



NW-FVA
Nordwestdeutsche
Forstliche
Versuchsanstalt

Abteilung für Waldwachstum

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt

WaldPlaner4All – Integration des WaldPlaners in den Forstbetrieb



Praxis-Partner:

SilvaVerde GmbH, Stadt-FoA Göttingen, Hessen-Forst (FENA, FoA Kirchhain), Niedersächsische Landesforsten (NFP, FoA Nienburg, FBG Elbeholz

Aktenzeichen: 26515
Projektleiter Prof. Dr. Jürgen Nagel
Verfasser: MSc Jan Hansen
Projektbeginn: 16.09.2008
Laufzeit: 24 Monate

Göttingen, im November 2010

Inhalt

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	ANLASS UND ZIELE.....	3
3	DARSTELLUNG DER ARBEITSSCHRITTE / METHODEN..	3
4	ERGEBNISSE.....	4
5	DISKUSSION	9
6	ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	10
7	FAZIT	10
8	LITERATUR	11
9	ANLAGEN.....	1

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des DBU-Projektes „Entwicklung eines Decision Support System für die betriebliche u. regionale Waldbauplanung“ (AZ 19872-33/0) wurde das Programm WaldPlaner entwickelt. Das System bietet viele Möglichkeiten und Funktionen, welche die waldbauliche Planung unterstützen können. Ziel dieses Projekts (WaldPlaner4All) war es, das Programm so aufzubereiten, dass es eine komfortable, intuitive Benutzerführung bietet, eine ausführliche Dokumentation beinhaltet und eine nutzerspezifische Datenschnittstelle sowie flexible Auswertungsmöglichkeiten bereitstellt. Hierzu wurde in einer intensiven Zusammenarbeit mit Partnern aus der Praxis das Programm getestet und erweitert. Es hat sich dabei gezeigt, dass für einige Anwendergruppen der WaldPlaner in seiner bisherigen Form zu komplex in der Bedienung und im Funktionsumfang ist. Daher wurde in einer zweiten Entwicklungslinie der WebBetriebsPlaner implementiert.

Der **weiterentwickelte WaldPlaner** richtet sich an Lehre, Forschung und Praktiker, welche sehr flexibel verschiedene waldbauliche Szenarien auf Betriebsebene berechnen und analysieren können. Das System wurde im Rahmen des Projekts bezüglich des Funktionsumfangs und der Bedienung deutlich verbessert.

Der **WebBetriebsPlaner** ist für Praktiker entwickelt worden, welche zur Unterstützung der operationalen Aufgaben unkompliziert auf verschiedene Informationen zur Holzverfügbarkeit, zum Schutzstatus oder zu geplanten Maßnahmen abrufen möchten. Dieses Programm hat daher einen geringeren, noch näher an die Anforderungen im Forstbetrieb angelehnten Funktionsumfang. Da das Programm als Web-Applikation konzipiert wurde, ist es für den Endanwender sehr einfach, das Programm aufzurufen und zu bedienen. Eine anwenderseitige Installation entfällt. Die webbasierte Architektur bietet zudem den Vorteil, dass das System ebenfalls auf mobilen Endgeräten zur Verfügung steht und auch im Gelände Daten und Informationen abgerufen werden können. Die Daten werden bei dieser Applikation auf einem Server zentral verwaltet, so dass alle Anwender immer auf dem selben Informationsstand zurückgreifen und Datenpflege und Aktualisierungen nur einmal, auf dem Server, durchgeführt werden müssen.

Für beide Programme wurde eine ausführliche Dokumentation verfasst, welche neben einer Beschreibung aller Funktionen und anhand von abrufbaren Beispielen und nützlichen Hinweisen die Einarbeitung in die Software deutlich erleichtert.

Die Oberflächen der beiden Programme wurden in zwei Entwicklungslinien konzipiert und in Zusammenarbeit mit den Praxispartnern iterativ verbessert.

Die hinterlegten Verfahren, Modelle und Algorithmen wurden einheitlich in einer Funktionsbibliothek zusammengefasst, auf welche beide Systeme zurückgreifen. Dies erleichtert deutlich die Weiterentwicklung und Pflege der Programme.

Alle durchgeführten Programmverbesserungen und -erweiterungen lassen sich in drei Teilbereiche gliedern:

Im Bereich der **technischen Verbesserungen** sind vor allem die neue GIS-Komponente, der modulare Aufbau des Systems und die Implementierung einer parallelisierten Simulationskomponente zu nennen. Die neue GIS-Komponente wartet mit verschiedenen neuen Funktionen und einer besseren Performance auf. Der modulare Aufbau des Programms ermöglicht es, das System und den Funktionsumfang individuell anzupassen. Beispielsweise können nutzerspezifische Auswertungsfunktionen oder Einleseroutinen nachträglich erstellt und dem System hinzugefügt werden, ohne dass dieses komplett neu kompiliert werden muss. Die Parallelisierung rechenintensiver Operationen stellt sicher, dass auch auf Mehrkern- und Multiprozessorsystemen die Rechenleistung voll ausgenutzt werden kann. Dadurch werden deutlich geringere Rechenzeiten erzielt und die Nutzerfreundlichkeit gesteigert.

Aus dem Bereich der **inhaltlichen Verbesserungen** des WaldPlaners ist die Integration eines Totholz- und eines Optimierungsmoduls zu nennen. Das Totholzmodul ermöglicht es, in Kombination mit der Simulation waldbaulicher Szenarien die Entwicklung von Totholzvorräte abzuschätzen. Das Optimierungsmodul dient zum einen der Entscheidungsunterstützung bei Käuferanfragen nach speziellen Sortimenten. Das Modul sucht dabei solche Bestände, die die gewünschte Menge des Zielsortiments liefern können, räumliche stark aggregiert sind und eine vergleichsweise hohe Eingriffsdringlichkeit aufweisen. Zum anderen kann auf Basis metaheuristischer Suchverfahren eine „optimale“ Naturschutzflächenauswahl ermittelt werden. Je nach Vorgaben des Anwenders kann das System sog. Hotspots (herausragende Lebensräume) ermitteln, welche bevorzugt aus der bisherigen Nutzung genommen werden sollten.

Der dritte Bereich beinhaltet **nutzerspezifische Verbesserungen**. Verbesserungen aus dieser Sparte zielen insbesondere darauf ab, dem Anwender die Nutzung der Software so leicht und komfortabel wie möglich zu gestalten. Die Nutzeroberflächen beider Programme wurde komplett neu entworfen, wobei gängige Richtlinien und Normen zur Oberflächengestaltung berücksichtigt wurden. Insbesondere Rückmeldungen zu Fehlern und Wartezeiten spielen dabei für die Nutzerfreundlichkeit eine große Rolle.

Die Systeme wurden in mehreren Betrieben installiert, getestet und kommen dort bereits im praktischen Betrieb zum Einsatz.

2 Anlass und Ziele

Im DBU-Projekt „Entwicklung eines Decision Support System für die betriebliche u. regionale Waldbauplanung“ (AZ 19872-33/0) wurde das Softwaresystem WaldPlaner (HANSEN 2006) auf Basis des einzelbaumorientierten Wachstumsmodells TreeGrOSS (NAGEL 2005) entwickelt. Dieses Programm soll als ein einfach zu handhabendes, kostenfreies Entscheidungsunterstützungssystem für die waldbauliche Planung allen Forstbetrieben zur Verfügung stehen und helfen, Zielkonflikte einer multifunktionalen Forstwirtschaft aufzuzeigen und zu lösen.

