des Benutzers angepasst werden.

Für die Berechnung der Sortimente wird die Klasse `JSortiererNFV` aus dem `treegross.base` Package verwendet. Mit der Methode `getAssortment()` werden einerseits die Sortimentsentstellungen übergeben (s. Tabelle 6) und wird andererseits geprüft, ob ein entsprechendes Sortiment im Stamm vorhanden ist. Ist dies der Fall, so können zahlreiche Sortimentsdimensionen, wie zum Beispiel der Mittendurchmesser, das Volumen oder die Länge mit den `get` Methoden abgefragt werden, die in ihrer Vielzahl hier nicht beschrieben werden können. Intern benötigt die Klasse die Schaftformfunktionen. Diese können über die Adapterklasse `PlugInTaperFunction` der Klasse `JSortiererNFV` bereitgestellt werden. Der Klassenname wird im Element „**Plugin TaperFunction**“ der **XML-Einstellungsdatei** festgelegt. Für die Baumart Buche (Wachstumsmodell Nordwestdeutschland) wird die Schaftformfunktionen nach Schmidt (2001) verwendet. Ihr Java Code befindet sich unter anderen in der Klasse `TaperFunctionBySchmidt`. Die Baumartencodierung in der Schaftformklasse muss dem Baumartenschlüssel entsprechen.

Im Rahmen der Sortierung werden auch die Biomasse und die wichtigsten Nährstoffe für die Sortimente, das Totholz und den verbleibenden Bestand berechnet. Diese Angaben können zum Beispiel für Biomasseaufkommen, Nährstoffbilanzen oder der Einschätzung des Nährstoffexports verwendet werden. Da zur Zeit für Nordwestdeutschland noch keine verlässlichen Biomasse- und Nährstofffunktionen zur Verfügung stehen, werden vorläufig Funktionen und Faktoren aus der Literatur verwendet. In der Java Klasse `Biomass_Austria` sind österreichische Biomassefunktionen von ECKMÜLLNER (2006) und GESCHWANDTNER UND SCHADAUER (2006) für die Schätzung der Zweig- und der Nadel- bzw. Blattbiomasse enthalten. Die Methode `getLeafBM()` liefert die Nadel- bzw. Blattbiomasse und die Methode `getBranchBM()` die Biomasse der Zweige für einen Baum in Abhängigkeit der Baumart, des BHDs und der Höhe. In der Java Klasse `BiomassFaktoren` sind die Holzdichtefaktoren von KNIGGE U. SCHULZ (1966) und die Nährstofffaktoren von JACOBSEN ET AL. (2003) enthalten. Die Faktoren werden über `get`-Methoden aus der Klasse abgefragt, dazu muss die entsprechende Baumart angegeben werden. Beide Java Klassen befinden sich im Package `treegross.harvesting` und erfordern, dass der niedersächsische Baumartenschlüssel verwendet wird.

Bestandesbehandlung

Konzept

Die Wuchsleistung der Bäume und des gesamten Bestandes kann durch forstliche Eingriffe erhebliche beeinflusst werden. Aus diesem Grund muss ein Waldwachstumssimulator auch Eingriffmöglichkeiten verfügen. Die Eingriffe können entweder interaktiv oder automatisiert erfolgen. An dieser Stelle werden die automatisierten Routinen beschrieben, die im Wesentlichen auf die Ansätze von DUDA (2006) zurückgehen und die Lage der Bäume im Bestand berücksichtigen. Daher müssen für alle Bäume Koordinaten bekannt sein. Für die modellhafte Abbildung von waldbaulichen Behandlungen hat DUDA (2006) verschiedene waldbaulichen Behandlungen in einzelne Behandlungselemente (Treatment elements) aufgeteilt und programmiert. Durch eine Aneinanderreihung der Behandlungselemente lassen sich fast alle derzeit gängigen waldbaulichen Behandlungen abbilden. Die Originalroutinen von DUDA (2006) wurden inzwischen softwaremäßig komplett überarbeitet und sind im Java-Package `treegross.treatment` in den Klassen `Treatment2` und `TreatmentElements2` zusammengefasst.

Umsetzung

Eine Bestandesbehandlung wird über die Methode `executeManager2()` der Klasse `Treatment2` ausgeführt. Diese Methode durchläuft eine Reihe von Abfragen und prüft anhand von Einstellungsvariablen der Klassen `Stand.trule` und `Stand.species[].trule`, welche Behandlungselemente aufgerufen und ausgeführt werden. In den Klassen `stand.trule` und `stand.species[].trule` werden alle wichtigen Behandlungseinstellungen für den Bestand und die Baumarten gespeichert. Bei der Anlage einer neuen Baumart werden im Programm automatisch in die Klasse `stand.species[].trule` die in der XM-Einstellungsdatei definierten Standardwerte für die Höhe der 1. Durchforstung (Element „height of first thinning“), die Durchforstungsintensität (Element „moderate thinning factor“ und die Zielstärke (Element „target diameter“) übernommen. Diese lassen sich zu einem späteren Zeitpunkt überschreiben. Natürlich können die einzelnen Behandlungselemente auch einzeln oder in anderer Form verwendet werden. Für den Einstieg empfiehlt sich jedoch jedoch die Methode `executeManager2()`, die auch von der Dialogklasse `TgTreatmentMan3` des Packages `treegross.simulation` im `ForestSimulator` verwendet wird.

Ein Behandlungsprogramm definiert sich durch:

- Die **Auswahl und Markierung von Bäumen**: In der TreeGrOSS Software kann jeder Baum der Klasse `Tree` mit den drei Attributen `crop` (Z-Baum), `tempcrop` (temporärer Z-Baum) und `habitat` (Habitatbaum) markiert werden. Die Attribute lassen sich mit den Werten **true** und **false** (wahr oder falsch) belegen. Habitatbäume sind von allen weiteren waldbaulichen Maßnahmen ausgenommen. Sie bleiben in der Simulation solange erhalten, bis sie entweder durch dichte- oder altersbedingte Mortalität absterben. Bei langfristigen Simulationen wird empfohlen auf die Habitatbäume zu verzichten, weil dem Waldwachstumsmodell kaum Daten von sehr alten und großen Bäumen zu Grunde liegen. Die Z-Bäume sind in der Regel von Durchforstungsmaßnahmen ausgenommen, es sei denn, es kommt zu einer direkten dichtebedingten Konkurrenz zwischen den Z-Bäumen, wenn z.B. mehr Z-Bäume ausgewählt sind, als beim Erreichen der Zielstärke auf der Fläche Platz finden können. Z-Bäume werden mit dem Erreichen der Zielstärke, mit der Aktivierung des Schirmschlags und Kahlschlags geerntet. Die Auswahl von temporären Z-Bäumen gilt

jeweils nur für einen Durchforstungszeitpunkt und wird aus programmiertechnischer Sicht für die Hochdurchforstung verwendet.

- Die **Anlage von Rückgassen**: Es kann der Abstand zwischen den Rückgassen und die Rückgassenbreite flexibel eingestellt werden.
- Das **Holzernteverfahren**: Bei der **Zielstärkennutzung** werden einzelne Bäume selektiv genutzt, wenn sie einen für die Baumart vorgegebenen Zielstärkendurchmesser überschritten haben. Weiter lässt sich die minimale und die maximale Nutzungsmenge vorgeben. Beide Vorgaben sollen verhindern, dass Nutzungen durchgeführt werden, die sich entweder nicht lohnen oder dass unrealistisch starke Eingriffe simuliert werden. Darüber hinaus lässt sich ein Schlussgrad für den Oberstand vorgeben, bei dessen Unterschreitung der restliche Oberstand abgenutzt wird. - Beim **Schirmschlag** wird der Bestand mit Hilfe einer Verjüngungsgangzahl aufgelichtet und abgenutzt. Die Verjüngungsgangzahl gibt den Bestockungsgrad für die aufeinanderfolgenden 5-Jahresperioden an (Kramer 1982). Die Bäume unterhalb einem Durchmesser von 7 cm bleiben davon unberücksichtigt. - Beim **Kahlschlag** wird der gesamte Bestand mit dem Erreichen einer gewissen Stärke auf einmal genutzt. Die Bäume mit einem Durchmesser kleiner als 7 cm verbleiben zunächst im Bestand.
- Das **Durchforstungsverfahren**: Eine **Durchforstung** erfolgt bei allen Durchforstungsverfahren, sofern der Bestand zu dicht und die vorgegebenen Nutzungsmengen noch nicht erreicht sind. Wieviel Grundfläche (G_{aus}) im Rahmen einer Durchforstung entnommen werden soll, wird über die Differenz der tatsächlichen Grundfläche (G_{real}) minus der gewünschten Grundfläche hergeleitet. Die gewünschte Grundfläche ergibt sich baumartenweise gewichtet aus der maximalen Grundfläche, die mit Hilfe von H_g aus der maximalen Dichtefunktion (G_{max}) bestimmt wird. Die maximale Grundfläche wird mit dem vorgegebenen natürlichen Bestockungsgrad (nB°) und die vorgegebene Durchforstungsintensität ($Dfin$) reduziert. Der natürliche Bestockungsgrad, das Verhältnis von angestrebter Grundfläche zur maximalen Grundfläche, kann in der XML-Einstellungsdatei in dem Element „**Moderate Thinning Factor**“ für drei Höhenbereiche vorgegeben werden. Diese Einstellung lässt sich darüber hinaus in der Software mit dem Faktor **Durchforstungsintensität** (Klasse `stand.trule` Eigenschaft `thinningIntensity`) variieren. Bei einer Durchforstungsintensität von 1,0 entspricht wird der vorgegebene natürliche Bestockungsgrad eingehalten.

$$G_{max} = a_0 \cdot b_0 \cdot h 100^{(a_1 + b_1)}$$

$$G_{aus} = G_{max} \cdot nB^\circ \cdot Dfin - G_{real}$$

- Bei der Auswahl **Auslesedurchforstung** werden zunächst die Z-Bäume solange freigestellt, bis alle Z-Bäume keinen Kronenkontakt mehr aufweisen oder die angestrebte Zielgrundfläche erreicht ist. Sind alle Z-Bäume freigestellt und ist die tatsächliche Bestandesgrundfläche höher als die angestrebte Grundfläche, so werden schrittweise jene Bäume entfernt die den höchsten Konkurrenzdruck auf die übrigen Bäume ausüben. Mit anderen Worten werden starke Bäume im Sinne einer Hochdurchforstung entnommen. Bei der einfachen **Hochdurchforstung** werden temporäre Z-Bäume gewählt. Die Anzahl richtet sich in diesem Fall nach dem Platzbedarf der Kronen der temporär gewählten Z-Bäume. Es werden solange Bäume entnommen, bis die angestrebte Zielgrundfläche erreicht ist. Bei der **Niederdurchforstung** werden die Bäume vom stärkeren Ende bis zum Erreichen der angestrebten Grundfläche entnommen. Für alle Durchforstungsarten kann die Durchforstungsintensität festgelegt werden. Bei einer **Durchforstungsintensität** von zum Beispiel 0.9 wird die Grundfläche um den Faktor 0.9 abgesenkt. Schließlich lässt sich auch

für die Durchforstung mit der Vorgabe minimalen und maximalen Eingriffsmengen begrenzen.

- **Die Naturschutzrestriktionen:** Sie haben einen Einfluß auf die Durchforstungen und Holzernte haben. In der Methode können Sie festlegen, wieviele Habitatbäume pro Hektar ausgewählt werden sollen. Sie können einstellen, ob die die Habitatbäume aus allen Bäumen, nur den Laubbäumen oder aus Buchen und Eichen gewählt werden. Habitatbäume sind im Programm von jeglichen Durchforstungs- und Erntemaßnahmen ausgenommen. Ein Baum kann frühestens dann zum Habitatbaum erklärt werden, wenn sein BHD 80% der Zielstärke erreicht hat. Die Aktivierung der Einstellung **Minderheitenschutz** bewirkt, dass im Bestand selten vorkommende Arten einem gewissen Schutz unterliegen und gefördert werden (siehe Behandlungselement: Minderheitenschutz). Im Programm wird daher, von jeder Art mindestens ein Baum zu einem Z-Baum erklärt. Die Bäume der seltenen Arten werden jedoch entsprechend den Holzernteeinstellungen abgenutzt. Darüber hinaus lässt sich in der Methode festlegen, dass ab dem Unterschreiten eines gewissen **Kronenschlussgrades** des Oberstands keine Nutzungen mehr durchgeführt und Bäume, die einen **vorgegebenen BHD** überschritten haben, nicht genutzt werden.
- **Die Pflanzung:** Zu einem waldbaulichen Behandlungskonzept gehört die Option der Pflanzung. Diese kann nötig sein, weil der Bestand umgebaut werden soll oder die vorhandene Verjüngung keine ausreichende Aussicht auf Erfolg zeigt. Generell muss die Option zu pflanzen aktiviert sein. Es kann eingestellt werden, ob vor der Pflanzung der Unterstand entfernt und ab welchem Kronenschlussgrad des Oberstandes die Pflanzung automatisch begonnen werden soll. Darüber hinaus lassen sich der Deckungsgrad und die zu pflanzende Baumart bzw. Baumarten vorgeben. Im Modell werden keine Bäume sondern sogenannte Verjüngungsplatzhalter gepflanzt, die gewissermaßen jeweils einen Baum zum Zeitpunkt des Einwuchses ($BHD \geq 7 \text{ cm}$) darstellen. Das Wachstum der Verjüngungsplatzhalter folgt der Bonitätskurve bis zum Alter 30 Jahre. Der dazugehörige BHD mit Hilfe vorgegebener H/D- Werte bestimmt. Ist der Konkurrenzindex C66 eines Verjüngungsplatzers größer als der kritische Kronenschlussgrad der Baumart, stirbt der Verjüngungsplatzhalter und wird aus der Baumliste entfernt. Erreicht der BHD einen Wert von 7 cm so wird der Verjüngungsplatzhalter in einen Baum umgewandelt.

Für die Definition einer Bestandesbehandlung müssen zahlreiche Parameterwerte im Modell gesetzt werden. Um die Festlegung der Parameterwerte zu vereinfachen, enthält die Klasse `Treatment2` die in Tabelle 7 aufgeführten Methoden für die Einstellung der Bestandesbehandlung.