Ziel dieses Projektes war es, das bestehende Programm so zu ändern und zu verbessern, dass eine Integration in den Arbeitsablauf von Forstbetrieben merklich erleichtert wird. Zu Projektbeginn fehlte für das Programm zum einen eine verständliche Dokumentation und zum anderen war die Bedienung aufgrund des großen Funktionsumfangs der ersten WaldPlaner-Version nicht intuitiv verständlich. Die Benutzerführung sollte verbessert werden und die Funktionalität leichter individualisierbar sein, um einen breiteren Anwenderkreis zu erschließen. Dies bezog sich insbesondere auf die integrierte GIS Software (GeoTools), welche in der ersten Programmversion zur Darstellung raumbezogener Ergebnisse eingesetzt wurde sowie auf die Funktionen zum Datenimport.

Weiterhin sollte das System um eine Komponente zur Abschätzung der gebundenen und dem Wald entnommenen CO₂-Mengen bzw. Kohlenstoffmengen erweitert werden.

Darüber hinaus war es angedacht zusätzliche Auswertungsmöglichkeiten zu schaffen, um die in den Betrieben vorhandenen Forsteinrichtungs- und/oder Stichprobendaten besser nutzen zu können.

3 Darstellung der Arbeitsschritte / Methoden

Durch die gezielte Einbindung von vier Forstbetrieben, Planungsfirmen und -institutionen wurde in dem Projekt ein reger Austausch zum Zwecke der Programmverbesserung erreicht und gleichzeitig sichergestellt, dass die Wünsche und Bedürfnisse der forstlichen Praxis in die Programme integriert werden. Dazu wurden während des Projektes in regelmäßigen Abständen Workshops und Einzeltreffen mit den Praxispartnern durchgeführt. Durch gezielte Tests wurden die Funktionalität und die Verlässlichkeit des Programms überprüft und ggf. verbessert. Insgesamt wurden mehrere Programmverbesserungszyklen durchlaufen, in deren Rah-

men auch die Aufspaltung in zwei Entwicklungslinien vollzogen wurde. Es hat sich gezeigt, dass eine zweite, deutlich vereinfachte und enger an die betrieblichen Anforderungen angelehnte Programmversion sinnvoll ist. So stehen jetzt zwei Programme zur Verfügung, welche, je nach Anwendergruppe, zum einen sehr flexible und komplexe Simulationsrechnungen und Auswertungen ermöglichen oder zum anderen intuitiv und mit sehr geringem Einarbeitungsaufwand entscheidungsunterstützende Informationen im Kontext fortbetrieblicher Aufgaben zur Verfügung stellen.

Neben der Auswertung der Rückmeldungen der Praxispartner stand die Implementierung der ermittelten Verbesserungsvorschläge im Vordergrund des Projekts. Die gesamte Software wurde in der Programmiersprache JAVA entwickelt. Diese Programmiersprache bietet den Vorteil, dass die erstellten Programme auf jedem Zielrechner ausführbar sind, auf welchem die heute mit fast jedem Betriebssystem ausgelieferte Java-Laufzeitumgebung installiert ist.

In der letzten Projektphase (nachdem die angestrebten Qualitätsstandards der Programme erreicht wurden) wurde die Dokumentation und eine Bedienungsanleitung verfasst.

4 Ergebnisse

In dem 2jährigen Projektzeitraum wurden insgesamt vier wesentliche Ergebnisse erzielt:

1. Erweiterung und Verbesserung des Programms WaldPlaner
2. Implementierung und Verbesserung des Programms WebBetriebsPlaner
3. Erstellung einer ausführlichen Dokumentation der Programme
4. Integration des WaldPlaners in das Auswertungsverfahren der hessischen Betriebsinventur

Zu 1):

Die zu Beginn des Projekts vorliegende Version des WaldPlaners wurde in drei Bereichen deutlich verbessert.

(1) Es wurde die Benutzeroberfläche überarbeitet und den Bedürfnissen der praxisnahen Anwendung angepasst. Ein wichtiger Punkt bei der Gestaltung von Benutzeroberflächen (MAYHEW 1992, SHNEIDERMAN 2001) war die Integration von Rückmeldungen durch das System. Der Nutzer sollte darüber informiert werden, ob ein Fehler aufgetreten ist und wie dieser evtl. behoben werden kann. Weiterhin ist es bei länger andauernden Rechenoperationen sinnvoll den Nutzer darüber zu informieren, wie der aktuelle Status der Anfrage ist (gestartet, Fortschritt,

erfolgreich beendet, Fehler sind aufgetreten). Um diesem Prinzip der Oberflächengestaltung gerecht zu werden, wurde in die neue WaldPlaner-Version ein duales Fehlermeldungs-system integriert. In einem Dialogfenster wird dem Anwender mitgeteilt, dass ein Fehler aufgetreten ist, und wie dieser evtl. behoben werden kann. Gleichzeitig werden in einem Logger detaillierte Informationen zu dem Fehler gespeichert, die bei Bedarf an die Programmentwickler weitergeleitet werden können, um mögliche Systemfehler beheben zu können.

Weiterhin wird bei allen länger andauernden Datenbankabfragen und Berechnungen ein Fenster mit dem aktuellen Status der Abfrage/Berechnung angezeigt. Dadurch wird der Nutzer informiert, ob seine Anfrage überhaupt bearbeitet wird. Zudem wird die Wartezeit subjektiv als kürzer empfunden. Im Rahmen der Rückmeldung zum Fortschritt einer Simulation wird zusätzlich die bisherige Laufzeit und die geschätzte benötigte Restzeit ausgegeben.

Eine Befragung der am Projekt beteiligten Praxispartner hat ergeben, dass die Programmführung vor allem hinsichtlich des Einstellens der Simulationsparameter in der alten Programmversion zu kompliziert war. In der Vorgängerversion konnte der Anwender zwischen verschiedenen vordefinierten Szenarien wählen. Die ein Szenario spezifizierenden Parameter (z. B. Zielstärken und Nutzungsmassen) wurden in einer Metadatenbank gespeichert und mussten bei Bedarf direkt in der Datenbank verändert werden. Die neue Programmversion wurde diesbezüglich so gestaltet, dass die relevanten Parameter in einer Eingabemaske editiert, im XML-Format abgespeichert und wieder eingelesen werden können. Es ist somit möglich, verschiedene Szenarien zu definieren, beliebig oft einzulesen, ggf. zu modifizieren und für eine Simulation zu verwenden. Eine weitere Verbesserung besteht darin, dass die nutzerspezifisch definierten Szenarien einzelbestandsweise zugeordnet werden können. So können z. B. Flächen mit einem Nutzungsverbot ein Szenario zugeordnet bekommen, welches nur die Wuchsdynamik berücksichtigt. Die übrigen Flächen werden nach einem Szenario mit Eingriffen simuliert. In der ersten WaldPlaner-Version mussten zwei Szenarien gerechnet werden (einmal mit und einmal ohne Eingriffe) und die Ergebnisse manuell aggregiert werden, um verschiedene Behandlungsformen in einem Szenario abzubilden.

(2) Der Funktionsumfang wurde deutlich erweitert. Vor allem der Bereich der raumbezogenen Auswertungsmöglichkeiten (GIS) hat sich stark verbessert. Darüber hinaus wurden noch weitere Modelle (Totholz, Handlungsdringlichkeit, HotSpot-Auswahl, Eingriffsplanung) in das System integriert, welche die Auswertungsmöglichkeiten und die automatisierte Entscheidungsunterstützung deutlich verbessern.

(3) Das System wurde technisch überarbeitet. Neue Hardwarearchitekturen (Mehr-Kern-Prozessoren, Multiprozessorsysteme) stellen ein enormes Potenzial für parallele Rechenoperationen zur Verfügung. Um dieses Potenzial voll ausnutzen zu können, muss die Software entsprechend angepasst werden. Dabei steht die effiziente Steuerung der Aufteilung von komplexen Berechnungen auf die zur Verfügung stehenden Recheneinheiten im Vordergrund. Durch diese Parallelisierung kann die Rechenzeit deutlich verkürzt und die Nutzerfreundlichkeit entsprechend erhöht werden.

Im Kontext des Softwaresystems WaldPlaner sind zwei rechenintensive Vorgänge zu verzeichnen:

- *Simulation waldbaulicher Szenarien für einen Betrieb (Wachstum, Mortalität, Eingriffe usw.)*
- *Optimierung (Welche Bestände sind optimal geeignet definierte Sortimente zu liefern)*

Beide Komponenten (Simulation und Optimierung) wurden so implementiert, dass eine automatische Aufteilung der benötigten Berechnungen auf alle verfügbaren Recheneinheiten erfolgt, oder der Nutzer den Grad der Parallelisierung vorgibt, um z.B. Rechenkapazität für andere Programme/Berechnungen zu reservieren. Abbildung 1 zeigt die benötigte Zeit für die Simulation von 2000 Beständen in Abhängigkeit vom Grad der Parallelisierung (Threadanzahl¹) auf verschiedenen Computersystemen. Es wird deutlich, dass eine Verminderung der Rechenzeit möglich ist, bis der Grad der Parallelisierung die Anzahl der zur Verfügung stehenden Recheneinheiten erreicht.

¹ Ein Thread ist ein leichtgewichtiger Prozess, der eigene Systemkapazitäten (Speicher, CPU-Zeit) zugewiesen bekommt und somit eigenständig lauffähig ist. Threads ermöglichen es somit mehrere Rechenoperationen simultan durchzuführen.

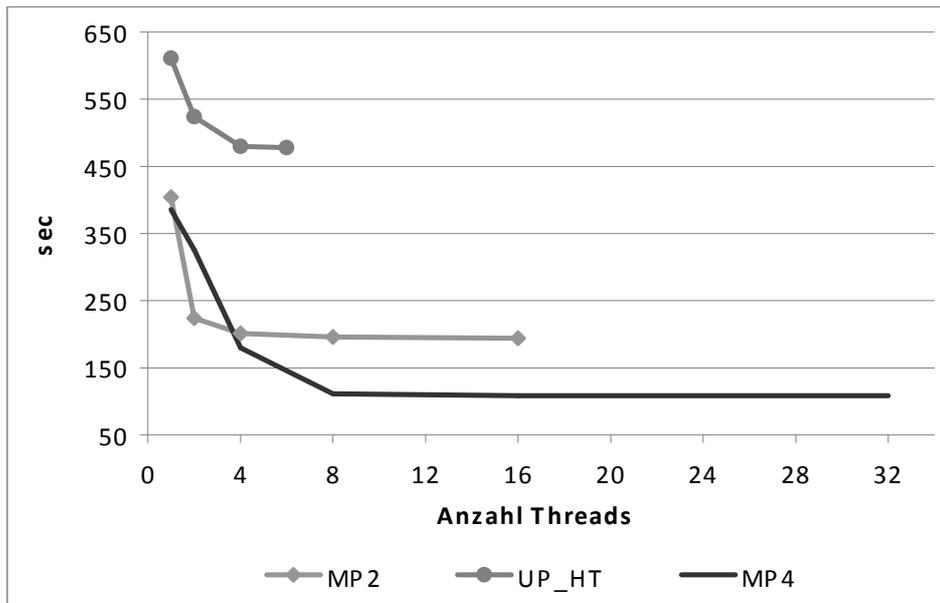


Abbildung1: Simulationsdauer für 2000 Bestände mit einer Größe von 0,25ha in Abhängigkeit der Threadanzahl auf drei PC-Systemen. MP2= Multiprozessor mit 2x Intel Core2 Duo, UP_HT= Uniprozessor mit Intel Pentium und MP4= Multiprozessor mit 2x Intel Xeon Quad E5420.

Auf dem System MP4 (Multiprozessor mit 2x Intel Xeon Quad E5420) stehen zwei Prozessoren mit jeweils vier Kernen zur Verfügung. Die Aufteilung der Simulation auf acht Threads (Teilprozesse) bewirkt die größtmögliche Steigerung der Simulationsgeschwindigkeit. Höhere Threadanzahlen führen zu keiner weiteren Geschwindigkeitssteigerung. Auf diesem System konnte die Rechenzeit bei voller Ausnutzung der Rechenkapazität um den Faktor vier verringert werden. Bei einer sequentiellen (nicht parallelisierten) Simulation werden ca. 400 Sekunden benötigt. Durch das Aufteilen der Simulation auf alle acht Kerne wird die Rechenzeit auf ca. 100 Sekunden reduziert.

Der WaldPlaner basiert auf einem einzelbaumorientierten Wachstumsmodell. Um Simulationen und Analysen durchführen zu können, müssen entsprechend virtuelle Modellbäume und Modellbestände generiert werden. Hierzu werden sog. Inputdaten benötigt. Um bezüglich der Inputdaten verschiedene Datentypen und -formate zu unterstützen, wurde der Datenimport als PlugIn-Lösung realisiert. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, für verschiedene Inputdaten Einleseroutinen zu erstellen, welche den Aufbau der Modellbestände übernehmen. Da diese PlugIns vom Hauptprogramm losgelöst sind, können diese auch nachträglich erstellt und leicht in den WaldPlaner integriert werden. Durch eine transparente Dokumentation des Interfaces, wird es dem Anwender ermöglicht eigene PlugIns zu erstellen oder erstellen zu lassen, die speziell auf seine vorhandenen Datenformate abgestimmt sind. Standardmäßig sind dem WaldPlaner PlugIns zum Verarbeiten von Forsteinrichtungsdaten und Stichprobendaten in Anlehnung an die niedersächsischen Formate beigefügt. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Praxispartnern wurden bislang zusätzlich PlugIns für die Verarbeitung von Forsteinrich-

tungsdaten des Stadforstamtes Göttingen sowie zum Einlesen von Stichprobendaten im Format der Firma SilvaVerde implementiert.

Weiterhin hat sich im Projektverlauf gezeigt, dass neben den verschiedenen Eingangsdaten auch unterschiedliche Wünsche hinsichtlich der Auswertungsfunktionen und des automatisierten Erstellens von Standardauswertungen seitens der Anwender existieren. Um verschiedene, nutzerspezifische Funktionen und Auswertungsroutinen in den WaldPlaner zu integrieren, wurde ebenfalls auf eine PlugIn-Lösung zurückgegriffen. Diese Lösung ermöglicht es, verschiedene Module zu erstellen und in den WaldPlaner zu integrieren.

Zu 2):

Die Zusammenarbeit mit den Praktikern aus den Forstbetrieben hat gezeigt, dass zur Unterstützung des normalen Arbeitsablaufs ein noch leichter zu bedienendes und zu wartendes, sowie im Funktionsumfang reduziertes System sinnvoll ist. Aus diesem Grund wurde parallel zur Weiterentwicklung des WaldPlaners der sog. WebBetriebsPlaner implementiert. Dieses System ist als Web-Applikation konzipiert. Dies bedeutet, dass der Anwender lediglich einen Netzzugang und einen Internet-Browser benötigt. Das Programm kommuniziert über interaktive HTML-Seiten mit dem Anwender. Die Daten und die eigentlichen Auswertungs- und Simulationsroutinen laufen auf einem Server. Der Anwender muss so weder die Datenwartung noch die Installation des Programms übernehmen. Darüber hinaus bietet ein webbasiertes System den Vorteil, dass es auch auf mobilen Endgeräten mit Internetzugang direkt im Wald aufgerufen werden kann, um vor Ort Informationen abzurufen oder zu speichern.