Tabelle 7: Methoden zur vereinfachten Einstellung der Bestandesbehandlung

Methode	Funktion
<code>setSkidTrails()</code>	Anlage von Rückegassen
<code>setThinningRegime()</code>	Durchforstung
<code>setHarvestRegime()</code>	Holzernte
<code>setNatureProtection()</code>	Naturschutzrestriktionen
<code>setAutoPlanting()</code>	Pflanzung

Die Bestandesbehandlung lässt sich mit der Methode `executeManager2()` ausführen. Tabelle 8 zeigt den Ablaufplan. Als erstes wird geprüft, ob Erschließungslinien im Bestand angelegt werden sollen. Danach werden Bäume, die nach ihrem BHD als schutzwürdig eingestuft sind, als Habitatbäume markiert. Der Minderheitenschutz wird anschließend dadurch realisiert, dass pro

Baumart ein Baum als Z-Baum ausgewählt wird. Als viertes wird die Habitatbaumwahl abgearbeitet. Habitatbäume werden dann gewählt, wenn die Zahl der Habitatbäume auf der Fläche bisher unter der angestrebten liegt. Im Anschluss wird geprüft, ob im Bestand Holzerntemaßnahmen notwendig sind. Für den Fall, dass ein vorgegebener Kronenschlußgrad unterschritten ist, werden alle Bäume des Oberstandes genutzt (lfd. Nr. 5). Holzerntemaßnahmen im Rahmen von Zielstärkennutzung, Schirm- und Kahlschlag werden unter der laufenden Nummer 5a bis 5c ausgeführt, sofern der Bestand die dafür notwendigen Merkmale aufweist. Ist die Menge an geerntetem Holz zu geringer als vorgegebene, werden alle bisher geernteten Bäume wieder in ihrem Status zurück gesetzt. Damit kann zum Beispiel in der Simulation sichergestellt werden, dass eine speziellen Maschine nur in einem Bestand eingesetzt wird, wenn auch ein ausreichender Arbeitsanfall vorhanden ist. Nach der Holzernte wird die Z-Baumauswahl überprüft. Wurde die Z-Baum verringert, so werden alle Z-Bäume zurückgesetzt und neu gewählt. Ist die Z-Baumzahl geringer als die angestrebte Z-Baumzahl, so werden neue Z-Bäume markiert, falls entsprechend geeignete Bäume hinsichtlich ihrer Dimension und Verteilung im Bestand vorhanden sind. Unter den laufenden Nummern 9a bis 11 wird die Durchforstung simuliert. Anschließend findet wie bei der Holzernte eine Überprüfung statt, ob die Durchforstungsmenge ausreichend ist. Falls das Volumen geringer als das vorgegebene ist, werden die als durchforstet markierten Bäume zurückgesetzt. Als Letztes wird geprüft, ob eine Pflanzung in dem Bestand vorgesehen ist und gegebenenfalls ausgeführt.

Tabelle 8: Aufruf der Bestandesbehandlungselemente nach der Methode *executeManager2()* der Klasse *Treatment2*

Lfd. Nr.	Behandlungselement	Bedingungen für die Ausführung	Methode der Klasse <i>TreatmentElements2</i> ausführen
1	Anlage der Rückegassen	st.trule.skidtrails = true	createSkidtrails(st)
2	Schutz von Bäumen ab einem BHD von		markTreesAsHabitatTreesByDiameter(st)
3	Minderheitenschutz	st.trule.protectMinorities=true	SelectOneCropTreePerSpecies(st, true)
4	Habitatbaumauswahl	st.trule.nHabitat>0	selectHabitatTrees(st)
5	Restliche Bäume des Oberstands entfernen	st.degreeOfDensity < st.trule.degreeOfStockingToClearOverStoryStand AND st.h100 > 15.0	harvestRemainingTrees(st,true)
5a	Zielstärkennutzung	st.trule.typeOfHarvest==0	harvestTargetDiameter(st)
5b	Schirmschlag	st.trule.typeOfHarvest==8 AND te.percentOfBasalAreaAboveTargetDiameter(st)> 0.3 AND st.status > 1	harvestSchirmschlag(st)
5c	Kahlschlag	st.trule.typeOfHarvest==9 AND te.percentOfBasalAreaAboveTargetDiameter(st)> 0.3) OR st.status > 98	harvestClearCut(st)
6	Rücknahme aller bisherigen Erntemaßnahmen		checkMinHarvestVolume(st)
7	Z-Baumauswahl	te.getNCropTrees(st)<=0 ODER st.trule.reselectCropTrees=true; st.trule.selectCropTrees = true	selectNCropTrees(st)
9a	Durchforstung mit dem Ziel Z-Bäume freizustellen	st.trule.releaseCropTrees=true AND st.trule.typeOfThinning=0	thinCropTreeCompetition(st)
9b	Zwischenfelder durchforsten	st.trule.releaseCropTrees=true AND st.trule.typeOfThinning=0; st.trule.thinArea=true	thinCompetitionFromAbove(st)
10a	Temporäre Z-Bäume zurücksetzen und neu wählen	st.trule.thinArea==true AND st.trule.typeOfThinning=1	resetTempCropTrees(st) selectTempCropTreesTargetPercentage(st)
10b	Temporäre Z-Bäume freistellen	st.trule.thinArea==true AND st.trule.typeOfThinning=1	thinTempCropTreeCompetition(st)
10c	Zwischenfelder durchforsten	st.trule.thinArea==true AND st.trule.typeOfThinning=1	thinCompetitionFromAbove(st)
11	Niederdurchforstung	st.trule.typeOfThinning=2	thinFromBelow(st)
12	Rücknahme aller bisherigen Durchforstungsmaßnahmen		checkMinThinningVolume(st)
13a	Alle Bäume von der Fläche entfernen	st.trule.autoPlanting AND te.getDegreeOfCover(0, st, false) < st.trule.degreeOfStockingToStartPlanting); st.trule.onPlantingRemoveAllTrees = true	harvestRemainingTrees(st,false)
13b	Automatisches Pflanzen starten	st.trule.autoPlanting AND te.getDegreeOfCover(0, st, false) < st.trule.degreeOfStockingToStartPlanting)	startPlanting(st)
st = Klasse Stand; te = Klasse Treatment2; AND, OR Verknüpfungen			

Behandlungselemente

Mit den im folgenden beschriebenen Behandlungselementen können die meisten in Deutschland praktizierten waldbaulichen Behandlungsprogrammen abgebildet werden.

- **Anlage der Rückegassen** `createSkidtrails()` : Die Methode ermittelt die minimale x-Koordinate (xmin). Die erste Rückgasse wird bei $x_{min} + 0.5 \cdot \text{Gassenabstand}$ angelegt. Alle Rückgassen verlaufen in y-Richtung. Alle Bäume auf den Rückgassen werden entnommen und als Durchforstungsbäume markiert.
- **Schutz von Bäumen ab einem vorgegebenem BHD** `markTreesAsHabitatTreesByDiameter()` : Aus Naturschutzgründen ist es möglich, Bäume ab einem gewissen Durchmesser unter Schutz zu stellen. Die Methode markiert alle Bäume, deren BHD größer als der in der Variable `Stand.trule.treeProtectedfromBHD` eingestellte Wert als Habitatbaum.
- **Minderheitenschutz** `SelectOneCropTreePerSpecies()` : Mit dem Minderheitenschutz wird das Ziel verfolgt, möglichst viele Baumarten auf einer Fläche im Sinne der biologischen Vielfalt zu erhalten. Im Programm wird dieses Ziel erreicht, in dem für jede Art ein Baum ausgewählt und als Z-Baum markiert wird. Der Z-Baum wird bei Durchforstungen gefördert und mit dem Erreichen der Zielstärke genutzt. Der Algorithmus sortiert die Arten aufsteigend nach der vorhandenen Stammzahl. Die Bäume werden jedoch nur dann ausgewählt, wenn die Entfernung (Ent) zu anderen bereits ausgewählten Z-Bäumen mindestens die Summe der beiden Kronenradien (crad) zum Zeitpunkt der Zielstärke überschreitet und die Bäume die vorgegebene Mindesthöhe für die Auswahl erreicht haben.

$$Ent_{ij} > crad_i + crad_j$$

- **Habitatbaumauswahl** `selectHabitatTrees()` : Habitatbäume sollen Lebensraum für seltene Arten bieten. Habitatbäume sind von allen Nutzungsroutinen ausgenommen. Die Auswahl der Habitatbäume erfolgt nach der Baumhöhe. Habitatbäume werden erst dann ausgewählt, wenn ihre Höhe größer als die Höhe zur Auswahl der Z-Bäume ist ($h > \text{Species.trule.minCropTreeHeight}$). Bereits ausgesuchte Z-Bäume bleiben dabei unberücksichtigt. Es wird versucht, dass der Habitatbaum einen möglichst großen Mindestabstand zu den ausgesuchten Z-Bäumen einhält, damit der Habitatbaum nicht eines Tages Konkurrent eines Z-Baumes wird. Ist die Simulationsfläche so klein, dass zum Beispiel nur ein halber Habitatbaum auszuwählen wäre, so wird mit einer Zufallszahl darüber entschieden, ob ein ganzer ausgewählt wird. Für spezielle Fragestellungen wird empfohlen, die Flächengröße so zu wählen, dass ganzzahlige Z-Bäume gewählt werden müssen.
- **Auswahl von Z-Bäumen** `selectNCropTrees()` : Mit der Auswahl von Z-Bäumen wird die Förderung gut veranlagter Bäume im Rahmen von Durchforstungsmaßnahmen im Modell nachgebildet. Die Anzahl der gewünschten Z-Bäume kann dem Programm einerseits direkt vorgegeben werden, andererseits kann sie auch automatisch über die Kronenbreite, die die Baumart bei Zielstärke aufweist, hergeleitet werden. Bei der automatischen Auswahl der Z-Bäume schlägt das System nur so viele Z-Bäume vor, wie auf der Fläche stehen können, ohne dass sich die Kronen berühren, wenn theoretische alle Bäume die Zielstärke erreicht hätten. Hier unterscheidet sich das Modell stark von der Praxis, wo z.T. höhere Z-Baumanzahlen ausgewählt werden, um über eine gewisse Reserve an Z-Bäumen zu verfügen. Darüber hinaus wird die Baumartenmischung mit Hilfe der Z-Baumanzahlen der auf der Fläche vorkommenden Arten langfristig beeinflusst und gesteuert. Die Aus- und Nachwahl der Z-Bäume erfolgt vorrangig nach dem Durchmesser,

wobei stärkere Bäume zuerst gewählt werden. Als Randbedingung gilt jedoch, dass kein Z-Baum bei Zielstärke die Krone eines anderen Z-Baumes berühren kann. Das zeitlich unterschiedliche Erreichen der Zielstärke bleibt dabei unberücksichtigt. Durch die Anordnung der Bäume auf der Fläche und die Verteilung bereits ausgesuchter Z-Bäume kann es vorkommen, dass nur ein Teil der rechnerisch möglichen Z-Bäume vom Programm markiert wird.

- **Auswahl von temporären Z-Bäumen**

`selectTempCropTreesTargetPercentage()` : Bei einer Hochdurchforstung wird die gesamte Fläche durchforstet. Mit der Förderung und Freistellung von Z-Bäumen nach den zuvor beschriebenen Behandlungselement kann dieses Ziel besonders bei jungen Beständen nicht erreicht werden. In diesen Beständen entwickeln sich Bereiche zwischen den gewählten Z-Bäumen, die undurchforstet bleiben und überbestockt sein können. Für die Simulation einer Hochdurchforstung ohne eine klassische Z-Baumwahl, werden daher temporäre Z-Bäume gewählt werden. Die Anzahl dieser temporären Z-Bäume richtet sich nicht nach der Kronengröße beim Erreichen des Zielstärkendurchmessers, sondern nach der Kronengröße, die sich aus dem aktuellen Durchmesser ergibt. Die Auswahl der temporären Z-Bäumen wird in jedem Simulationsschritt neu vorgenommen. Der Algorithmus entspricht dem der Z-Baumauswahl, nur dass die aktuelle Kronengröße berücksichtigt wird.

- **Holzernte Zielstärke** `harvestTargetDiameter()` : Bei der Zielstärkennutzung werden alle Bäume des Bestandes genutzt, deren Durchmesser die für die Baumart vorgegebene Zielstärke überschritten haben. Die Nutzungsmasse kann durch die Vorgabe einer minimalen und einer maximalen Nutzungsmasse eingegrenzt werden (`Stand.trule.maxHarvestVolume` und `Stand.trule.minHarvestVolume`). Sind mehr Bäume erntereif, als die Nutzungsmasse erlaubt, werden vorrangig die Bäume entnommen, die ihren Zieldurchmesser am meisten überschreiten.
- **Holzernte Schirmschlag** `harvestSchirmschlag()` : Die Methode bildet virtuell die Holzernte nach einem Schirmschlagverfahren nach. Dabei werden alle Bäume des Oberstandes nach der vorgegebenen Verjüngungsgangzahl genutzt. Die Verjüngungsgangzahl legt die Zielbestockungsgrade für die Periode der Verjüngung fest. In der Software wird die Verjüngungsgangzahl als Text in der Variable `Stand.trule.regenerationProcess` vorgegeben. In der Variable `Stand.status` wird gespeichert, ob sich der Bestand in der Verjüngungsphase ist und in welcher Verjüngungsperiode er sich befindet. Der Schirmschlag wird dann begonnen, wenn 30% der Grundfläche der Z-Bäume im zielstarken Bereich sind.
- **Holzernte Kahlschlag** `harvestClearCut()` : Der Kahlschlag erfolgt, wenn 30% der Grundfläche der Z-Bäume im zielstarken Bereich sind. In diesem Fall werden alle Bäume, außer den geschützten Bäumen, genutzt. Die Methode nimmt keine Rücksicht auf Bäume, die zu einer Art gehören, die erst sehr viel später genutzt werden müssten.
- **Fläche räumen** `harvestRemainingTrees()` : Mit der Methode können entweder alle Bäume oder die Bäume des Oberstandes von der Fläche geräumt werden. Dieses Behandlungselement findet Anwendung, wenn eine finale Holzerntemaßnahme durchgeführt oder vor der Pflanzung die Fläche geräumt werden soll.
- **Rücknahme der Holzernte** `checkMinHarvestVolume()` : Diese Methode dient dazu, die Holzernte zurückzusetzen.
- **Z-Bäume freistellen** `thinCropTreeCompetition()` : Bei der Auslesedurchforstung wird nach den oben beschriebenen Verfahren zunächst die Grundfläche festgelegt, die in dem Eingriff entnommen werden soll. Anschließend werden die Z-Bäume mit einem iterativen Verfahren freigestellt, bis kein Z-Baum mehr bedrängt oder die gewünschte Grundfläche erreicht ist. Es wird jeweils der Z-Baum freigestellt, dessen Verhältnis aus dem `c66xy` und dem `c66max` am größten ist. Um den Z-Baum freizustellen, wird der Baum

entfernt, dessen Krone der Krone des Z-Baumes in einer Höhe von $\frac{2}{3}$ der Kronenlänge am nächsten kommt bzw. am meisten überlappt. Dies gilt solange wie der Abstand der beiden Bäume geringer ist als der Radius des Konkurrenten plus die Kronenbreite des Z-Baumes multipliziert mit dem Faktor 0.75 und dividiert durch die Durchforstungsintensität. Bei einer Durchforstungsintensität von 1.0 wird der Z-Baum also maximal derartig freigestellt, dass die nächste Krone in einer Entfernung von $\frac{1}{4}$ Kronenbreite beginnt. Dies gilt natürlich nur, solange die Sollgrundfläche noch nicht erreicht ist. Konkurrierende Z-Bäume werden nur entfernt, wenn die Variable `Stand.trule.cutCompetingCropTrees` auf `true` gesetzt ist. Der Kronenkonkurrenzindex `c66xy` wird für eine Einflusszone der doppelten Kronenbreite des Bezugsbaumes berechnet (s. Konkurrenzindex). Wieviele Z-Bäume letztendlich entnommen werden, hängt von der zu entnehmenden Grundfläche ab (siehe oben). Darüber hinaus kann das Durchforstungsvolumen für einen Eingriff mit einem minimalen und maximalen Wert eingeschränkt werden.

(`Stand.trule.minThinningVolume` und `Stand.trule.maxThinningVolume`). Die Durchforstungsstärke wird in der Variable `Stand.trule.thinningIntensity` eingestellt.