Der Kern des System beruht auf einem dynamischen Bestandeslagerbuch. D. h. der Anwender kann Forsteinrichtungsinformationen bestandes-, revier- oder betriebsweise abrufen. Dynamisch bedeutet, dass die Bestandesdaten bis zum Einlesen einer neuen Einrichtung (in der Regel nach 10 Jahren) auf Basis des integrierten Wachstumsmodells unter Berücksichtigung verbuchter Eingriffe fortgeschrieben werden können, so dass ein aktuelles Bestandesbild abgerufen werden kann. Zusätzlich sind noch ein interaktives Kartenwerk und eine Maßnahmenverwaltung integriert.

Liegen Käufernachfragen nach konkreten Holzsortimenten vor, bietet das System die Möglichkeit, einen Vorschlag zu generieren, in welchen Beständen die Zielsortimente geerntet werden können. Dabei werden verschiedenen, nutzerspezifische Restriktionen berücksichtigt, um eine optimale Auswahl treffen zu können.

Zu 3):

Beide Programme, der WaldPlaner und der WebBetriebsPlaner wurden ausführlich dokumentiert. Dabei wurden neben dem Funktionsumfang und der Bedienungsanleitung in einem Methodenteil die verwendeten Modelle und Verfahren dokumentiert. (vgl. Anhang)

Zu 4)

Für die FENA wurde das Funktionspaket des WaldPlaners angepasst. Es wird im Rahmen der Eingabe- und Auswertungsroutinen der in der Erprobungsphase befindlichen Betriebsinventur eingesetzt. Das Programm ergänzt verschiedene Einzelbaumparameter wie Zuwächse, Vorräte und Höhen sowie Empfehlungen für Nutzungsmassen.

5 Diskussion

Die umgesetzten Erweiterungen und Programmverbesserungen haben im Vergleich zur Vorgängerversion zu einer deutlichen Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit und Praktikabilität des Softwaresystems geführt. Durch die Verbesserung der Simulationsgeschwindigkeit (Parallelisierung rechenintensiver Operationen) und der Vereinfachung der Nutzeroberfläche ist die Bedienung des Programms komfortabler.

Der modulare Aufbau ermöglicht es, das System nutzerspezifisch anzupassen. Dadurch wird zum einen vermieden, dass durch nicht benötigte Funktionen die Menüführung unnötig erschwert wird. Andererseits können individuelle Funktionen wie z. B. die automatisierte Erstellung einer Standardauswertung für einen Forstbetrieb (Vorratsstruktur, Alterstruktur usw.) leicht integriert werden, ohne dass das Hauptprogramm erweitert, neu kompiliert und installiert werden muss. Die Veröffentlichung der Schnittstellenparameter ermöglicht dem Anwender bei Bedarf, individuelle Module zu erstellen oder erstellen zu lassen.

Die Flexibilität des Systems wird dadurch enorm gesteigert. Das System kann als reines Auswertungstool für verschiedene Datenerhebungen zu einem Forstbetrieb dienen oder als komplexes Entscheidungsunterstützungssystem ausgebaut und in die planerischen Aufgaben eines Betriebs integriert werden.

Eine wichtige inhaltliche Erweiterung stellt das Totholzmodul dar. In Kombination mit der Simulation waldbaulicher Szenarien ist es möglich, die zeitliche Entwicklung anfallender Holzmassen differenziert nach lebenden/stehenden Bestand, genutzten Massen und im Wald verbleibenden Holzmassen zu modellieren. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung, um die

geplante Komponente zur Abschätzung der gebundenen und dem Wald entnommenen Kohlenstoffmengen zu erstellen.

6 Öffentlichkeitsarbeit

Der WaldPlaner und der WebBetriebsPlaner werden im Internet vorgestellt und zum Download angeboten. Durch die kostenlose Verfügbarkeit und die leichte Anpassung an individuelle Eingangsdaten, können vor allem kleine und mittelständische Forstbetriebe von dieser Softwarelösung profitieren.

Der WebBetriebsPlaner wurde auf einem Server der NW-FVA online gestellt. Als „Test-Daten“ fungiert die Forsteinrichtung des Stadtforstamtes Göttingen mit geringfügig verfremdeter Datenlage. Alle benötigten Softwarekomponenten können auf Nachfrage bei der NW-FVA bezogen werden.

An der Fachhochschule Eberswalde wird der WaldPlaner im Rahmen der Lehre zur Demonstration und Analyse der Auswirkung verschiedenerer Waldbaukonzepte eingesetzt. So wird das „forstliche Fachpersonal von morgen“ mit dem EDV-System vertraut gemacht und der Bekanntheitsgrad sowie die Akzeptanz gesteigert.

Im Januar des Jahres 2011 ist ein Abschluss-Workshop vorgesehen, zu dem, über den Projektteilnehmerkreis hinaus, Interessenten und Vertreter der einzelnen Zielgruppen eingeladen werden.

7 Fazit

Das Projekt ist als erfolgreich zu bewerten. Die definierten Ziele wurden erreicht und der WaldPlaner bzw. der WebBetriebsPlaner werden bereits in einigen Institutionen und Betrieben weingesetzt.

Die aktuelle Version des WaldPlaners ist im Vergleich zu der Vorgängerversion bezüglich der Praktikabilität und der Bedienungsführung deutlich verbessert worden.

Die Zusammenarbeit mit den Praxispartnern erwies sich als gelungen, da so konkrete Wünsche berücksichtigt werden konnten und die Praktikabilität des Softwaresystems effektiv verbessert werden konnte. Die Servicestelle für Forsteinrichtung u. Naturschutz (FENA) in Hessen setzt bereits eine Version des WaldPlaners ein, um die erstmalig durchgeführte und noch andauernde Betriebsstichprobe auszuwerten. Im Stadtforstamt Göttingen wird derzeit eine Version des WaldPlaners zunächst parallel zu der bisherigen Softwarelösung als Planungsin-

strument auf Basis von Forsteinrichtungsdaten und Stichprobeninventuren eingesetzt. Durch einen engen Kontakt mit den Praxispartnern über die Projektlaufzeit hinaus sind weitere wertvolle Erfahrungen zu erwarten, die für eine laufende Verbesserung der Praktikabilität der Programme genutzt werden können.

8 Literatur

- Hansen, J. (2006): Der WaldPlaner – Ein System zur Entscheidungsunterstützung in einer nachhaltigen Forstwirtschaft. In: Degenhardt, A. u. Wunn, U.: Beiträge von der 18. Jahrestagung der Sektion Biometrie und Informatik des DVFFA in Trippstadt. Die Grüne Reihe, 112-119.
- Mayhew, D. (1992): Principles and Guidelines in Software User Interface Design. Prentice-Hall, New Jersey.
- 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.
- Shneiderman, B. (2001): User Interface Design. Deutsche Ausgabe, mitp. S. 704.