- **Temporäre Z-Bäume freistellen** `thinTempCropTreeCompetition()`: Dieses Behandlungselement arbeitet genau wie die beschriebene Behandlungselement Z-Bäume fördern. Der einzige Unterschied ist, dass in diesem Fall nur die temporären Z-Bäume betrachtet und freigestellt werden.
- **Zwischenfelder durchforsten** `thinCompetitionFromAbove()`: Wenn alle Z-Bäume oder temporären Z-Bäume freigestellt sind und die Zielgrundfläche noch überschritten wird, dann werden von der Methode zusätzlich Füllbäume zum Erreichen der Zielgrundfläche entfernt. Iterativ wird jeweils der Füllbaum entfernt, der die meisten anderen Bäume mit seiner Krone überlappt. In dieser Methode werden vorwiegend stärkere Bäume des Füllbestandes entfernt.
- **Niederdurchforstung** `thinFromBelow()`: Bei der Niederdurchforstung werden solange Bäume von schwächeren Ende her entnommen, bis die angestrebte Grundfläche erreicht ist. Bei diesem Verfahren wird die Position der Bäume nicht berücksichtigt.
- **Rücknahme der Durchforstung** `checkMinThinningVolume()`: Diese Methode dient dazu, die Durchforstung zurückzusetzen.
- **Pflanzen** `startPlanting()`: Im Rahmen der Simulation gibt es Situationen, in denen eine Pflanzung bzw. das Unterpflanzen von Interesse ist. Die Methode ermöglicht eine automatische Pflanzung. Die zu pflanzenden Baumarten und deren Intensität werden der Methode mit Hilfe der Textvariable `Stand.trule.plantingString` vorgegeben. Im Modell werden keine Bäume sondern sogenannte Verjüngungsplatzhalter gepflanzt, die gewissermaßen jeweils einen Baum zum Zeitpunkt des Einwuchses ($BHD \geq 7 \text{ cm}$) darstellen. Verjüngungsplatzhalter bedecken symbolisch eine Fläche von 5 m^2 . Gepflanzt wird, wenn die Variable `Stand.trule.autoPlanting = true` ist und der Schlussgrad des Oberstandes den gesetzten Wert der Variable `Stand.trule.degreeOfStockingToStartPlanting` unterschritten hat.

Modellgrenzen

Die Güte eines Wachstumsmodelles hängt ganz wesentlich von dem vorhandenen Datenmaterial ab. Das Datenmaterial ist häufig sehr heterogen, d.h. Durchmesser, Höhe, Kronenbreite und Kronenansatz wurden an Einzelbäumen mit unterschiedlicher Intensität gemessen. Die Modellgleichungen bauen daher auf unterschiedlichen Datensätzen auf. Darüber hinaus können sich

die Daten für die verschiedenen Baumarten in Umfang und Zeit erheblich unterscheiden.

In den Simulator können Gleichungen eingegeben werden, die mit multipler linearer Regression und nicht linearer Regression für das Datenmaterial geschätzt. Die angegebenen Fehlerrahmen gelten daher nur für die Bereiche, die bei der Parametrisierung mit Daten abgedeckt waren. Sie sind jedoch nicht ohne weiteres extrapolierbar. Die Ergebnisse von Simulationsläufen, in denen das Wachstum von Bäumen in Situationen geschätzt wird, die nur sehr geringem oder keinen Umfang im Datenmaterial vor kamen, sollten mit größter Vorsicht betrachtet werden.

Die Simulation läuft unter "idealen Bedingungen" ab, d.h. im Modell werden keine Schadereignisse wie z.B. Windwurf, extreme Naßschneelagen oder Insektenbefall berücksichtigt.

Der Benutzer sollte sich dieser Modellgrenzen bewusst sein. Er darf dem Modell nicht blind vertrauen, sondern sollte die Ergebnisse immer kritisch hinterfragen. Wird das Modell in dieser Form eingesetzt, so kann es einen Beitrag zur Entscheidungsfindung leisten.

Funktionen und Einstellungen für Nordwestdeutschland

Baumartenschlüssel

Code	Kurz	Name	lat. Name	Einstellung wie
110	Ei	Eiche	Quercus	110
111	SEi	Stieleiche	Quercus robur	110
112	TEi	Traubeneiche	Quercus petraea	110
113	REi	Roteiche	Quercus rubra	113
114	ZEi	Zerreiche	Quercus cerris	110
115	SuEi	Sumpfeiche	Quercus cerris	110
211	Bu	Buche	Fagus silvatica	211
221	Hbu	Hainbuche	Carpinus betulus	211
311	Es	Esche	Fraxinus excelsior	311
321	BAh	Bergahorn	Acer pseudoplatanus	321
322	SAh	Spitzahorn	Acer platanoides	321
323	FAh	Feldahorn	Acer campestre	321
331	BRue	Bergulme	Ulmus glabra	211
332	FlaR	Flatterulme	Ulmus laevis	211
333	FRue	Feldulme	Ulmus minor	211
341	SLi	Sommerlinde	Tilia platyphyllos	342
342	WLi	Winterlinde	Tilia cordata	211
351	Rob	Robinie	Robinia pseudoacacia	211
352	Kast	Kastanie	Castanea sativa	211
353	Nuss	Nussbaum	Juglans regia	211
354	Kir	Kirsche	Prunus avium	211
355	Apf	Wildapfel	Malus silvestris	211
356	Bir	Wildbirne	Pyrus pyraeaster	211
357	Els	Elsbeere	Sorbus torminalis	357

Code	Kurz	Name	lat. Name	Einstellung wie
358	Spei	Speierling	Sorbus domestica	357
359	Mehl	Mehlbeere	Sorbus intermedia	357
361	Tul	Tulpenbaum	Liriodendron tulipifera	321
362	Hi	Hickory	Carya alba	321
363	Pla	Platane	Platanus acerifolia	321
365	Zwe	Wildzwetschge	Prunus domestica	357
372	Faulb	Faulbaum	Faulbaum	357
375	Has	Hasel	Corylus avellana	357
380	Pfaff	Pfaffenhütchen	Euonymus europaeus	357
386	Ilex	Stechpalme	Ilex aquifolium	357
410	Bi	Birke	Betula	412
411	SBi	Sandbirke	Betula pendula	412
412	MBi	Moorbirke	Betula pubescens	412
413	JBi	Japanische Birke	Betula	412
414	HyBi	Hybrid Birke	Betula	412
421	REr	Roterle (Schwarzerle)	Alnus glutinosa	421
422	WEr	Weisserle (Grauerle)	Alnus incana	421
423	GEr	Grünerle	Alnus incana	421
430	Pa	Pappel	Populus	110
431	As	Espe o. Zitterpappel	Populus tremula	110
432	SPa	Schwarzpappel	Populus nigra	110
433	GPa	Graupappel	Populus canescens	110
434	BPa	Balsampappel	Populus balsamifera	110
441	Wei	Weide	Salix	110
442	RKast	Roskastanie	Aesculus hippocastanum	321
451	Ebs	Eberesche	Sorbus aucuparia	211
452	TKir	amerik. Traubenkirsche	Prunus serotina	211
511	Fi	Fichte	Picea abies	511
512	SFi	Sitkafichte	Picea sitchensis	511
513	OFi	Omorikafichte	Picea omorika	511
514	SteFi	Stechfichte	Picea pungens	511
515	SwFi	Schwarzfichte	Picea mariana	511
516	SaFi	Sachalinfichte	Picea glehnii	511
517	YeFi	Ajanfichte	Picea jezoensis	511
521	Ta	Weisstanne	Abies alba	511
522	NTa	Nordmannstanne	Abies nordmanniana	511
523	KTa	Küstentanne	Abies grandis	511
524	KoLTa	Koloradotanne	Abies concolor	511
525	ETa	Edeltanne	Abies procera	511
527	LTA	Sierra-Tanne	Abies concolor var. lowiana	511

Code	Kurz	Name	lat. Name	Einstellung wie
528	VTa	Veitchs-Tanne	Abies veitchii	511
529	PTa	Purpurtanne	Abies amabilis	511
541	Ts	Hemlock	Picea abies	541
542	Th	Lebensbaum	Thuja plicata	711
611	Dgl	Douglasie	Pseudotsuga menziesii	611
711	Ki	Kiefer	Pinus Silvestris	711
712	SKi	Schwarzkiefer	Pinus nigra	711
731	Stro	Strobus	Pinus strobus	711
811	ELae	Europäische Lärche	Larix decidua	811
812	JLae	Japanische Lärche	Larix kaempferi	811

Voll parametrisiert	Weitgehend parametrisiert	teilweise parametrisiert	nicht parametrisiert
---------------------	---------------------------	--------------------------	----------------------

Tabelle 9: Baumart 110 – Eiche (*Quercus*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-1.937 + 1.082 * sp.dg) * (((6.9 / (-1.937 + 1.082 * sp.dg))^{(4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax)}) - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax))} / *$ Eiche (NAGEL u. BIGING 1995) */
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.14657227 * (1.0 - (sp.dg / t.d))) * \exp(3.78686023 * ((1.0 / sp.dg) - (1.0 / t.d))) / *$ Eiche (NAGEL 1999) */
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.1944676 + 0.3535610 * \ln(sp.dg) / *$ Eiche (ALBERT 2000) */
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d / 200)^2 * (0.4786 - (1.011176 / t.d) + (2.10428 / t.h) - (203.1997 / (t.d * t.h * t.h))) / *$ Eiche Derbholz (BERGEL 1974) */
Kronenbreite [m]	$t.cw = (2.6618 + 0.1152 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d / 8.3381) * 1.4083))) / *$ Eiche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\exp((-0.5268 + 0.2287 * t.h / t.d - 0.00453 * t.d + 0.4712 * \ln(sp.h100)))))) / *$ Eiche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = sp.h100 / (1.2164 * (1.0 - \exp(-0.0194 * t.age))^{1.1344}) / *$ Eiche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = 1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * t.age))^{1.1344} / *$ Eiche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * (t.age + 5.0)))^{1.1344}) - (1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * t.age))^{1.1344})) / *$ Eiche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * (t.age + 5.0)))^{1.1344}) - (1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * t.age))^{1.1344})) / sp.h100) + (0.01676 * (t.hinc^{1.3349}))) / *$ Eiche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm²]	$t.dinc = \exp(-6.5350 + 1.3260 * \ln((3.141593 * (t.cw / 2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2.0)) * (((4.0 * (t.h - t.cb)^2.0 + (t.cw / 2.0)^2.0)^{1.5} - (t.cw / 2.0)^3.0)) - 0.8437 * \ln(t.age) - 0.9373 * t.c66xy + 0.1239 * t.c66cxy - 0.1263 * \ln(5.0))) / *$ Eiche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.617
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = 0.0001 * 3.141592 / (16 * 0.000002807 * 0.5814 * (t.h^{(0.9082 - 1.1830)})) / *$ Eiche Nordwest (DÖBBELER 2004) */
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 600
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	80.0

Höhe der 1. Durchforstung [m]	14.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	14.0;0.75;18.0;18.0;0.80;24.0;24.0;0.85;100.0
Farbe (RGB)	255;255;51
Plugin: Einwuchs	Ingrowth2
Plugin: Konkurrenzindex	Competition
Plugin: Schaftformfunktion	TaperFunctionBySchmidt
Volumenfunktion Schaftholz [m³]	

Tabelle 10: Baumart 211 – Buche (*Fagus silvatica*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-4.282 + 1.132 * sp.dg) * (((6.9 / (-4.282 + 1.132 * sp.dg))^{(4.518 + 0.317 * sp.dg - 0.200 * dmax)} - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (4.518 + 0.317 * sp.dg - 0.200 * dmax))} / \text{Buche (NAGEL u. BIGING 1995) } *$
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.20213328 * (1.0 - (sp.dg / t.d))) * \exp(5.64023296 * ((1.0 / sp.dg) - (1.0 / t.d))) / \text{Buche (NAGEL 1999) } *$
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = 1.1217150 + 0.2203473 * \ln(sp.BHD_STD) / \text{Buche (ALBERT 2000) } *$
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d / 200)^2 * (0.4039 + 0.0017335 * t.h + 1.1267 / t.h - 118.188 / (t.d * t.d * t.d) + 0.0000042 * t.d * t.d) / \text{Buche Derbholz (BERGEL 1973) } *$
Kronenbreite [m]	$t.cw = (2.0837 + 0.15 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d / 5.7292) * 1.3341))) / \text{Buche (DÖBBELER ET. AL. 2001) } *$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\exp((0.25704 + 0.11819 * t.h / t.d - 0.002065 * t.d + 0.13831 * \ln(sp.h100)))))) / \text{Buche (DÖBBELER ET. AL. 2001) } *$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = (sp.h100 + 75.65900 - 23.19200 * \ln(t.age) + 1.46800 * ((\ln(t.age))^{2.0}) / (0.00000 + 0.21520 * \ln(t.age))) / \text{Buche (NAGEL 1999) } *$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$\text{Höhe} = -75.65900 + 23.19200 * \ln(t.age) - 1.46800 * (\ln(t.age))^2 + 0.0 * t.si + 0.21520 * t.si * \ln(t.age) / \text{Buche (NAGEL 1999) } *$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((-75.65900 + 23.19200 * \ln(t.age + 5) - 1.46800 * ((\ln(t.age + 5))^{2.0}) + 0.21520 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-75.65900 + 23.19200 * \ln(t.age) - 1.46800 * ((\ln(t.age))^{2.0}) + 0.21520 * t.si * (\ln(t.age)))) / \text{Buche (NAGEL 1999) } *$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((-75.65900 + 23.19200 * \ln(t.age + 5) - 1.46800 * ((\ln(t.age + 5))^{2.0}) + 0.21520 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-75.65900 + 23.19200 * \ln(t.age) - 1.46800 * ((\ln(t.age))^{2.0}) + 0.21520 * t.si * (\ln(t.age)))) / sp.h100) + (0.00159 * (t.hin$

	$c^{1.9086}))$ /* Buche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-7.393 + 1.375 \cdot \ln(3.14159265359 \cdot (t.cw/2.0) / (6.0 \cdot (t.h - t.cb)^2) \cdot ((4.0 \cdot (t.h - t.cb)^2 + (t.cw/2)^2)^{1.5} - (t.cw/2)^3)) - 0.791 \cdot \ln(t.age) - 0.793 \cdot t.c66xy + 0.809 \cdot t.c66cxy - 0.0 \cdot \ln(5.0))$ /* Buche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.762
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	$MaxDichte = 0.0001 \cdot 3.141592 / (16 \cdot 0.00000010829 \cdot 8.3652 \cdot (t.h^{(1.5374 - 1.7365)}))$ /* Buche Nordwest (DÖBBELER 2004) */
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 300
Totholzzersetzung (Faktor)	$(1.0 - (((1.0 - \exp(-0.0658 \cdot (t.age)))^{2.2529})))$ /* Buche (MEYER 2009) */
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.7;22.0;22.0;0.65;28.0;28.0;0.75;100.0
Farbe (RGB)	199;83;28
Plugin: Einwuchs	Ingrowth2
Plugin: Konkurrenzindex	Competition
Plugin: Schaftformfunktion	TaperFunctionBySchmidt
Volumenfunktion Schaftholz [m ³]	

Tabelle 11: Baumart 511 – Fichte (*Picea abies*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-2.492 + 1.104 \cdot sp.dg) \cdot (((6.9 / (-2.492 + 1.104 \cdot sp.dg))^{(3.418 + 0.353 \cdot sp.dg - 0.192 \cdot dmax)} - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (3.418 + 0.353 \cdot sp.dg - 0.192 \cdot dmax))})$ /* Fichte (NAGEL u. BIGING 1995) */
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) \cdot \exp(0.18290951 \cdot (1.0 - (sp.dg/t.d))) \cdot \exp(5.68789430 \cdot ((1.0/sp.dg) - (1.0/t.d)))$ /* Fichte (NAGEL 1999) */
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = 0.1441427 + 0.5552640 \cdot \ln(sp.BHD_STD)$ /* Fichte (ALBERT 2000) */

Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.04016 - 27.56211 / (t.d * t.d) + 1.36195 / \ln(t.d) + 0.057654 * t.h / t.d) /* Fichte Derbholz (BERGEL 1987) */$
Kronenbreite [m]	$t.cw = (1.2644 + 0.1072 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d/0.000001) * 1.0))) /* Fichte (NAGEL 1999) */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\exp((2.0417 - 0.3335 * t.h / t.d + 0.00906 * t.d - 0.9004 * \ln(sp.h100)))) /* Fichte (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 1 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = (sp.h100 + 49.87200 - 7.33090 * \ln(t.age) - 0.77338 * ((\ln(t.age))^2.0)) / (0.52684 + 0.10542 * \ln(t.age)) /* Fichte (NAGEL 1999) */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = -49.87200 + 7.33090 * \ln(t.age) + 0.77338 * (\ln(t.age)^2) + 0.52684 * t.si + 0.10542 * t.si * \ln(t.age) /* Fichte (NAGEL 1999) */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * (t.age + 5.0)))^1.1344) - (1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * t.age))^1.1344)) /* Fichte (NAGEL 1999) */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((-49.87200 + 7.33090 * \ln(t.age + 5) + 0.77338 * ((\ln(t.age + 5))^2.0) + 0.52684 * t.si + 0.10542 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-49.87200 + 7.33090 * \ln(t.age) + 0.77338 * ((\ln(t.age))^2.0) + 0.52684 * t.si + 0.10542 * t.si * (\ln(t.age)))) / sp.h100) + (0.00271 * (t.hinc^2.1725))) /* Fichte (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm²]	$t.dinc = \exp(-6.2018 + 1.2984 * \ln(3.14159265359 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2) * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2 + (t.cw/2)^2)^1.5 - (t.cw/2)^3)) - 0.9366 * \ln(t.age) - 1.2835 * t.c66xy + 0.2962 * t.c66cxy + 0.2926 * 1.6094) /* Fichte (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.638
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = 0.0001 * 3.141592 / (16 * 0.0000012874 * 1.2842 * (t.h^{(0.7148 - 1.1914)})) /* Fichte Nordwest (DÖBBELER 2004) */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 240
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 50.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	45.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige	12.0;0.7;20.0;20.0;0.75;26.0;26.0;0.8;100.0

Durchforstung [m;NB°]	
Farbe (RGB)	0;102;255
Plugin: Einwuchs	Ingrowth2
Plugin: Konkurrenzindex	Competition
Plugin: Schaftformfunktion	TaperFunctionBySchmidt
Volumenfunktion Schaftholz [m³]	$3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.5848 + 3.34262/(t.h * t.h) - 1.73375/(t.h * t.d) - 0.26215 * \log(t.d)/\log(10.0) + 0.18736 * \log(t.h)/\log(10.0) + 11.34436/(t.d * t.h * t.h))$ /* Fichte Schaftholz (BERGEL 1973) */

Tabelle 12: Baumart 611 – Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-0.621 + 1.060 * sp.dg) * (((6.9 / (-0.621 + 1.060 * sp.dg))^{(4.380 + 0.236 * sp.dg - 0.141 * dmax)} - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (4.380 + 0.236 * sp.dg - 0.141 * dmax))})$ /* Douglasie (NAGEL u. BIGING 1995) */
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.19965100 * (1.0 - (sp.dg/t.d))) * \exp(4.63277655 * ((1.0/sp.dg) - (1.0/t.d)))$ /* Douglasie (NAGEL 1999) */
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = 0.2071047 + 0.5843520 * \ln(sp.BHD_STD)$ /* Douglasie (ALBERT 2000) */
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (-200.31914/(t.h * t.d * t.d) + 0.8734/t.d - 0.0052 * \ln(t.d) * \ln(t.d) + 7.3594/(t.h * t.d) + 0.46155)$ /* Douglasie Derbholz (BERGEL 1987) */
Kronenbreite [m]	$t.cw = (2.919 + 0.0939 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d/10.0161) * 1.362)))$ /* Douglasie (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\exp(-1.8796 + 0.34056 * t.h/t.d - 0.00610 * t.d + 0.8262 * \ln(sp.h100))))$ /* Douglasie (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 1 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = (sp.h100 + 47.09070 - 11.4322 * \ln(t.age) + 0.0 * ((\ln(t.age))^2.0) / (-0.0 + 0.20063 * \ln(t.age)))$ /* Douglasie (NAGEL 1999) */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$\text{Höhe} = -47.09070 + 11.4322 * \ln(t.age) - 0.0 * (\ln(t.age))^2 - 0.0 * t.si + 0.20063 * t.si * \ln(t.age)$ /* Douglasie (NAGEL 1999) */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((-47.09070 + 11.4322 * \ln(t.age + 5) - 0.0 * ((\ln(t.age + 5))^2.0) - 0.0 * t.si + 0.20063 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-47.09070 + 11.4322 * \ln(t.age) - 0.0 * ((\ln(t.age))^2.0) - 0.0 * t.si + 0.20063 * t.si * (\ln(t.age))))$ /* Douglasie (NAGEL 1999) */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((-47.09070 + 11.4322 * \ln(t.age + 5) - 0.0 * ((\ln(t.age + 5))^2.0) - 0.0 * t.si + 0.20063 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-47.09070 + 11.4322 * \ln(t.age) - 0.0 * ((\ln(t.age))^2.0) - 0.0 * t.si + 0.20063 * t.si * (\ln(t.age)))) / sp.h100 + (0.00159 * (t.hinc^2.5255)))$ /*

	Douglasie (DÖBBELER ET AL 2002) */
Höhenzuwachs- streuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzu- wachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-7.9766 + 1.5135 \cdot \ln(3.14159265359 \cdot (t.cw/2.0) / (6.0 \cdot (t.h - t.cb)^2) \cdot ((4.0 \cdot (t.h - t.cb)^2 + (t.cw/2)^2)^{1.5} - (t.cw/2)^3)) - 1.0009 \cdot \ln(t.age) - 0.4481 \cdot t.c66xy + 0.5099 \cdot t.c66cxy + 0.3038 \cdot 1.6094) / *$ Douglasie (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzu- wachs- streuung [cm]	herror = 0.725
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	$MaxDichte = 0.0001 \cdot 3.141592 / (16.0 \cdot 0.00000089306 \cdot 2.4088 \cdot (t.h^{(0.7726 - 1.3555)})) / *$ Douglasie suedwest (DÖBBELER 2004) */
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 280
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 50.0)$
Zielstärkendurch- messer [cm]	65.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	14.0
Mäßige Durchforstung [m; NB°]	14.0; 0.65; 20.0; 20.0; 0.70; 26.0; 26.0; 0.7; 100.0
Farbe (RGB)	255; 128; 255
Plugin: Einwuchs	Ingrowth2
Plugin: Konkurrenzindex	Competition
Plugin: Schaftformfunktio- n	TaperFunctionBySchmidt
Volumenfunktion Schaftholz [m ³]	$3.141592 \cdot t.h \cdot (t.d/200)^2 \cdot (0.10798 + 0.71858 / (\log(t.d \cdot 10.0) / \log(10.0)) + 0.04065 \cdot (t.h/t.d)) / *$ Douglasie Schaftholz (BERGEL 1971) */

Tabelle 13: Baumart 711 – Kiefer (*Pinus silvestris*)

Durchmessergeneri- erung [cm]	$t.d = (-0.047 + 1.047 \cdot sp.dg) \cdot (((6.9 / (-0.047 + 1.047 \cdot sp.dg))^{(3.640 + 0.332 \cdot sp.dg - 0.180 \cdot dmax)} - \ln(1.0 - random))^{(1.0 / (3.640 + 0.332 \cdot sp.dg - 0.180 \cdot dmax))} / *$ Kiefer (NAGEL u. BIGING 1995) */
Einheitshöhenkur- ve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) \cdot \exp(0.25963741 \cdot (1.0 - (sp.dg/t.d))) \cdot \exp(1.30645374 \cdot ((1.0/sp.dg) - (1.0/t.d))) / *$ Kiefer (NAGEL 1999) */
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -1.8315300 + 0.9701583 \cdot \ln(sp.dg) / *$ Kiefer (ALBERT 2000) */

Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.40804 - 318.3342 / (t.h * t.d * t.d) + 36.90522 / (t.h * t.d) - 4.05292 / (t.d * t.d))$ /* Kiefer Derbholz (BERGEL 1987) */
Kronenbreite [m]	$t.cw = (1.2783 + 0.11388 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d/8.705220) * 1.33944)))$ /* Kiefer (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d/8.705220) * 1.33944)))$ /* Kiefer (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 1 (0=Laubholz, 1=Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = (sp.h100 + 31.67480 - 11.64500 * \ln(t.age) + 1.04989 * ((\ln(t.age))^2.0)) / (-0.43221 + 0.31253 * \ln(t.age))$ /* Kiefer (NAGEL 1999) */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = -31.67480 + 11.64500 * \ln(t.age) - 1.04989 * (\ln(t.age))^2.0 - 0.43221 * t.si + 0.31253 * t.si * \ln(t.age)$ /* Kiefer (NAGEL 1999) */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((-31.67480 + 11.64500 * \ln(t.age + 5) - 1.04989 * ((\ln(t.age + 5))^2.0) - 0.43221 * t.si + 0.31253 * t.si * \ln(t.age + 5)) - (-31.67480 + 11.64500 * \ln(t.age) - 1.04989 * ((\ln(t.age))^2.0) - 0.43221 * t.si + 0.31253 * t.si * \ln(t.age)))$ /* Kiefer (NAGEL 1999) */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((-31.67480 + 11.64500 * \ln(t.age + 5) - 1.04989 * ((\ln(t.age + 5))^2.0) - 0.43221 * t.si + 0.31253 * t.si * \ln(t.age + 5)) - (-31.67480 + 11.64500 * \ln(t.age) - 1.04989 * ((\ln(t.age))^2.0) - 0.43221 * t.si + 0.31253 * t.si * \ln(t.age))) / sp.h100 + (0.0000 * (t.hinc^1.0)))$ /* Kiefer (DÖBBELER ET AL 2002) */
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm²]	$t.dinc = \exp(-5.0479 + 0.9508 * \ln(3.14159265359 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2 * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2 + (t.cw/2)^2)^{1.5} - (t.cw/2)^3)) - 0.7835 * \ln(t.age) - 0.7639 * t.c66xy + 0.7113 * t.c66cxy - 0.1891 * 1.6094)$ /* Kiefer (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.649
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = 0.0001 * 3.141592 / (16 * 0.0000025729 * 0.2838 * (t.h^{(0.6277 - 0.7621)}))$ /* Kiefer Nordwest (DÖBBELER 2004) */
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 280
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 50.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	45.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.7;18.0;18.0;0.75;24.0;24.0;0.8;100.0
Farbe (RGB)	153;153;153
Plugin: Einwuchs	Ingrowth2

Plugin: Konkurrenzindex	Competition
Plugin: Schaftformfunktion	TaperFunctionBySchmidt
Volumenfunktion Schaftholz [m³]	$3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.35096 + 0.93964/t.d + 1.5464/t.h - 2.0482/(t.d * t.d) - 5.7305/(t.d * t.h) + 17.444/(t.h * t.d * t.d))$ /* Kiefer Schaftholz (BERGEL 1974) */

Tabelle 14: Baumart 113 - Roteiche

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (0.267 + 1.031 * sp.dg) * (((6.9 / (0.267 + 1.031 * sp.dg))^{(6.122 + 0.374 * sp.dg - 0.258 * dmax)}) - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (6.122 + 0.374 * sp.dg - 0.258 * dmax))}$ /* Roteiche (NAGEL u. BIGING 1995) */
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.26932445 * (1.0 - (sp.dg/t.d))) * \exp(4.32123002 * ((1.0/sp.dg) - (1.0/t.d)))$ /* Roteiche (NAGEL 1999) */
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.1944676 + 0.3535610 * \ln(sp.dg)$ /* Eiche (ALBERT 2000) */
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.4237 + 0.039178/t.d - 4.69154/(t.d * t.d) + 38.5469/(t.h * t.d) - 335.8731/(t.h * t.d * t.d))$ /* Roteiche Derbholz (BERGEL 1974) */
Kronenbreite [m]	$t.cw = (2.6618 + 0.1152 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d/8.3381) * 1.4083)))$ /* Eiche (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\exp((0.3652 + 0.3556 * t.h/t.d - 0.00558 * t.d + 0.1373 * \ln(sp.h100))))))$ /* Roteiche (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = sp.h100 / (1.3952 * (1.0 - \exp(-0.0321 * t.age))^{1.5033})$ /* Roteiche NAGEL 1999 */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = 1.3952 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0321 * t.age))^{1.5033}$ /* Roteiche NAGEL 1999 */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((1.3952 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0321 * (t.age + 5.0)))^{1.5033}) - (1.3952 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0321 * t.age))^{1.5033}))$ /* Roteiche NAGEL 1999 */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((1.3952 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0321 * (t.age + 5.0)))^{1.5033}) - (1.3952 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0321 * t.age))^{1.5033})) / sp.h100) + (-0.00102 * (t.hinc^2.6855)))$ /* Roteiche (DÖBBELER ET AL 2002) */
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm²]	$t.dinc = \exp(-6.7960 + 1.4050 * \ln((3.141593 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2.0)) * (((4.0 * (t.h - t.cb)^2.0 + (t.cw/2.0)^2.0)^{1.5}) - (t.cw/2.0)^3.0)) - 0.8437 * \ln(t.age) - 1.0990 * t.c66xy + 0.8281 * t.c66cxy - 0.2111 * \ln(5.0))$ /* Roteiche (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.569

Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$\text{MaxDichte} = (3.141592 * (\text{t.d}/200.0)^{2.0}) * (18800.0 / (3.141592 * (\text{t.cw}/2.0)^{2.0})) /* \text{Roteiche (DÖBBELER ET AL 2002) } */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 300
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((\text{sp.year} - \text{t.out} - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.75;18.0;18.0;0.80;24.0;24.0;0.85;100.0
Farbe (RGB)	255;255;20
Plugin: Einwuchs	Ingrowth2
Plugin: Konkurrenzindex	Competition
Plugin: Schaftformfunktion	TaperFunctionBySchmidt

Tabelle 15: Baumart 221 – Hainbuche (*Carpinus betulus*)

Funktionen wie Code	211
Kronenbreite [m]	$\text{t.cw} = (3.002 + 0.1851 * \text{t.d}) /* \text{Hainbuche (DÖBBELER ET AL 2002) } */$
Kronenansatz [m]	$\text{t.cb} = \text{t.h} * (1.0 - \exp(-\text{abs}((-0.8466 + 0.1534 * \text{t.h}/\text{t.d} - 0.01084 * \text{t.d} + 0.6002 * \ln(\text{sp.h100})))) /* \text{Hainbuche (DÖBBELER ET AL 2002) } */$
Grundflächenzuwachs [cm²]	$\text{t.dinc} = \exp(-8.7786 + 1.1773 * \ln(3.14159265359 * (\text{t.cw}/2.0) / (6.0 * (\text{t.h} - \text{t.cb})^2 * ((4.0 * (\text{t.h} - \text{t.cb})^2 + (\text{t.cw}/2)^2)^{1.5} - (\text{t.cw}/2)^3)) - 0.3176 * \ln(\text{t.age}) - 0.5691 * \text{t.c66xy} + 0.0 * \text{t.c66cxy} - 0.7319 * \ln(5.0)) /* \text{Hainbuche (DÖBBELER ET AL 2002) c66c auf nNull gesetzt} */$
Durchmesserzuwachsreueung [cm]	herror = 0.762
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$\text{MaxDichte} = (3.141592 * (\text{t.d}/200.0)^{2.0}) * (21100 / (3.141592 * (\text{t.cw}/2.0)^{2.0})) /* \text{Hainbuche (DÖBBELER ET AL 2002) } */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 300
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((\text{sp.year} - \text{t.out} - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	65.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.7;22.0;22.0;0.65;28.0;28.0;0.75;100.0
Farbe (RGB)	199;83;28