9 Anlagen

Vorläufige (Stand 29.11.10) Programmdokumentation und Bedienungsanleitung der Softwaresysteme:

- ForestSimulator
- WaldPlaner
- WebBetriebsPlaner

Vorwort

R. Stock DBU

Beiträge aus der NW-FVA, Band xyz, 2010

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
Inhaltsverzeichnis	3
WALDWACHSTUMSKUNDLICHE SOFTWARESYSTEME AUF BASIS VON TREEGROSS – ANWENDUNG UND THEORETISCHE GRUNDLAGEN	6
Zusammenfassung	6
Abstract	7
Danksagung	8
1 Einleitung	8
1.1 Gliederung.....	12
2 Die Softwaresysteme	14
2.1 ForestSimulator	14
2.1.1 Leistungsumfang	14
2.1.2 Installation	15
Voraussetzung	15
Dateien und Verzeichnisse	15
Installation des ForestSimulators unter Ubuntu	16
Inbetriebnahme.....	18
Aufruf des ForestSimulators	19
Update	20
Deinstallieren	20
2.1.3 Bedienung des ForestSimulators	20
Oberfläche	20
Bestandesanalyse.....	21
Bestandesinformationen	21
Bestandeskarte.....	22
Bestandesansicht	23
Berichte	25
Einzelbaumwerte.....	25
Bestandeswerte.....	26
Bestandesstruktur	27
Sortierung.....	27
Baumarteneinstellungen	28

Baumartenschlüssel	28
Zusätzliche Grafiken.....	28
2.1.4 Bestandesbehandlung und Prognose	28
Interaktive Durchforstung in der Bestandesansicht	28
Automatische Bestandesbehandlung.....	29
Prognose	31
Sortierung	32
Eingabe eigener Bestände	35
Zusätzliche Bäume hinzufügen.....	41
Spezielle Funktionen.....	41
Überführung von Ergebnissen in andere Programme	41
2.2 WaldPlaner.....	47
2.2.1 Leistungsumfang	47
Optimale Auswahl von Naturschutzflächen.....	49
Optimierung der Nutzung und Pflege	49
2.2.2 Installation.....	50
2.2.3 Systeminformationen und Versions-Prüfung	51
2.2.4 Deinstallation	52
2.2.5 Bedienung	53
Hauptfenster.....	53
Modellbestände generieren	55
Projekte anlegen und verwalten	59
Auswertung	63
GIS.....	76
Bestände filtern	87
Simulation	89
Optimierung.....	103
Baumarteneinstellungen.....	106
Fehlermeldungen und das Logfenster	107
2.3 WebBetriebsPlaner	110
2.3.1 Leistungsumfang	110
2.3.2 Installation.....	110
2.3.3 Bedienung	110
Startseite und Hauptmenü	110
Datenmanager	111
Bestände fortschreiben und zurücksetzen	113
Betriebsübersicht	114
Bestandeslagerbuch	115
Betriebskarte	119
Jahresübersicht der Planungen.....	121
Bestandesdaten filtern.....	122
Filter setzen.....	122
Optimierung.....	123
3 Softwarekonzeption und Modelle	126
3.1 Wahl der Programmiersprache.....	126

3.2	Simulationssoftware TreeGrOSS	127
3.2.1	Einleitung	127
3.2.2	Genereller Aufbau	128
3.2.3	Bestandesobjekt.....	130
3.2.4	Datenergänzung.....	132
	Erzeugung von Durchmesservertelungen.....	133
	Ergänzung fehlender Höhenwerte	133
	Höhenvariation	134
	Kronenansatz.....	134
	Kronenbreite.....	135
	Koordinaten.....	135
3.2.5	Mortalität	135
3.2.6	Höhenzuwachs.....	138
3.2.7	Durchmesserzuwachs	138
3.2.8	Kronenveränderung	139
3.2.9	Verjüngungsschichten und Einwuchs.....	139
3.2.10	Totholz	141
3.2.11	Bestandesbehandlung	144
	Konzept	144
	Behandlungselemente	150
3.2.12	Modellgrenzen.....	154
3.3	WPEngine	155
3.3.1	Import-Plugins - StandFactory	156
3.3.2	Totholzmodell	158
3.3.3	BT-Durchmischung	159
3.3.4	Ökonomischer Erfolg	161
3.3.5	Handlungsdringlichkeit	162
	Pflegedringlichkeit	162
	Nutzungsdringlichkeit	164
3.3.6	Aggregation	165
3.3.7	Konstante Nutzung	169
3.4	Externe Bibliotheken.....	171
4	Entscheidungsunterstützungssysteme	173
4.1	Allgemein.....	173
4.2	Entwurf eines forstlichen DSS	176
5	Schlussbetrachtung	178
	Literatur.....	181
6	Anhang	189
6.1	Funktionen und Einstellungen für Nordwestdeutschland.....	189
6.2	Einwuchsmodell	212
6.2.1	Bestimmung der Baumart.....	213
6.3	Schaftformfunktionen.....	216

Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGrOSS – Anwendung und theoretische Grundlagen

Forest growth software applications based on TreeGrOSS - Application and theoretical foundations

Jan Hansen und Jürgen Nagel

Zusammenfassung

Die Planung und Durchführung waldbaulicher Maßnahmen ist eine zunehmend komplexe Aufgabe. Personelle Strukturen ändern sich dahingehend, dass immer weniger Fachpersonal zur Betreuung der Waldflächen zur Verfügung steht. Dies erhöht den Bedarf nach Werkzeugen, die bei der Planung forstlicher Maßnahmen entscheidungsunterstützend hinzugezogen werden können. Bewährte Werkzeuge, wie die Ertragstafeln, werden oft den veränderten Standortbedingungen und modernen, gemischten Bestandestypen nicht gerecht.

Computergestützte forstliche Entscheidungsunterstützungssysteme können den veränderten Anforderungen gerecht werden. An der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt wurden in mehreren Projekten drei für verschiedene Einsatzfelder und Zielgruppen ausgelegte Systeme implementiert, welche fortlaufend aktualisiert und weiter entwickelt werden:

- ForestSimulator
- WaldPlaner

Beiträge aus der NW-FVA, Band xyz, 2010

- WebBetriebsPlaner

Alle drei Systeme greifen auf die Waldwachstumsbibliothek TreeGrOSS (NAGEL 2009) zurück.

In dem ersten, praktischen Teil dieses Beitrags werden die Funktionen und die Bedienung der drei Programme beschreiben. Dies erleichtert den Einstieg in die Bedienung der Programme und schafft eine Grundlage, um zu entscheiden, welches der Programme den persönlichen Bedürfnissen am ehesten entspricht. In dem anschließenden theoretisch ausgelegten Abschnitt werden die verwendeten Modelle und Methoden eingehend dokumentiert und erläutert. Danach erfolgt eine allgemeine Definition von Entscheidungsunterstützungssystemen und einem darauf aufbauenden generellen Entwurf eines forstlichen Entscheidungsunterstützungssystems. Das vorliegende Buch stellt somit zum einen eine Anleitung zur Bedienung der vorgestellten Programme dar. Zum anderen wird die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der von den einzelnen Systemen produzierten Ergebnisse durch den theoretisch ausgelegten Teil erhöht. Darüber hinaus dient dieser Teil für Programmierer als Dokumentation der unter der GPL verfügbaren Tree Growth Open Source Software (TreeGrOSS), wenn sie diese Bibliothek in eigene Softwareprojekte integrieren möchten.

Abstract

Nowadays planning and realization of silvicultural treatments is a more complex challenge. In addition the reduction of staff has led to a situation where experts have to cover larger forest areas. In order to secure a multi-functional sustainable forest management new tools are needed which can assist the foresters and help in their decision making. Yield tables, which have been the major tool for forest planning in the past, are more and more insufficient because of changes in site conditions and modern stand types.

Computer aided decision support systems may fill this gap. Three programs which were developed by the Northwest German Forest Research Station focus on different tasks and user needs. All systems can be downloaded from the web site and get continuously improved. The programs are:

- ForestSimulator
- WaldPlaner
- WebBetriebsPlaner

All programs are based on the forest growth library TreeGrOSS (Tree Growth Open Source Software (NAGEL 2009)).

After a short introduction the three programs are described in detail. This should help foresters to make use of the software and decide which program will

help for their needs. The following chapters cover the theoretical background and gives an insight into algorithms and the design of the software.

Danksagung

Der DBU (Deutschen Bundesumweltstiftung) und namentlich Herr Dr. Reinhard Stock möchten wir für die langjährige Förderung, das Vertrauen und die stets konstruktive Zusammenarbeit danken. Nur so konnten die vorgestellten Programme entwickelt und implementiert werden.

Den Projektpartner

- Stadtforstamt Göttingen vertreten durch Herrn Martin Levin
- SilvaVerde GmbH vertreten durch Herrn Knut Sturm
- HESSEN-FORST - Servicestelle für Forsteinrichtung u. Naturschutz (FENA) vertreten durch Herrn Dr. Jürgen Willig
- HESSEN-FORST - Forstamt Kirchhain vertreten durch Herrn Lutz Hofheinz
- Nds. Forstplanungsamt (NFP) vertreten durch Herrn Dr. Thomas Böckmann
- Niedersächsische Landesforsten, Forstamt Nienburg vertreten durch Herrn Wolfgang Fritzsche
- Herrn Carsten Schütze, Geschäftsführer FBG Elbeholz

danken wir für die Teilnahme, hilfreichen Anregungen und auch für das nötige Verständnis, wenn am Ende vielleicht nicht die Erwartungen des einzelnen erfüllt werden konnten.

Darüber hinaus danken wir den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt für ihre Beiträge, ihre Kritik und alle Hilfe. Unserer besonderer Dank gilt Prof. Dr. Hermann Spellmann, der dieses Projekt ermöglicht und ganz wesentlich mitbestimmt hat.

10 Einleitung

Die Planung und Durchführung waldbaulicher Maßnahmen ist eine zunehmend komplexe Aufgabe. Das weit verbreitete Bild des Försters, der mit Hund und Flinte durch sein Revier pirscht und für Recht und Ordnung im Wald sorgt, entspricht längst nicht der Realität. Wald hat heutzutage eine Vielzahl von Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen zu erfüllen. Die Bedeutung des Waldes und seiner verschiedenen Funktionen nimmt ständig zu. Die nachhaltige Sicherung der Funktionalität

des Waldes ist eine zentrale Aufgabe, vor allem der staatlichen Forstbetriebe. Im Kontext einer modernen Forstwirtschaft müssen verschiedene, z. T. konkurrierende Waldfunktionen berücksichtigt werden. Je nach den Auflagen, Zielen und vertraglichen Verpflichtungen der einzelnen Forstbetriebe resultieren somit vielschichtige, mehrkriterielle Entscheidungs- oder Managementprobleme. So sollen beispielsweise verschiedene Naturschutzelemente und Flächen etabliert werden und gleichzeitig ein möglichst hoher Gewinn erzielt werden. Hinzu kommt, dass die personelle Entwicklung in den meisten Betrieben dazu führt, dass immer weniger Fachpersonal zur Betreuung der Waldfläche zur Verfügung steht (MERKER 2006, HINRICHS 2006).

Der Entwurf waldbaulicher Maßnahmen ist eine klassische Entscheidungssituation (Duda 2006). Dabei liegt ein Entscheidungsfeld vor, welches aus nicht beeinflussbaren Rahmenbedingungen (Waldzustand, Klima, Baumartenzusammensetzung...) und den vorstellbaren Handlungsalternativen (alternative Bewirtschaftungsformen) gebildet wird. Neben der Ermittlung von Handlungsalternativen ist die Abschätzung der Auswirkungen, der im Rahmen einer Strategie angewendeten Maßnahmen ein wichtiges Element bei der Entscheidungsfindung. Um angestrebte Ziele erreichen zu können, müssen geeignete Maßnahmen ausgewählt und der Zeitpunkt ihrer Durchführung festgelegt werden. Der Einsatz computergestützter Informations- und Planungswerkzeuge kann in diesem Kontext dazu beitragen, schneller qualitativ hochwertige Informationen zur Verfügung zu stellen und optimale Managementstrategien zu entwickeln. Vor allem der Einsatz von Simulationstechniken ermöglicht es, Auswirkungen verschiedener Maßnahmen abzuschätzen.

Seitens der Forstwissenschaft und anderer Fachbereiche wurde und wird eine Vielzahl verschiedener Modelle und Verfahren (Wuchsmodelle, Eingriffsmodelle, Risikomodelle, etc.) entwickelt, welche dazu dienen, das Waldwachstum, Störungen sowie waldbauliche Maßnahmen und deren Auswirkungen auf ein Waldsystem abzubilden. Seitens der Forstbetriebe werden unterschiedlich konzipierte Inventuren zur Erfassung des aktuellen Waldzustands durchgeführt. Für den praxistauglichen Einsatz müssen die vorhandenen Modelle in einer bedienerfreundlichen und zielgruppenkonformen Anwendung zusammengeführt und mit einer flexiblen Schnittstelle für die betriebsspezifische Datenstrukturen versehen werden.

Im Rahmen der Forstplanung kommen bereits Waldwachstumssimulatoren zum Einsatz (BÖCKMANN 2004, HANSEN 2006, HASENAUER 2006). Die Simulatoren haben den entscheidenden Vorteil gegenüber den klassischen Ertragstafeln, dass sie komplexe Bestandesstrukturen und Mischungsformen sowie verschiedene Durchforstungs- und Endnutzungsstrategien abbilden und unter Berücksichtigung aktueller Wachstumsgänge Zuwächse abschätzen können (NAGEL et al. 2006, v. TEUFEL et al. 2006). Darauf aufbauend können mit Eingriffsmodellen verschiedene Eingriffsarten und deren Auswirkungen auf einen Bestand abgebildet werden. Die Simulatoren sind in der Regel in Form von Einzelplatzanwendungen umgesetzt und beschränken sich auf die Analyse und Simulation einzelner Bestände. Die

Verarbeitung aller Bestände eines Forstbetriebes und die automatisierte Generierung von Handlungspfaden sowie integrierte Verfahren zur Ableitung von Handlungsempfehlungen in Verbindung mit einer benutzerfreundlichen Oberfläche und annehmbaren Rechenzeiten befinden sich z. Z. noch in der Entwicklungsphase oder berücksichtigen nicht alle entscheidungsrelevanten Parameter (v. TEUFEL 2006). Es besteht folglich ein Handlungsbedarf für die Entwicklung und Verbesserung entscheidungsorientierter, modellbasierter Planungswerkzeuge (SCHÖLLER u. SPORS 2001).

In der vorliegenden Arbeit werden folgende forstliche Planungswerkzeuge vorgestellt, welche für verschiedene Einsatzfelder und Zielgruppen an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt implementiert wurden,

ständig aktualisiert und weiter entwickelt werden:

- ForestSimulator
- WaldPlaner
- WebBetriebsPlaner

Alle drei Systeme greifen auf das TreeGrOSS-Modul (NAGEL 2009) zurück. Dieses Modul ist als JAVA-Bibliothek implementiert und beinhaltet die grundlegenden Funktionen zur Simulation der Waldentwicklung (Einwuchs, Wachstum, Mortalität) und zur Abbildung waldbaulicher Maßnahmen (Pflege, Nutzung, Verjüngung, Naturschutz). Auf dieser Bibliothek und weiteren Softwarebausteinen, welche in der Abteilung A der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) entwickelt wurden, basieren die vorgestellten Anwendungen (Abbildung 1).