Tabelle 16: Baumart 311 – Esche (*Fraxinus excelsior*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-1.937 + 1.082 * sp.dg) * (((6.9 / (-1.937 + 1.082 * sp.dg))^{(4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax)}) - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax))} /* Eiche (NAGEL u. BIGING 1995) */$
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.14657227 * (1.0 - (sp.dg / t.d))) * \exp(3.78686023 * ((1.0 / sp.dg) - (1.0 / t.d))) /* Eiche (NAGEL 1999) */$
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.1944676 + 0.3535610 * \ln(sp.dg) /* Buche (ALBERT 2000) */$
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d / 200)^2 * (0.4786 - (1.011176 / t.d) + (2.10428 / t.h) - (203.1997 / (t.d * t.h * t.h))) /* Buche Derbholz (BERGEL 1973) */$
Kronenbreite [m]	$t.cw = (17.372 - 0.0646 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d / 45.371) * 1.238))) /* Esche (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\exp(-0.3708 + 0.4211 * t.h / t.d - 0.0030 * t.d + 0.3242 * \ln(sp.h100)))) /* Esche (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp = 0 (0=Laubholz, 1=Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = (sp.h100 + 46.046 - 15.81886 * \ln(t.age) + 1.33618 * ((\ln(t.age))^2.0)) / (0.00000 + 0.22808 * \ln(t.age)) /* Esche (NAGEL 1999) */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$\text{Höhe} = -46.046 + 15.81886 * \ln(t.age) - 1.33618 * (\ln(t.age)^2) + 0.0 * t.si + 0.22808 * t.si * \ln(t.age) /* Esche (NAGEL 1999) */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((-46.046 + 15.81886 * \ln(t.age + 5) - 1.33618 * ((\ln(t.age + 5))^2.0) + 0.22808 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-46.046 + 15.81886 * \ln(t.age) - 1.33618 * ((\ln(t.age))^2.0) + 0.22808 * t.si * (\ln(t.age)))) / sp.h100 + (0.0 * (t.hinc^1.0)) /* Esche (NAGEL 1999) */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((-46.046 + 15.81886 * \ln(t.age + 5) - 1.33618 * ((\ln(t.age + 5))^2.0) + 0.22808 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-46.046 + 15.81886 * \ln(t.age) - 1.33618 * ((\ln(t.age))^2.0) + 0.22808 * t.si * (\ln(t.age)))) / sp.h100 + (0.0 * (t.hinc^1.0))) /* Esche (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm²]	$t.dinc = \exp(-6.1407 + 1.1068 * \ln((3.141593 * (t.cw / 2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2.0)) * (((4.0 * (t.h - t.cb)^2.0 + (t.cw / 2.0)^2.0)^1.5) - (t.cw / 2.0)^3.0)) - 0.5533 * \ln(t.age) - 1.2802 * t.c66xy + 2.1916 * t.c66cy - 0.5044 * \ln(5.0)) /* Esche (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.685
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$\text{MaxDichte} = (3.141592 * (t.d / 200.0)^2.0) * (14100.0 / (3.141592 * (t.cw / 2.0)^2.0)) /* Esche (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 300
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.85;18.0;18.0;0.90;24.0;24.0;0.95;100.0
Farbe (RGB)	0;153;0

Tabelle 17: Baumart 321 - Bergahorn

Durchmessergenerierung	$t.d = (-1.937 + 1.082 * sp.dg) * (((6.9 / (-1.937 + 1.082 * sp.dg))^{(4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax)}) -$
------------------------	---

ng [cm]	$\ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0/(4.669 + 0.366 * \text{sp.dg} - 0.234 * \text{dmax}))}$ /* Eiche (NAGEL u. BIGING 1995) */
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (\text{sp.hg} - 1.3) * \exp(0.14657227 * (1.0 - (\text{sp.dg}/t.d))) * \exp(3.78686023 * ((1.0/\text{sp.dg}) - (1.0/t.d)))$ /* Eiche (NAGEL 1999) */
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.1944676 + 0.3535610 * \ln(\text{sp.dg})$ /* Buche (ALBERT 2000) */
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.4786 - (1.011176/t.d) + (2.10428/t.h) - (203.1997/(t.d * t.h * t.h)))$ /* Buche Derbholz (BERGEL 1973) */
Kronenbreite [m]	$t.cw = (2.7916 + 0.1340 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d/2.7198) * 0.4197)))$ /* Ahorn (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\exp(-0.3191 + 0.0475 * t.h/t.d - 0.0057 * t.d + 0.4066 * \ln(\text{sp.h100}))))$ /* Ahorn (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp = 0 (0=Laubholz, 1=Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 296.0432 * (\text{sp.h100}/296.0432)^{(1.0/\exp((-0.62388/((1.30296-1.0) * 100.0^{(1.30296-1.0)})) + (0.62388/((1.30296-1.0) * t.age^{(1.30296-1.0)})))}$ /* NAGEL 1985 */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$\text{Höhe} = 296.0432 * (t.si/296.0432)^{\exp((-0.62388/((1.30296-1.0) * 100.0^{(1.30296-1.0)})) + (0.62388/((1.30296-1.0) * t.age^{(1.30296-1.0)})))}$ /* NAGEL 1985 */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = (296.0432 * (t.si/296.0432)^{\exp((-0.62388/((1.30296-1.0) * 100.0^{(1.30296-1.0)})) + (0.62388/((1.30296-1.0) * (t.age+5.0)^{(1.30296-1.0)})))} - 296.0432 * (t.si/296.0432)^{\exp((-0.62388/((1.30296-1.0) * 100.0^{(1.30296-1.0)})) + (0.62388/((1.30296-1.0) * t.age^{(1.30296-1.0)})))}$ /* NAGEL 1985 */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((296.0432 * (t.si/296.0432)^{\exp((-0.62388/((1.30296-1.0) * 100.0^{(1.30296-1.0)})) + (0.62388/((1.30296-1.0) * (t.age+5.0)^{(1.30296-1.0)})))} - 296.0432 * (t.si/296.0432)^{\exp((-0.62388/((1.30296-1.0) * 100.0^{(1.30296-1.0)})) + (0.62388/((1.30296-1.0) * t.age^{(1.30296-1.0)})))}) / \text{sp.h100} + (0.0 * (t.hinc^{1.0})))$ /* Ahorn (DÖBBELER ET AL 2002) */
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm²]	$t.dinc = \exp(-5.9842 + 1.3801 * \ln((3.141593 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2.0)) * (((4.0 * (t.h - t.cb)^2.0 + (t.cw/2.0)^2.0)^{1.5} - (t.cw/2.0)^3.0)) - 0.7104 * \ln(t.age) - 0.7518 * t.c66xy + 0.0 * t.c66cxy - 1.0577 * \ln(5.0)))$ /* Ahorn (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.563
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$\text{MaxDichte} = (3.141592 * (t.d/200.0)^2.0) * (19800.0 / (3.141592 * (t.cw/2.0)^2.0))$ /* Ahorn (DÖBBELER ET AL 2002) */
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 280
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((\text{sp.year} - t.out - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.55;18.0;18.0;0.60;24.0;24.0;0.65;100.0
Farbe (RGB)	0;153;0

Tabelle 18: Baumart 342 – Winterlinde (*Tilia cordata*)

wie	211
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 96.173358 * (\text{sp.h100}/96.173358)^{(1.0/\exp((-0.495586/((1.101126-1.0) * 100.0^{(1.101126-1.0)})) + (0.495586/((1.101126-1.0) * t.age^{(1.101126-1.0)})))}$ /*

	BÖCKMANN 1990 */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = 96.173358 * (t.si / 96.173358)^{\exp((-0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * 100.0^{(1.101126 - 1.0)})) + (0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * t.age^{(1.101126 - 1.0)})))} / * \text{BÖCKMANN 1990 } */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = (96.173358 * (t.si / 96.173358)^{\exp((-0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * 100.0^{(1.101126 - 1.0)})) + (0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * (t.age + 5.0)^{(1.101126 - 1.0)})))} - 96.173358 * (t.si / 96.173358)^{\exp((-0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * 100.0^{(1.101126 - 1.0)})) + (0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * t.age^{(1.101126 - 1.0)})))} / * \text{BÖCKMANN 1990 } */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = (96.173358 * (t.si / 96.173358)^{\exp((-0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * 100.0^{(1.101126 - 1.0)})) + (0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * (t.age + 5.0)^{(1.101126 - 1.0)})))} - 96.173358 * (t.si / 96.173358)^{\exp((-0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * 100.0^{(1.101126 - 1.0)})) + (0.495586 / ((1.101126 - 1.0) * t.age^{(1.101126 - 1.0)})))} / * \text{BÖCKMANN 1990 } */$
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = (3.141592 * (t.d / 200.0)^{2.0}) * (14600.0 / (3.141592 * (t.cw / 2.0)^{2.0}))$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 280

Tabelle 19: Baumart 354 – Kirsche (*Prunus avium*)

Wie	211
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 84.185464 * (sp.h100 / 84.185464)^{(1.0 / \exp((-0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * 100.0^{(1.150926 - 1.0)})) + (0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * t.age^{(1.150926 - 1.0)})))} / * \text{RÖÖS 1990 } */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = 84.185464 * (t.si / 84.185464)^{\exp((-0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * 100.0^{(1.150926 - 1.0)})) + (0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * t.age^{(1.150926 - 1.0)})))} / * \text{RÖÖS 1990 } */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = (84.185464 * (t.si / 84.185464)^{\exp((-0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * 100.0^{(1.150926 - 1.0)})) + (0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * (t.age + 5.0)^{(1.150926 - 1.0)})))} - 84.185464 * (t.si / 84.185464)^{\exp((-0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * 100.0^{(1.150926 - 1.0)})) + (0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * t.age^{(1.150926 - 1.0)})))} / * \text{RÖÖS 1990 } */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = (84.185464 * (t.si / 84.185464)^{\exp((-0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * 100.0^{(1.150926 - 1.0)})) + (0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * (t.age + 5.0)^{(1.150926 - 1.0)})))} - 84.185464 * (t.si / 84.185464)^{\exp((-0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * 100.0^{(1.150926 - 1.0)})) + (0.800089 / ((1.150926 - 1.0) * t.age^{(1.150926 - 1.0)})))} / * \text{RÖÖS 1990 } */$
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = (3.141592 * (t.d / 200.0)^{2.0}) * (15400.0 / (3.141592 * (t.cw / 2.0)^{2.0}))$

Tabelle 20: Baumart 357 - Elsbeere (*Sorbus torminalis*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-1.937 + 1.082 * sp.dg) * (((6.9 / (-1.937 + 1.082 * sp.dg))^{(4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax)} - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax))} / * \text{Eiche (NAGEL u. BIGING 1995) } */$
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.14657227 * (1.0 - (sp.dg / t.d))) * \exp(3.78686023 * ((1.0 / sp.dg) - (1.0 / t.d))) / * \text{Eiche (NAGEL 1999) } */$
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.1944676 + 0.3535610 * \ln(sp.dg) / * \text{Buche (ALBERT 2000) } */$
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d / 200)^{2.0} * (0.4786 - (1.011176 / t.d) + (2.10428 / t.h) - (203.1997 / (t.d * t.h * t.h))) / * \text{Eiche Derbholz (BERGEL 1974) } */$
Kronenbreite [m]	$t.cw = (2.227 + 0.121 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d / 5.332) * 2.261))) / * \text{KAHLE 2004 } */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-(0.629 + 0.197 * (t.h / t.d))^{2.0})) / * \text{KAHLE 2004 } */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1=Nadelholz)

Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 785.400774 * (sp.h100 / 785.400774)^{(1.0 / \exp(-0.20576727 / ((1.03088451 - 1.0) * 100.0^{(1.03088451 - 1.0)})) + (0.20576727 / ((1.03088451 - 1.0) * t.age^{(1.03088451 - 1.0)})))} / * KAHLE 2004 */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = 785.400774 * (t.si / 785.400774)^{\exp(-0.20576727 / ((1.03088451 - 1.0) * 100.0^{(1.03088451 - 1.0)})) + (0.20576727 / ((1.03088451 - 1.0) * t.age^{(1.03088451 - 1.0)})))} / * KAHLE 2004 */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = (785.400774 * (t.si / 785.400774)^{\exp(-0.20576727 / ((1.03088451 - 1.0) * 100.0^{(1.03088451 - 1.0)})) + (0.20576727 / ((1.03088451 - 1.0) * (t.age + 5.0)^{(1.03088451 - 1.0)})))} - 785.400774 * (t.si / 785.400774)^{\exp(-0.20576727 / ((1.03088451 - 1.0) * 100.0^{(1.03088451 - 1.0)})) + (0.20576727 / ((1.03088451 - 1.0) * t.age^{(1.03088451 - 1.0)})))}) / sp.h100 / * KAHLE 2004 */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.hinc$
Höhenzuwachsstreuung [m]	$herror = 0.082$
Grundflächenzuwachs [cm²]	$t.dinc = \exp(-5.755 + 1.073 * \ln((3.141593 * (t.cw / 2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2.0)) * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2.0 + (t.cw / 2.0)^2.0)^{1.5} - (t.cw / 2.0)^3.0)) - 0.882 * \ln(t.age) - 0.727 * t.c66xy) / * KAHLE 2004 */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	$herror = 0.563$
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = (3.141592 * (t.d / 200.0)^2.0) * (19800.0 / (3.141592 * (t.cw / 2.0)^2.0)) / * KAHLE 2004 */$
Maximales Alter [Jahre]	$MaxAlter = 280$
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.55;18.0;18.0;0.60;24.0;24.0;0.65;100.0
Farbe (RGB)	0;153;0