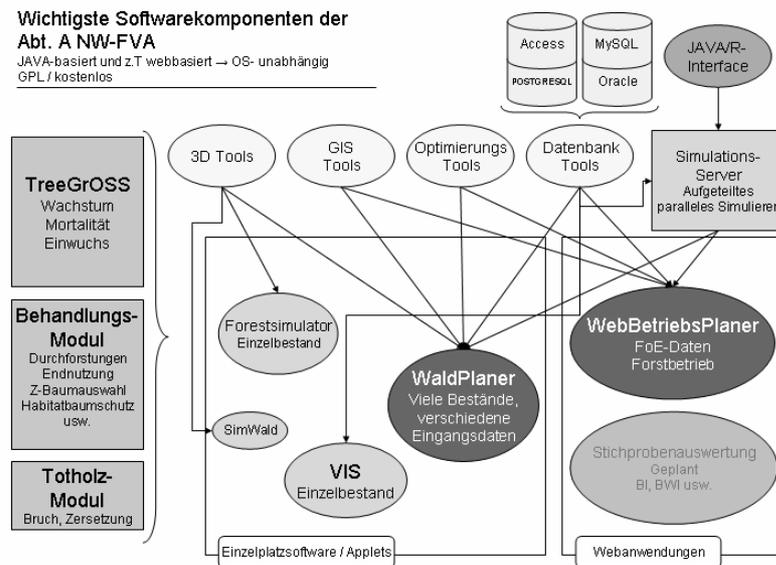


Abbildung 1: Softwarebausteine und Anwendungen der NW-FVA, Abt. A

Durch diesen modularen Aufbau können einzelne Module bzw. Pakete in verschiedenen Anwendungen eingebunden werden. Bei Aktualisierung eines Paketes muss lediglich nur dieses ausgetauscht werden. Die bestehende Architektur der Endnutzeranwendungen muss nicht geändert werden. Dies erleichtert die Weiterentwicklung und Wartung der Softwarelösungen deutlich.

Der Unterschied zwischen den Systemen beruht vor allem auf den zugrunde liegenden Skalenniveaus. Der *ForestSimulator* ist auf die Verarbeitung (Simulation von Waldwachstum, Eingriffen, Aushaltung, etc.) jeweils eines Bestandes ausgerichtet. Der *WaldPlaner* und der *WebBetriebsPlaner* dienen der Verarbeitung einer großen Anzahl von Beständen, z. B. eines gesamten Forstbetriebes. In beiden Systemen können Ergebnisse jedoch auch auf Bestandesebene ausgewertet und dargestellt werden.

Der Unterschied zwischen dem *WaldPlaner* und dem *WebBetriebsPlaner* liegt zum einen in der Front-End-Konzeption. Der *WaldPlaner* ist als Einzelplatzanwendung konzipiert und muss entsprechend auf jedem Rechner installiert werden. Der *WebBetriebsPlaner* ist eine Webanwendung und kommuniziert über dynamische, interaktive Web-Seiten. Es werden auf den Client-Rechnern lediglich ein Netzzugang und ein Browser benötigt. Diese Technologie hat den Vorteil, dass die System- und Datenwartung nur auf dem Rechner durchgeführt werden muss, auf welchem der *WebBetriebsPlaner* betrieben wird.

Zum anderen unterscheiden sich die Systeme in der Zielgruppenauslegung. Der *WaldPlaner* beinhaltet sehr flexible Simulations- und Auswertungsmöglichkeiten, setzt jedoch ein größeres Systemverständnis und Anwenderkompetenzen voraus. Im praktischen Einsatz steht vor allem die Generierung zusätzlicher Informationen und Nachhaltigkeitsindikatoren auf Basis vorhandener Inventurdaten und darauf aufbauende Simulationen und Vergleiche verschiedener Waldentwicklungsszenarien im Vordergrund. Darüber hinaus richtet sich das System auch an Lehre und Wissenschaft.

Der *WebBetriebsPlaner* ist als ein dynamisches Bestandeslagerbuch zu verstehen, welches zusätzlich zu den grundlegenden Möglichkeiten, wie dem Abrufen wichtiger Bestandesinformationen, verschieden GIS- und Optimierungsfunktionen beinhaltet. Auf Grund der Kopplung mit dem Waldwachstumssimulator (*TreeGrOSS*) können unter Berücksichtigung von Einschlagsinformationen die Bestandesdaten jahresweise fortgeschrieben werden, so dass ein aktuelles Bestandesabbild vorliegt bis eine weitere Inventur durchgeführt wird. Ist diese abgeschlossen, können die aktuellen Daten eingelesen werden. Dieses System ist auf den praktischen Einsatz in kleinen und mittelständischen Forstbetrieben ausgelegt.

Die Entwicklung und Erweiterung der Programme *WaldPlaner* und *WebBetriebsPlaner* beruht auf mehreren von der DBU und dem BMBF geförderten Projekten. Die Grundstruktur des *WaldPlaners* wurde im Rahmen des Teilprojektes *Buchenholzaufkommen heute und in Zukunft* des BMBF-Verbundprojektes *Modifizierte Bu-*

*uchenholzprodukte*¹ geschaffen. Für die bundesweite Abschätzung des zukünftigen Buchenholzpotentials wurde ein System erstellt, welches große Stichprobenumfänge² einlesen und das zu erwartende Rohholzaufkommen unter der Annahme verschiedener Waldentwicklungsszenarien berechnen kann. Die Routinen zur automatisierte Definition und Umsetzung verschiedener waldbaulicher Szenarien wurden in dem DBU-Projekt *Entwicklung eines Decision Support Systems für die betriebliche und regionale Waldbauplanung – DSSW*³ entwickelt. Im Rahmen des DBU Projektes *WaldPlaner4All*⁴ wurde das Softwaresystem in zwei Entwicklungslinien, dem *WaldPlaner* und dem *WebBetriebsPlaner* weiterentwickelt. Ziel dieses Projekts war es, neben einigen inhaltlichen Ergänzungen, die Anwenderfreundlichkeit und die Praxistauglichkeit der Software zu verbessern. Durch die gezielte Einbindung von vier Forstbetrieben, Planungsfirmen und -institutionen wurde in dem Projekt ein reger Austausch zum Zwecke der Programmverbesserung erreicht und gleichzeitig sichergestellt, dass Wünsche und Bedürfnisse der forstlichen Praxis in die Programme integriert werden.

10.1 Gliederung

Das vorliegende Buch weist zwei Schwerpunkte auf. Zum einen wird in einem praktischen Teil die Bedienung der vorgestellten Anwendungen erläutert. Zum anderen wird auf die theoretischen und programmtechnischen Grundlagen eingegangen.

In Kapitel 2 wird zunächst jeweils der Funktionsumfang der drei Anwendungen vorgestellt. Danach erfolgt eine schrittweise Anleitung, wie die Programme bedient werden. Dieser Teil soll vor allem potentiellen Anwendern dabei helfen, die wichtigsten Funktionen nachzuvollziehen und auf eigene Daten und Problemstellungen zu übertragen.

Der zweite Schwerpunkt liegt auf der Systemkonzeption und den verwendeten Modellen und Verfahren. Es wird vor allem das in alle Programmen eingebundene TreeGrOSS-Paket erläutert und die wichtigsten verwendeten Modelle und Algorithmen beschrieben. Dieser Teil schafft eine Transparenz bezüglich der zugrunde liegenden Modelle. Der Anwender kann so nachvollziehen, auf welcher Basis die einzelnen Ergebnisse und Indikatoren ermittelt werden. Weiterhin erhält der interessierte Programmierer Informationen darüber, welche Klassenhierarchie dem TreeGrOSS-Paket zugrunde liegt und welche Methoden zur Waldwachstumsmodellierung verfügbar sind. Um den theoretischen Teil abzurunden, wird in Kapitel 4 der generelle Aufbau von Entscheidungsunterstützungssystemen beschrieben

¹ Buchenholzaufkommen heute und in Zukunft: AZ 0330565B

² in diesem Fall Bundeswaldinventurdaten (BWI I und BWI II)

³ DSSW: AZ 19872

⁴ WaldPlaner4All: AZ 266515 – 33/0

und anschließend auf die Besonderheiten forstlicher Entscheidungsunterstützungssysteme eingegangen.