Tabelle 21: Baumart 412 – Moorbirke (*Betula pubescens*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-1.937 + 1.082 * sp.dg) * (((6.9 / (-1.937 + 1.082 * sp.dg))^{(4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax)}) - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (4.669 + 0.366 * sp.dg - 0.234 * dmax))} / * Eiche (NAGEL u. BIGING 1995) */$
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.14657227 * (1.0 - (sp.dg / t.d))) * \exp(3.78686023 * ((1.0 / sp.dg) - (1.0 / t.d))) / * Eiche (NAGEL 1999) */$
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.1944676 + 0.3535610 * \ln(sp.dg) / * Eiche (ALBERT 2000) */$
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d / 200)^2 * (0.4039 + 0.0017335 * t.h + 1.1267 / t.h - 118.188 / (t.d * t.d * t.d) + 0.0000042 * t.d * t.d) / * Buche Derbholz (BERGEL 1973) */$
Kronenbreite [m]	$t.cw = 0.38051 + 0.221417 * t.d / * Moorbirke (NAGEL 2009) */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\text{abs}((-0.586706 + 0.445061 * t.h / t.d + 0.008464 * t.d + 0.27464 * \ln(sp.h100)))))) / * Moorbirke (NAGEL 2009) */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1=Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = sp.h100 * ((1.0 - \exp(-0.0658938 * 100.0)) / (1.0 - \exp(-0.0658938 * t.age)))^{4.1319191} / * Moorbirke Lock ausgeglichen (NAGEL 2009) */$
Höhe entsprechend	$Höhe = t.si / ((1.0 - \exp(-0.0658938 * 100.0)) / (1.0 - \exp(-0.0658938 * t.age)))$

der Bonität [m]	$\wedge 4.1319191$ /* Moorbirke Lock ausgeglichen (NAGEL 2009)*/
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$\text{ihpot} = ((t.\text{si}/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*(t.\text{age}+5.0)))) \wedge 4.1319191) - (t.\text{si}/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*(t.\text{age})))) \wedge 4.1319191$) /* Moorbirke Lock ausgeglichen (NAGEL 2009)*/
Höhenzuwachs [m]	$t.\text{hinc} = ((t.\text{si}/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*(t.\text{age}+5.0)))) \wedge 4.1319191) - (t.\text{si}/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*(t.\text{age})))) \wedge 4.1319191$) /* Moorbirke Lock ausgeglichen (NAGEL 2009)*/
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.05
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.\text{dinc} = (\exp(4.972+1.52733*\ln(3.14159265359*(t.\text{cw}/2.0)/(6.0*(t.\text{h}-t.\text{cb})^2))*((4.0*(t.\text{h}-t.\text{cb})^2 + (t.\text{cw}/2)^2)^{1.5} - (t.\text{cw}/2)^3)) - 1.75899*\ln(t.\text{age}) - 1.52027*t.\text{c66xy} - 1.077*t.\text{c66cxy})/10000$ /* Moorbirke (NAGEL 2009)*/
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.05
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	$\text{MaxDichte} = (3.141592*(t.\text{d}/200.0)^{2.0}*(9900.0/(3.141592*(t.\text{cw}/2.0)^{2.0}))$ /* Moorbirke (NAGEL 2009)*/
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 90
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((\text{sp}.\text{year} - t.\text{out} - 5.0)/30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	40.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.55;18.0;18.0;0.60;24.0;24.0;0.65;100.0
Farbe (RGB)	204;204;0

Tabelle 22: Baumart 421 – Roterle (Schwarzerle)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.\text{d} = (-1.937+1.082*\text{sp}.\text{dg})*(((6.9/(-1.937+1.082*\text{sp}.\text{dg}))^{(4.669+0.366*\text{sp}.\text{dg}-0.234*\text{dmax}))} - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0/(4.669+0.366*\text{sp}.\text{dg}-0.234*\text{dmax}))}$ /* Eiche (NAGEL u. BIGING 1995) */
Einheitshöhenkurve [m]	$t.\text{h} = 1.3 + (\text{sp}.\text{hg} - 1.3)*\exp(0.14657227*(1.0 - (\text{sp}.\text{dg}/t.\text{d}))*\exp(3.78686023*((1.0/\text{sp}.\text{dg}) - (1.0/t.\text{d})))$ /* Eiche (NAGEL 1999)*/
Höhenvariabilität [m]	$t.\text{hv} = -0.1944676 + 0.3535610*\ln(\text{sp}.\text{dg})$ /* Eiche (ALBERT 2000)*/
Volumenfunktion [m ³]	$t.\text{v} = \exp(-10.262754 + 2.155525*\ln(t.\text{d}) + 0.976678*\ln(t.\text{h}) - 0.043148*(\ln(t.\text{d}))^2 + 0.010716*(\ln(t.\text{h}))^2*(1.811999 - 7.382763*(1.0/t.\text{d}) - 0.032335*t.\text{d} + 0.0005276708*t.\text{d}^2) - 0.00000246995*t.\text{d}^3.0)$ /*Schwarzerle LOCKOW (1994)*/

Kronenbreite [m]	$t.cw = 0.17998 * (t.d^{0.75155}) * ((t.h - t.cb)^{0.35611})$ /*Schwarzerle SCHRÖDER ()*/
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\text{abs}((-1.662864 + 0.166908 * t.h / t.d - 0.013784 * t.d + 0.977588 * \ln(sp.h100))))))$ /*Schwarzerle SCHRÖDER ()*/
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 4.0 * sp.h100 * \exp(2.733015 - 1.668158 * \ln(t.age) + 0.167998 * \ln(t.age)^{2.0})$ /*Schwarzerle LOCKOW (1994)*/
Höhe entsprechend der Bonität [m]	Höhe = $t.si / (4.0 * \exp(2.733015 - 1.668158 * \ln(t.age + 5) + 0.167998 * \ln(t.age + 5)^{2.0}))$ /*Schwarzerle LOCKOW (1994)*/
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * (t.age + 5.0))))^{1.1344} - (1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * t.age))^{1.1344}))$ /*Schwarzerle Lockow (1994)*/
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = ((1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * (t.age + 5.0))))^{1.1344} - (1.2164 * t.si * (1.0 - \exp(-0.0194 * t.age))^{1.1344}))$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.05
Grundflächenzuwachs [cm²]	$t.dinc = \exp(-7.23687 + 1.05135 * \ln(3.14159265359 * (t.cw / 2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2 * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2 + (t.cw / 2)^2)^{1.5} - (t.cw / 2)^3)) - 0.50283 * \ln(t.age) - 0.80185 * t.c66xy)$ /*Schwarzerle SCHRÖDER ()*/
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.05
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = (3.141592 * (sp.dg / 200.0)^{2.0}) * (5518.3 * \exp(-0.0645 * sp.dg))$ /*Schwarzerle Schröder*/
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 125
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	40.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.55;18.0;18.0;0.60;24.0;24.0;0.65;100.0
Farbe (RGB)	204;204;0
Plugin: Einwuchs	Ingrowth2
Plugin: Konkurrenzindex	Competition
Plugin: Schaftformfunktion	TaperFunctionBySchmidt

Tabelle 23: Baumart 451 – Eberesche (*Sorbus aucuparia*)

Wie	211
Volumenfunktion [m³]	$t.v = 0.000904 + 0.96266 * (0.0000272 * t.h * t.d^2 + 0.00007719 * t.d * t.h + 0.000058 * t.h) + 0.13248 * (0.0000272 * t.h * t.d^2 + 0.00007719 * t.d * t.h + 0.000058 * t.h)^2$ /*Eberesche (HILLEBRAND 1996)*/
Kronenbreite [m]	$t.cw = 1.02199 + 0.13849 * t.d$ /*Eberesche (Hillebrand 1996)*/
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-(0.74928 + 0.21639 * t.h / t.d)^2.0))$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 66.9903 * (sp.h100 / 66.9903)^{(1.0 / \exp((-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)})))}$ /*Eberesche (HILLEBRAND 1996)*/
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = 66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp((-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)})))}$ /*Eberesche (HILLEBRAND 1996)*/
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = (66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp((-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)})))} - 66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp((-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)})))})$ /*Eberesche (HILLEBRAND 1996)*/
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = (66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp((-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)})))} - 66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp((-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)})))}) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)})))$ /*Eberesche (HILLEBRAND 1996)*/
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = (3.141592 * (t.d / 200.0)^{2.0}) * (17700.0 / (3.141592 * (t.cw / 2.0)^{2.0}))$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 120
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.55;18.0;18.0;0.60;24.0;24.0;0.65;100.0
Farbe (RGB)	204;204;0

Tabelle 24: Baumart 521 – Weisstanne (*Abies alba*)

wie	511
Kronenbreite [m]	$t.cw = 1.84810 + 0.10350 * t.d$ /*Weisstanne (NAGEL 1999)*/
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-(0.784 + 0.207 * t.h / t.d)^2.0))$ /* Weisstanne (NAGEL 1999)*/
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = (3.141592 * (t.d / 200.0)^{2.0}) * (15000.0 / (3.141592 * (t.cw / 2.0)^{2.0}))$

Tabelle 25: Baumart 523 – Küstentanne (*Abies grandis*)

wie	511
Volumenfunktion [m³]	$t.v = \exp(1.64134 * \ln(t.d) + 0.84522 * \ln(t.h - 1.3) + 0.45253 * \ln(1.0 - (7.0 / t.d)) - 8.45379)$ /* Kta Derbholz Nagel 1988*/
Kronenbreite [m]	$t.cw = (3.152709 + 0.064306 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d / 14.069376) * 1.938416)))$ /*Kta (GEB 2009)*/

Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\text{abs}((-1.7040199 + 0.5945605 * t.h / t.d - 0.0067069 * t.d + 0.6850744 * \ln(sp.h100)))))) / * Kta \text{ (GEB 2009) } */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 1 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = sp.h100 * ((1.0 - \exp(-0.0371 * 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 * t.age)))^{2.08562} / * Kta \text{ (GEB 2009) } */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 * 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 * t.age)))^{2.08562} / * Kta \text{ (GEB 2009) } */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 * 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 * (t.age + 5.0))))^{2.08562} - (t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 * 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 * t.age))))^{2.08562}) / * Kta \text{ (GEB 2009) } */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = ((t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 * 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 * (t.age + 5.0))))^{2.08562} - (t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 * 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 * t.age))))^{2.08562}) * 1.053041 * (t.h / sp.h100)^{0.021848} / * Kta \text{ (GEB 2009) } */$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 1.29
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = (\exp(3.5581 + 1.018355 * \ln(t.d * t.d) - 1.207076 * \ln(t.age) - 0.968107 * t.c66xy + 0.541826 * t.c66cxy)) / 10000.0 / * Kta \text{ (GEB 2009) } */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = -9.0
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	$MaxDichte = 0.0001 * 3.141592 / (16 * 0.000005758 * 0.7637 * (t.h^{(0.2706 - 1.0760)})) / * Kta \text{ (GEB 2009) } */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 200
Totholzzersetzung (Faktor)	
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	10.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	10.0;0.6;20.0;20.0;0.6;26.0;30.0;0.8;100.0

Tabelle 26: Baumart 811 – Europäische Lärche (*Larix decidua*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-2.492 + 1.104 * sp.dg) * (((6.9 / (-2.492 + 1.104 * sp.dg))^{(3.418 + 0.353 * sp.dg - 0.192 * dmax)} - \ln(1.0 - \text{random}))^{1.0 / (3.418 + 0.353 * sp.dg - 0.192 * dmax)}) / * Fichte \text{ (NAGEL u. BIGING 1995) } */$
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.12931522 * (1.0 - (sp.dg / t.d))) * \exp(4.44234560 * ((1.0 / sp.dg) - (1.0 / t.d))) / * ELae \text{ (NAGEL 1999) } /$
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.6860345 + 0.551803 * \ln(sp.dg) / * ELae \text{ (ALBERT 2000) } */$
Volumenfunktion [m ³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d / 200)^{2 * (0.583 + 4.52132 / (t.h * t.h) - 5.59827 / (t.h * t.d) - 0.2101 * \ln(t.d) / \ln(10.0) + 0.12363 * \ln(t.h) / \ln(10.0) + 21.92938 / (t.d * t.h * t.h))} / * ELae \text{ Derbholz (BERGEL 1974) } */$
Kronenbreite [m]	$t.cw = (3.6962 + 0.0762 * t.d) * (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d / 21.8046) * 1.53))) / * Lae \text{ (DÖBBELER ET AL 2002) } */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\text{abs}((0.8225 - 0.4688 * t.h / t.d - 0.00317 * t.d - 0.4282 * \ln(sp.h100)))))) / * Lae \text{ (DÖBBELER ET AL 2002) } */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 1 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = (sp.h100 + 0.53515) / (-0.78758 + 0.38982 * \ln(t.age)) / * Lae \text{ (DÖBBELER ET AL 2002) } */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = -0.53515 - 0.78758 * t.si + 0.38982 * t.si * \ln(t.age) / * Lae \text{ (DÖBBELER ET AL 2002) } */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((-0.53515 - 0.78758 * t.si + 0.38982 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-0.53515 - 0.78758 * t.si + 0.38982 * t.si * (\ln(t.age)))) / * Lae \text{ (DÖBBELER ET AL 2002) } */$

Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = ((-0.53515 - 0.78758 * t.si + 0.38982 * t.si * (\ln(t.age + 5))) - (-0.53515 - 0.78758 * t.si + 0.38982 * t.si * (\ln(t.age)))) / * Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-7.1927 + 0.8621 * \ln(3.14159265359 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2 * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2 + (t.cw/2)^2)^{1.5} - (t.cw/2)^3)) - 0.5193 * \ln(t.age) - 0.7122 * t.c66xy + 0.3619 * t.c66cxy + 0.7316 * 1.6094) / * Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.629
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	$MaxDichte = (3.141592 * (t.d/200.0)^{2.0}) * (8400.0 / (3.141592 * (t.cw/2.0)^{2.0})) / * Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 240
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 50.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.7;20.0;20.0;0.75;26.0;26.0;0.8;100.0
Farbe (RGB)	255;0;0

Tabelle 27: Baumart 812 – Japanische Lärche (*Larix kaempferi*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-2.492 + 1.104 * sp.dg) * (((6.9 / (-2.492 + 1.104 * sp.dg))^{(3.418 + 0.353 * sp.dg - 0.192 * dmax)} - \ln(1.0 - random))^{(1.0 / (3.418 + 0.353 * sp.dg - 0.192 * dmax))} / * Fichte (NAGEL u. BIGING 1995) */$
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.53934489 * (1.0 - (sp.dg/t.d))) * \exp(4.16512685 * ((1.0/sp.dg) - (1.0/t.d))) / * JLae (NAGEL 1999) */$
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.6810186 + 0.523771 * \ln(sp.dg) / * JLae (ALBERT 2000) */$
Volumenfunktion [m ³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.5073 + 7.41736 / (t.h * t.d) - 7.57701 / (t.h * t.d) - 0.32268 * \ln(t.d) / \ln(10.0) + 0.30583 * \ln(t.h) / \ln(10.0) + 20.75427 / (t.d * t.h * t.h)) / * JLae Derbholz (BERGEL 1973) */$
Kronenbreite [m]	$t.cw = 2.3805 + 0.1073 * t.d / * JLae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-abs((-1.041 + 0.4789 * t.h/t.d - 0.00914 * t.d + 0.6266 * \ln(sp.h100)))) / * JLae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 1 (0=Laubholz, 1=Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = sp.h100 / (1.88062 * (1.0 - \exp(-0.009296 * t.age))^{0.6345}) / * JLae (WESTPHAL 1997) */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = 1.88062 * t.si * (1.0 - \exp(-0.009296 * t.age))^{0.6345} / * JLae (WESTPHAL 1997) */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((1.88062 * t.si * (1.0 - \exp(-0.009296 * (t.age + 5.0)))^{0.6345}) - (1.88062 * t.si * (1.0 - \exp(-0.009296 * t.age))^{0.6345})) / * JLae (WESTPHAL 1997) */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h * (((1.88062 * t.si * (1.0 - \exp(-0.009296 * (t.age + 5.0)))^{0.6345}) - (1.88062 * t.si * (1.0 - \exp(-0.009296 * t.age))^{0.6345})) / sp.h100 + (0.0188 * (t.hinc^3.5922))) / * JLae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-8.1122 + 1.3016 * \ln((3.141593 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2.0)) * (((4.0 * (t.h - t.cb)^2.0 + (t.cw/2.0)^2.0)^{1.5} - (t.cw/2.0)^3.0)) - 0.6979 * \ln(t.age) - 0.5081 * t.c66xy + 0.4766 * t.c66cxy + 0.3520 * \ln(5.0))) / * JLae (DÖBBELER ET AL 2002) */$

Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.57
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$\text{MaxDichte} = (3.141592 * (t.d/200.0)^2.0) * (22800.0 / (3.141592 * (t.cw/2.0)^2.0)) / * \text{JLae} (\text{DÖBBELER ET AL 2002}) */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 240
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((\text{sp.year} - t.out - 5.0) / 30.0)$
Zielstärkendurchmesser [cm]	60.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	12.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.75;18.0;18.0;0.80;24.0;24.0;0.85;100.0
Farbe (RGB)	254;0;0

Tabelle 28: Grass 999 – Vergrasung wird wie eine Baumart geführt, Code 999 kann nicht geändert werden

Durchmessergenerierung [cm]	t.d =
Einheitshöhenkurve [m]	t.h =
Höhenvariabilität [m]	t.hv =
Volumenfunktion [m³]	t.v = 0
Kronenbreite [m]	t.cw =
Kronenansatz [m]	t.cb =
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	t.si = 1
Höhe entsprechend der Bonität [m]	Höhe = 1
Potentieller Höhenzuwachs [m]	ihpot = 0
Höhenzuwachs [m]	t.hinc = 0
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.0
Grundflächenzuwachs [cm²]	t.dinc = 0
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.0
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$\text{MaxDichte} = 0.003848 * 6000 / 5.0$

Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 900
Totholzersetzung (Faktor)	0.0
Zielstärkendurchmesser [cm]	999.0
Höhe der 1. Durchforstung [m]	120.0
Mäßige Durchforstung [m;NB°]	12.0;0.55;18.0;18.0;0.60;24.0;24.0;0.65;100.0
Farbe (RGB)	255;102;55

Einwuchsmodell

Java Klasse: *treegross.base.Ingrowth2*

Tabelle 29: Koeffizienten für Wahrscheinlichkeit von Einwuchs nach führender Baumart

Führende Baumart	p0	p1
Eiche	0.237	-0.6551
Buche	0.2551	-0.5288
ALH/ALN	0.2446	-0.4435
Fichte	0.1659	-0.6086
Douglasie	0.1800	-0.8022
Kiefer	0.2946	-0.2795
Lärche	0.2829	-0.7482

$$nE = e^{p0 + p1c66kl}$$

Tabelle 30: Koeffizienten zur Bestimmung der Anzahl der einwachsenden Bäume in Abhängigkeit der führenden Baumart

Führende Baumart	p0	p1
Eiche	3.2874	-1.1275
Buche	3.14664	-0.94789
ALH/ALN	2.80772	-0.87383
Fichte	2.7331	-0.7096
Douglasie	2.7331	-0.7096
Kiefer	2.9338	-1.1701
Lärche	2.5012	-0.4793

Bestimmung der Baumart

Führende Baumart Eiche

c66kl	Art	111	112	211	221	321	342	411	411	431	451	511	711	731	811
0.1	p	0.254	0.724	0.752	0.752	0.752	0.752	0.921	0.970	0.970	0.985	1.00	1.0	1.0	1.0
0.3	p	0.203	0.811	0.849	0.862	0.862	0.862	0.875	0.875	0.888	0.901	0.964	0.989	1.000	1.000
0.5	p	0.177	0.673	0.786	0.821	0.821	0.821	0.835	0.870	0.870	0.898	0.990	0.997	0.997	0.997

0.7	p	0.169	0.662	0.859	0.887	0.887	0.887	0.901	0.901	0.901	0.915	0.985	0.985	0.985	0.999
0.9	p	0.043	0.532	0.766	0.787	0.787	0.787	0.808	0.808	0.808	0.851	1.000	1.000	1.000	1.000
1.1	p	0.217	0.608	0.847	0.890	0.890	0.933	0.933	0.933	0.933	0.955	0.998	0.998	0.998	0.998
1.3	p	0.000	0.333	0.666	0.666	0.666	0.777	0.777	0.777	0.777	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
1.5+>	p	0.000	0.250	0.625	0.750	0.875	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Führende Baumart Buche (Teil 1)

c66kl	Art	111	112	211	221	311	321	331	342	365
0.1	p	0.007	0.007	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918	0.918
0.3	p	0.008	0.008	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942
0.5	p	0.000	0.008	0.919	0.919	0.919	0.919	0.919	0.919	0.923
0.7	p	0.030	0.060	0.872	0.872	0.872	0.885	0.889	0.893	0.893
0.9	p	0.046	0.059	0.934	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954
1.1	p	0.008	0.008	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969
1.3	p	0.000	0.000	0.961	0.961	0.969	0.969	0.969	0.977	0.977
1.5 +>	p	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Führende Baumart Buche (Teil 2)

c66kl	Art	411	441	451	452	511	513	521	611	711	811
0.1	p	0.940	0.944	0.944	0.944	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	1.000
0.3	p	0.965	0.965	0.965	0.965	0.988	0.988	0.988	0.992	0.992	1.000
0.5	p	0.935	0.935	0.951	0.951	0.991	0.995	0.995	0.995	0.995	1.000
0.7	p	0.906	0.906	0.906	0.906	0.974	0.974	0.974	0.983	0.992	1.000
0.9	p	0.954	0.954	0.954	0.954	0.980	0.980	1.000	1.000	1.000	1.000
1.1	p	0.969	0.969	0.977	0.977	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.3	p	0.977	0.977	0.985	0.985	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5 +>	p	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Führende Baumarten Alh oder Aln (Teil 1)

c66kl	Art	111	112	211	221	311	321	342	354	411	412	421
0.1	p	0.000	0.051	0.229	0.229	0.229	0.263	0.263	0.271	0.618	0.643	0.685
0.3	p	0.116	0.195	0.256	0.262	0.268	0.268	0.268	0.268	0.628	0.701	0.738
0.5	p	0.016	0.016	0.154	0.154	0.154	0.178	0.194	0.194	0.560	0.576	0.592
0.7	p	0.021	0.032	0.117	0.117	0.213	0.266	0.266	0.266	0.745	0.745	0.766
0.9	p	0.000	0.028	0.334	0.334	0.334	0.445	0.445	0.445	0.528	0.528	0.556
1.1	p	0.107	0.107	0.357	0.357	0.393	0.429	0.429	0.429	0.608	0.608	0.679
1.3 +>	p	0.053	0.053	0.421	0.421	0.421	0.474	0.474	0.474	0.579	0.579	0.579

Führende Baumart Buche (Teil 2)

c66kl	Art	430	431	441	451	452	511	513	611	711	811
0.1	p	0.685	0.685	0.710	0.752	0.752	0.769	0.769	0.769	0.989	0.997
0.3	p	0.744	0.750	0.768	0.835	0.835	0.939	0.939	0.939	1.000	1.000
0.5	p	0.592	0.592	0.600	0.706	0.706	0.885	0.893	0.893	0.991	0.999
0.7	p	0.766	0.766	0.766	0.830	0.830	0.936	0.936	0.957	1.000	1.000
0.9	p	0.556	0.556	0.556	0.723	0.723	0.890	0.890	0.946	1.000	1.000
1.1	p	0.679	0.679	0.679	0.715	0.751	0.965	0.965	0.965	1.000	1.000
1.3 +>	p	0.579	0.579	0.579	0.737	0.737	0.948	0.948	0.948	0.948	1.001

Führende Baumart Fichte (Teil 1)

c66kl	Art	112	113	211	321	411	412	421	441	451
0.1	p	0.000	0.000	0.065	0.065	0.102	0.102	0.102	0.107	0.107
0.3	p	0.031	0.031	0.080	0.080	0.127	0.127	0.132	0.135	0.148
0.5	p	0.016	0.020	0.134	0.134	0.250	0.259	0.259	0.259	0.270
0.7	p	0.003	0.003	0.152	0.169	0.218	0.218	0.218	0.218	0.256
0.9	p	0.000	0.000	0.101	0.101	0.163	0.163	0.163	0.163	0.192
1.1	p	0.000	0.000	0.254	0.254	0.282	0.296	0.296	0.296	0.352
1.3	p	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
1.5	p	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

Führende Baumart Fichte (Teil 2)

c66kl	Art	511	512	525	551	611	711	811	812
0.1	p	0.986	0.986	0.986	0.986	0.986	1.000	1.000	1.000
0.3	p	0.964	0.967	0.967	0.967	0.972	0.995	1.000	1.000
0.5	p	0.964	0.964	0.964	0.966	0.982	0.995	0.997	1.000
0.7	p	0.950	0.950	0.953	0.953	0.960	0.995	0.998	1.000

0.9	p	0.966	0.966	0.966	0.966	0.980	0.999	0.999	1.000
1.1	p	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.3	p	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.5 +>	p	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Führende Baumart Douglasie

c66kl	Art	111	112	211	411	511	611	711
0.1	p	0	0	0	0	0	1	1
0.3	p	0.000	0.000	0.018	0.036	0.179	1.000	1.000
0.5	p	0.000	0.071	0.071	0.071	0.214	0.928	0.999
0.7	p	0.048	0.048	0.096	0.191	0.381	1.000	1.000
0.9 +>	p	0	0	0	0	0	1	1

Führende Baumart Kiefer (Teil 1)

c66kl	Art	111	112	113	211	311	411	412	421	431	441	451
0.1	p	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.153	0.153	0.153	0.153	0.153	0.153
0.3	p	0.010	0.074	0.074	0.077	0.080	0.202	0.202	0.202	0.202	0.205	0.205
0.5	p	0.005	0.012	0.015	0.024	0.024	0.135	0.154	0.154	0.154	0.154	0.163
0.7	p	0.002	0.007	0.007	0.042	0.042	0.194	0.203	0.205	0.207	0.207	0.230
0.9	p	0.006	0.006	0.006	0.031	0.031	0.156	0.162	0.168	0.168	0.168	0.180
1.1	p	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
1.3 +>	p	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Führende Baumart Kiefer (Teil 2)

c66kl	Art	511	513	531	611	711	811	812
0.1	p	0.167	0.167	0.167	0.167	1.000	1.000	1.000
0.3	p	0.384	0.384	0.384	0.387	0.995	0.998	0.998
0.5	p	0.413	0.415	0.417	0.451	0.996	0.999	1.001
0.7	p	0.580	0.580	0.580	0.594	0.994	0.999	0.999
0.9	p	0.680	0.680	0.680	0.711	0.999	0.999	0.999
1.1	p	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
1.3 +>	p	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Führende Baumart Lärche

c66kl	Art	112	211	321	411	421	422	441	451	511	611	711	811	812
0.1	p	0.083	0.500	0.500	0.750	0.750	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.916	0.999	0.999
0.3	p	0.022	0.435	0.435	0.522	0.522	0.522	0.544	0.544	0.587	0.739	0.782	0.999	0.999
0.5	p	0.014	0.405	0.434	0.535	0.564	0.564	0.564	0.636	0.882	0.896	0.925	0.997	0.997
0.7	p	0.000	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.868	0.901	0.950	0.966	0.982	0.998
0.9	p	0.000	0.824	0.824	0.883	0.883	0.883	0.883	0.912	0.971	0.971	0.971	1.000	1.000
1.1 +>	p	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

SchaftformfunktionenJava Klasse: *treegross.base.TaperByBrink*

Für die Sortimentierung werden die Schaftformfunktionen von SCHMIDT (2001) verwendet.

Modifizierte Brinkfunktion (Laubholzarten)

Buche:

Koeffizient	Wert	Std. Fehler	t-Wert
<i>k</i>	0.6946140	0.00975345	71.2173
<i>p</i>	0.0862735	0.00427386	20.1863
<i>q</i>	0.1359840	0.00304893	44.6007

Residual Std. Fehler (mm)	0.683244 bei 6331 Freiheitsgraden
---------------------------	-----------------------------------

Eiche:

Koeffizient	Wert	Std. Fehler	t-Wert
k	0.5698770	0.01181670	48.2263
p	0.0450652	0.00354560	12.7102
q	0.2452940	0.00724047	33.8782
Residual Std. Fehler (mm)	0.504138 bei 9421 Freiheitsgraden		

Painfunktion (Nadelholzarten)

Fichte:

Koeffizient	Wert	Std. Fehler	t-Wert	Pr(> t)
a_0	-0.223	0.0615	-3.632	0.0003
a_1	1.595	0.0138	115.608	0.0000
a_2	-3.155	0.0667	-47.307	0.0000
b_0	0.512	0.0333	15.386	0.0000
b_1	-0.158	0.0075	-21.042	0.0000
b_2	-0.502	0.0362	-13.847	0.0000
Residual Std. Fehler (mm)		0.504 bei 9763 Freiheitsgraden		
Multiples Bestimmtheitsmaß		0.997		
F-Statistik		591400 bei 6 und 9763 Freiheitsgraden, p -Wert = 0		

Douglasie:

Koeffizient	Wert	Std. Fehler	t-Wert	Pr(> t)
a_0	-0.5828	0.0251	-23.2380	0.0000
a_1	1.4423	0.0046	315.5793	0.0000
a_2	-2.1807	0.0301	-72.4895	0.0000
b_0	0.4369	0.0135	32.2455	0.0000
b_1	-0.2008	0.0025	-79.1233	0.0000
b_2	-0.2836	0.0167	-17.0032	0.0000
Residual Std. Fehler (mm)		0.5274 bei 28350 Freiheitsgraden		
Multiples Bestimmtheitsmaß		0.9970		
F-Statistik		1575000 bei 6 und 28350 Freiheitsgr., p -Wert = 0		

Kiefer:

Koeffizient	Wert	Std. Fehler	t-Wert	Pr(> t)
a_0	-1.7258	0.0194	-88.9947	0.0000
a_1	1.3311	0.0072	185.5373	0.0000
a_2	-0.7016	0.0350	-20.0722	0.0000
b_0 n. signifikant				
b_1	-0.2142	0.0035	-60.5993	0.0000
b_2	0.1306	0.0188	6.9432	0.0000
Residual Std. Fehler (mm)		0.4822 bei 10723 Freiheitsgraden		
Multiples Bestimmtheitsmaß		0.9976		
F-Statistik		882000 bei 5 und 10723 Freiheitsgraden, p -Wert = 0		

Häufig gestellte Fragen

Was bedeutet der Name Bwin ?

Der Name BWIN ist ein künstlicher Name. Anfangs stand das B für Bestand und Win für Windows. Die deutlich verbesserte Version wurde dann mit dem Zusatz Pro für Professionell gekennzeichnet. Der Name hat sich inzwischen etabliert und soll daher beibehalten werden.

Worin besteht der Unterschied von BWIN(Pro) und TreeGrOSS ?

BWIN und BWINPro bezeichnen den Waldwachstumssimulator bis zur Version 6.2. Dieser ist in der Programmiersprache Pascal unter Delphi entwickelt und unterliegt Lizenzbeschränkungen. Um den Verwaltungsaufwand zu verringern, den Nutzern die Möglichkeit zu geben den Code einzusehen und die nationale und internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Waldwachstumsmodellierung zu fördern, wurde das Projekt TreeGrOSS (Tree Growth Open Source Software) gestartet. TreeGrOSS ist in Java programmiert und unter der General Public Licence lizenziert. Das Projekt TreeGrOSS wurde modular aufgebaut, d.h. das Waldwachstumsmodell ist eine eigene Komponente, die z.B. im Programm ForestSimulator, KSP, SimWald und den Auswertungsprogrammen der NfV verwendet wird. Interessierte Nutzer können den Sourcecode von TreeGrOSS aus dem Internet laden und in eigene Applikationen einbauen.

Welche Zeiträume kann man guten Gewissens simulieren ?

Es werden seitens der Entwickler Zeiträume bis zu 30 Jahren empfohlen. Darüber hinaus müssen die Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden, d.h. die generellen Trends sollten stimmen, aber die zahlenmäßigen Angaben können schwanken.

Warum bekomme ich bei jeder Simulation des gleichen Bestandes abweichende Ergebnisse ?

In den Simulator sind Zufallseffekte eingebaut. Diese Zufallseffekte sollen sicherstellen, dass wie in der Natur nicht alle Bäume mit derselben Höhe und demselben Durchmesser den gleichen Zuwachs zeigen. Einen Teil der Zufallseffekte, nämlich die für die Wachstumsprognose, können Sie im Fenster Simulationseinstellungen abschalten. Die zufälligen Effekte bei der Generierung fehlender Daten sind nicht abschaltbar. Sie können allerdings einen fertig generierten Bestand speichern und für alternative Simulationen wiederholt aufrufen.

Kann ich meinen Baumartenschlüssel verwenden ?

Ja, Sie können mit dem Speciesmanager oder durch die direkte Veränderung der Datei species.txt den Waldwachstumssimulator an Ihre Bedürfnisse anpassen.

Kann ich einzelne Baumarten hinzufügen und verändern ?

Ja, Sie können mit dem Speciesmanager oder durch die direkte Veränderung der Datei species.txt dem Waldwachstumssimulator Baumarten hinzufügen. Sie müssen einstellen, welche Funktionen am besten für Ihre Baumarten geeignet sind.

Meine Bäume wachsen anders, kann ich die Parameter ändern ?

Ja, sie können die Parameter ändern, allerdings müssen Sie die Änderungen im Sourcecode

vornehmen.

Kann ich eine eigene regionale Version des Simulators erstellen ?

Ja, Sie haben zwei Möglichkeiten. 1.) Sie erstellen ein neues PlugIn. Dafür müssen Sie nur die Klassen zur Kronenbreite, zum Kronenansatz, dem Wachstum und der Mortalität überarbeiten. 2.) Sie verändern den ForestSimulator nach Ihren eigenen Wünschen. Im ersten Fall ist gewährleistet, dass Ihre Anpassungen auch in künftige Versionen von TreeGrOSS passen. Im zweiten Fall erstellen Sie eine eigene Version, die von der NW-FVA nicht gewartet werden kann. In diesem Fall müssen Sie unbedingt die Lizenzbedingungen der GPL beachten. So müssen Sie die Änderungen deutlich kenntlich machen, die Rechte für den Originalcode wahren und falls Sie Ihre neue Version veröffentlichen, diese unter GPL der Allgemeinheit zur Verfügung stellen.

Wie kann ich dazu beitragen, dass der Simulator besser wird ?

Die Autoren der einzelnen Komponenten sind jederzeit für konstruktive Anregungen und Beiträge dankbar. Leider kommt es manchmal vor, dass auch sehr gute Vorschläge nicht in das Konzept passen oder eine zeitaufwendige Änderung des gesamten Programmpakets erfordern. Die Entwickler der NFV bitten dafür um Verständnis.

Wie kann ich am besten die Daten eigener Versuchsflächen nutzen und damit das Modell parametrisieren ?

Mit den Projekten Alnus und ElSalto(Mexiko) wurde das Modell für neue Baumarten und eine völlig andere Region parametrisiert. Aus diesen Projekten liegt zahlreiche Software in der NFV zur Strukturierung und Aufbereitung der Daten vor. Für die eigentliche Parametrisierung mit dem Open Source Statistik-Programmpaket R (www.r-project.org) wurden einige Skripte geschrieben, die Sie von der NW-FVA erhalten können.

Kann der Oberfläche des Simulators eine neue Sprache hinzugefügt werden ?

Ja, das ist mit geringem Aufwand möglich. Dazu müssen dem Sourcecode neue Attributdateien hinzugefügt werden. Damit die neue Sprache allen Nutzern zur Verfügung steht, wäre es hilfreich, wenn Sie dies in Zusammenarbeit mit den Entwicklern der NW-FVA realisieren.

Die Java3D Funktion funktioniert auf einmal nicht mehr ?

Bei jedem Java Update muss anschließend Java3D neuinstalliert werden, damit die entsprechenden 3D-Packages gefunden werden können.

Bei größeren Beständen mit vielen Bäumen arbeitet das Programm nicht mehr ?

Größere Bestände mit vielen Bäumen verbrauchen mehr Speicherplatz, als standardmäßig von der Java Virtual Machine (JVM) reserviert wird. Sie können in der JVM mehr Speicherplatz reservieren in dem Sie die Datei **ForestSimulator.cmd** unter Windows ausführen. Unter Linux müssen Sie den entsprechenden Befehl ausführen.

Literatur:

- Albert, M., 1999: Analyse der eingriffsbedingten Strukturveränderung und Durchforstungsmodellierung in Mischbeständen. Dissertation, Universität Göttingen. Hainholz-Verlag, Band 6: 201 S.
- ALBERT, M., 2000: Ein funktionalisierter Höhengänzungsalgorithmus für Einzelbaumwachstumsmodelle. Jahrestagung des DVFFA -Sektion Ertragskunde- in Kaiserslautern.
- ALTENKIRCH, W., 1977: Ökologie. Studienbücher Biologie. Verlag Diesterweg/Salle, Frankfurt, Main, Verlag Sauerländer, Aarau. 234 S.

- BAUER 1955: Die Roteiche. J.D.Sauerländer, Frankfurt a.M.
- BERGEL, D. 1973: Formzahluntersuchungen an Buche, Fichte, europäischer Lärche und japanischer Lärche zur Aufstellung neuer Massentafeln. Allg. Forst- u. J. Ztg. 144 (5/6): 117-124
- Bergel, D. 1973:
- BERGEL, D. 1974: Massentafeln II Eiche Roteiche Kiefer. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen
- BERGEL, D. 1985: Douglasienertagstafel für Nordwestdeutschland. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt.
- BERGEL, D. 1987: Derbholz-Massentafeln III (Nordwestdeutschland). Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt.
- BÖCKMANN, T. 1990: Wachstum und Ertrag der Winterlinde (*Tilia cordata* Mill) in Nordwestdeutschland. Dissertation Univ. Göttingen
- DEGENHARDT, A. (2006): Der Waldwachstumssimulator „BWINPro Brandenburg“ für die Kiefer in Brandenburg. Landesforstanstalt Eberswalde, Abschlussbericht
- DENGLER, A., 1992: Waldbau. Erster Band. 6. neu bearbeitete Auflage. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 350 S.
- DÖBBELER, H. (2004): Simulation und Bewertung von Nutzungsstrategien unter heutigen und veränderten Klimabedingungen mit dem Wachstumsmodell SILVA 2.2. Dissertation Univ. Göttingen. S. 231
- DÖBBELER, H.; ALBERT, M.; SCHMIDT, M.; NAGEL, J. (2002): BWINPro – Programm zur Bestandesanalyse und Prognose. Handbuch zur Version 6.1. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt Abteilung Waldwachstum, Göttingen, S. 121
- Duda, H. (2006): Vergleich forstlicher Managementstrategien. Dissertation Universität Göttingen, S. 180 (<http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2006/duda/>)
- Guericke, Martin (2001): Versuchsflächenanalyse, Modellparametrisierung und waldbauliche Konsequenzen für die Behandlung von Buchen-Lärchen-Mischbeständen im Südniedersächsischen Bergland. Dissertation Universität Göttingen (<http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2001/guericke/index.html>)
- Hansen, J.; Nagel, J.; Schmidt, M.; Spellmann, H. (2008): Das mittelfristige Buchenholzaufkommen in Niedersachsen und Deutschland. In: Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Beiträge aus der NW-FVA, Band 3, 291-310
- HASENAUER, H. (1994): Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten- Kiefern- und Buchen- Fichtenmischbestände. Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien Band 8., 152S.
- Hausenauer (2006): Sustainable Forest Management, Growth Models for Europe. Springer, Berlin, Heidelberg
- Jacobsen, C.; Rademacher, P.; Meesenburg, H.; Meiwes, K.-J. (2003): Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten Literaturstudie und Datensammlung. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B, Bd. 69, S. 81
- KAHLE, MIKE (2004): Elsbeere. Untersuchungen zum Wachstum am Beispiel einiger Mischbestände in Nordrhein-Westfalen. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen, Band 21. ISSN: 3-89174-033-6. S. 155
- KIMMINS, J.P., 1987: Forest Ecology. Macmillan Publishing Company, New York. 531 S.
- Knigge, W.; Schulz, H. (1966): Grundriss der Forstbenutzung: Entstehung, Eigenschaften, Verwertung und Verwendung des Holzes und anderer Forstprodukte, Paul Parey, Berlin
- KRAMER, H.; AKÇA, A. 1982: Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.
- 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. 1985: Wachstumsmodell für Bergahorn in Schleswig-Holstein. Dissertation Univ. Göttingen
- NAGEL, J.; BIGING, G.S. 1995: Schätzung der Parameter der Weibullfunktion zur Generierung von Durchmesservertteilungen. Allg. Forst- u. J. Ztg. 166 (9/10): 185-189
- NAGEL, J. 1994: Ein Einzelbaumwachstumsmodell für Roteichenbestände. Forst u. Holz 49 (3): 69-75
- Nagel, J. 1996: Anwendungsprogramm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesentwicklung. Forst u. Holz, 51 (3): 76-78
- 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
- Nagel, J. (2005): Softwarekomponenten unter Java. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Forstliche Biometrie und Informatik, 16. Tagung Freising 4.-5. Oktober 2004, 33-37.
- Nagel, J. (2005): [TreeGrOSS](#) eine Java basierte Softwarekomponente zur Waldwachstumsmodellierung für Forschung. Lehre und Praxis. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Forstliche Biometrie und Informatik, 15. Tagung Freiburg 9.-10. Oktober 2003, 33-37.
- Nagel, J.; Schöder J. (2005): Modellfunktionen und Koeffizienten des Forest Simulators BWINPro Version 7.0 - Version Alnus – . Beschreibung zum ForestSimulator BWINPro 7.0 Programmbeschreibung <http://www.nw-fva.de>
- Nagel, J. (2004): Nutzungsplanung in Rein- und Mischbeständen. Allg.Forst- u. J.Ztg., 175.Jg., (7/8) 150-156.
- Nagel, J. (2004): Einsatz des Waldwachstumssimulators BWINPro in der Forsteinrichtung. Eds. Hanewinkel, M.; Teuffel v., K. : Waldwachstumsmodelle für Prognosen in der Forsteinrichtung. Freiburger Forstliche Forschung Berichte Heft 50 85-94
- Nagel, J. (2008): Schätzung der Holznutzung und der Totholz mengen im Hinblick auf Quantifizierung der korrespondierenden Nährstoffmengen. Themenschwerpunkt Energieholz und standörtliche Nachhaltigkeit Teil 1. Forst und Holz, 63. Jg., 23-25
- Nagel, J. (2009): unveröffentlicher Bericht.
- Nagel, J.; Duda, H.; Hansen, J. (2006): Forest Simulator BWINPro7. Forst und Holz 61, Heft 10, S.427-429
- PIELOU, E.C. 1977: Mathematical Ecology, John Wiley & Sons, New York, 385S.
- Pretzsch, H. 1992: Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstliche Forschungsberichte München, Band 115
- Pretzsch, H. 1995: Analyse and Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Methodische Überlegungen am Beispiel niedersächsischer Buchen-Lärchen-Mischbestände. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 112 (2): 91-117
- Röös, M. 1990: Zum Wachstum der Vogelkirsche (*Prunus avium* L.) in Nordrhein-Westfalen und angrenzenden Gebieten. Dissertation Univ. Göttingen
- Rüther, B.; Hansen, J.; Ludwig, A.; Spellmann, H.; Nagel, J.; Möhring, B.; Lüpke, N. v.; Schmidt-Walter, P.; Dieter, M. (2008): Clusterstudie Forst und Holz Schleswig-Holstein. Eigendruck,

- Göttingen, 78 S.
- Rüther, B.; Hansen, J.; Spellmann, H.; Nagel, J.; Möhring, B.; Schmidt-Walter, P.; Dieter, M. (2008): Clusterstudie Forst und Holz Sachsen-Anhalt, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), 60 S.
- Rüther, B.; Hansen, J.; Ludwig, A.; Spellmann, H.; Nagel, J.; Möhring, B.; Dieter, M. (2007): Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 1
- SCHMIDT, A. 1968: Der rechnerische Ausgleich der Bestandeshöhenkurven. Forstwissenschaftl. Centralblatt, 370-382
- SCHMIDT, M. 2001: Prognosemodelle für ausgewählte Holzqualitätsmerkmale wichtiger Baumarten. Dissertation Univ. Göttingen. S.302 (<http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2002/schmidt/index.html>)
- SCHMIDT, M.; BÖCKMANN, TH.; NAGEL, J. (2006): The Use of Tree Models for Silvicultural Decision Making. In Hasenauer, H. (Ed.) Sustainable Forest Management, Growth Models For Europe, Springer, Berlin, Heidelberg. 237-261. ,ISBN-10 3-540-26098-6
- SCHMIDT, M.; NAGEL, J.; SKOVSGAARD, J.-P. (2006): Evaluating Individual Tree Models. In Hasenauer, H. (Ed.) Sustainable Forest Management, Growth Models For Europe, Springer, Berlin, Heidelberg. 151-163. ,ISBN-10 3-540-26098-6
- SCHOBER, R. 1949: Die Lärche. Schaper, Hannover
- SCHOBER, R. 1962 Die Sitka-Fichte. J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt a.M.
- SCHOBER, R. 1971: Die Rotbuche. J.D. Sauerländer Frankfurt a.M.
- Schröder, J.; Röhle, H.; Gerold, D.; Münder, K. (2007): Bewertung waldbaulicher Maßnahmen mit BWINPro-S. *AFZ-DerWald*, pages 656 - 659
- Schröder, J.; Röhle, H.; Gerold, D.; Münder, K. (2007): Modeling individual-tree growth in stands under forest conversion in East Germany, *European Journal of Forest Research*, Springer Berlin/ Heidelberg, Vol. 126, No. 3, 459-472
- Spellmann, H.; Nagel, J.; Duda, H.; Hentschel, S. Szenarien der Waldentwicklung. In: Meyerhoff, J.; Hartje, V.; Zerbe, S. (Hrg.) 2006: Biologische Vielfalt und deren Bewertung am Beispiel des ökologischen Waldumbaus in den Regionen Solling und Lüneburger Heide. Berichte des **Forschungszentrums Waldökosysteme**
- STERBA, H. 1995: Prognaus - ein abstandsunabhängiger Wachstumssimulator für gleichaltrige Mischbestände. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, Joachimsthal, 173-183
- VARGAS, B. (2006): Analyse und Prognose des Einzelbaumwachstums in strukturreichen Mischbeständen in Durango, Mexiko. Dissertation Universität Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen, S. 149.
- VOLQUARDTS, G. 1958: Die Esche in Schleswig-Holstein. Dissertation Univ. Göttingen
- 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
- WESTPHAL, B. 1998: Beschreibung und Modellierung des Wachstums von Japan-Lärchen (*Larix kaempferi*) im Reinbestand. Dissertation Universität Göttingen.
- WIEDEMANN, E. 1942: Eine Korrektur an der Fichtenertragstafel von 1936. *Mitt. aus Forstwirtschaft u. Forstwiss.* 287-294
- WIEDEMANN, E. 1948: Die Kiefer. Schaper Hannover

Stichworte