11 Die Softwaresysteme

In diesem Kapitel werden die drei Software- bzw. Entscheidungsunterstützungssysteme *ForestSimulator*, *WaldPlaner* und *WebBetriebsPlaner* vorgestellt. Es werden jeweils der Leistungsumfang und die wichtigsten Funktionen der Programme erläutert. Anschließend wird eine schrittweise Anleitung gegeben, wie die Programme installiert werden und wie die implementierten Funktionen anzusteuern sind. Dem Anwender wird somit eine detaillierte Anleitung gegeben, wie verschiedene Ergebnisse und Auswertungen erarbeitet werden können.

11.1 ForestSimulator

11.1.1 Leistungsumfang

Der *ForestSimulator* wurde für die Analyse und Bewertung von Beständen und deren Entwicklung erstellt. Dabei liegt der Fokus auf der Verarbeitung von jeweils einem Bestand. Das Programm bietet verschiedenen Möglichkeiten einen virtuellen Bestand frei zu generieren oder auf Basis vorhandener Daten aufzubauen. Über verschiedene Eingabemasken können Behandlungs- und Aushaltungsszenarien definiert werden. Diese werden dann in Kombination mit dem hinterlegten Waldwachstumsmodell dazu verwendet die Bestandesentwicklung fortzuschreiben. Nach einem Simulationsschritt, können dann auf verschiedenen Berichtsseiten die Ergebnisse zum Wachstum, zu Eingriffen und Nutzungen sowie zur Aushaltung abgerufen werden. Darüber hinaus kann der virtuelle Bestand in einer 2D- und einer 3D-Ansicht visualisiert werden. Beide Darstellungsvarianten sind interaktiv. Der Anwender kann zu entnehmende Bäume markieren und dem Bestand entnehmen. Manipulierte (simulierte, manuell durchforstete) Bestände können abgespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder eingelesen werden. So besteht die Möglichkeit, verschieden Entwicklungspfade für einen Bestand zu simuliert und zu analysieren.

Das System bietet für verschiedene Zielgruppen interessante Funktionen. Der Forstpraktiker kann z. B. unterschiedliche waldbauliche Optionen simulieren, die Konsequenzen abschätzen und eine Entscheidungsgrundlage für reale Eingriffe schaffen. Im Bereich der Lehre können beispielsweise mit dem Programm verschiedene Durchforstungs- und Erntemaßnahmen erläutert werden.

11.1.2 Installation

Die Installation des ForestSimulators wird an dieser Stelle nur für Microsoft Windows Betriebssysteme und das frei verfügbare Linux-System Ubuntu⁵ beschrieben. Der Simulator kann aber auch auf anderen Betriebssystemen eingesetzt werden, sofern eine Java Runtime Engine vorhanden ist. Das Programm wurde eingehend auf Windowssystemen und einem Ubuntu Betriebssystem 8.4 und höher getestet.

Voraussetzung

Das Programm wurde in der Programmiersprache Java geschrieben. Es kann daher auf fast jedem Computer mit jedem Betriebssystem eingesetzt werden. Voraussetzungen hierfür sind:

- eine Java Runtime Engine (JRE) 1.6.0 oder höher muss auf Ihrem Computer installiert sein⁶. Es kann sein, dass Sie für die Installation der JRE Administratorenrechte benötigen.
- Java 3D muss auf Ihrem Computer installiert sein, wenn Sie die 3D-Grafik nutzen möchten.

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

Für ein Windows Betriebssystem ist die Installation der Java Komponenten unproblematisch, da diese mit den Setup-Programmen mitgeliefert werden. Für das Linux Betriebssystem Ubuntu wurde eine ausführliche Anleitung hinzugefügt, welche Sie in den nächsten Abschnitten finden.

Dateien und Verzeichnisse

Das Programm *ForestSimulator* wird ohne eine automatische Installationsroutine ausgeliefert. Dies hat den Vorteil, dass Sie das Programm in einem Verzeichnis Ihrer Wahl ablegen können und keine Administratorenrechte benötigen. Entpacken Sie die Datei *ForestSimulator7.zip* in ein beliebiges Verzeichnis auf Ihrem Computer. In diesem Beispiel 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 herunterladen⁷.

Nach dem erfolgreichen Entpacken finden Sie in dem von Ihnen gewählten Verzeichnis (hier: `\ForestSimulator75`) die in Abbildung 2 dargestellten Unterverzeichnisse und Dateien.

⁵ <http://www.ubuntu.com/>

⁶ <http://www.java.com>

⁷ <http://www.7-zip.org>

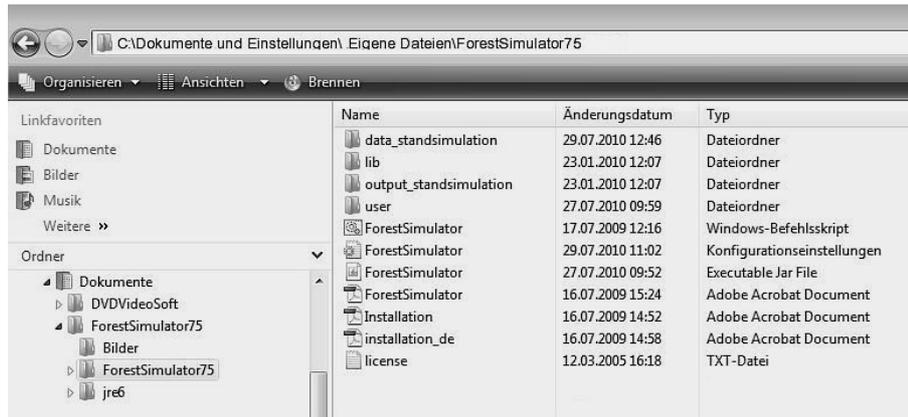


Abbildung 2: Verzeichnisse und Dateien des ForestSimulator im Windows Explorer

Tabelle 1 gibt Ihnen einen Überblick über die Bedeutung der Verzeichnisse und Dateien. Für die erste Benutzung des Programms empfiehlt es sich, die vier Unterverzeichnisse nicht zu verändern.

Tabelle 1: Bedeutung 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	Unterverzeichnis 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 könnten jedoch bei der Installation von Java und Java3D auftreten. Daher wird dieser Vorgang in den folgenden Abschnitten genauer beschrieben. Bitte beachten Sie, dass Sie für die Installation der Java-komponenten über das Administratorpasswort verfügen müssen.

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 möchten. Laden Sie sich zunächst die Datei *j3d-1_5_2-linux-i586.zip*⁸ herunter und kopieren Sie diese in ein neues Verzeichnis (in diesem Beispiel: /juergen/temp). Dazu können Sie den Datei-Browser verwenden. Entpacken Sie anschließend die Datei, indem Sie die Datei anklicken und wählen Sie im Menu des Datei-Browsers: *Datei* → *Mit Archivmanager öffnen*. Drücken Sie im folgenden Dialog den Button [entpacken] und im nächsten Dialog erneut *entpacken*. In Ihrem Verzeichnis (in diesem Beispiel: /juergen/temp) 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 drei Dateien mit der Dateiendung *.jar* müssen Sie in das Verzeichnis *jre/lib/ext* und die letzten beiden mit der Endung *.so* in das Verzeichnis *jre/lib/i386* der gültigen Java Runtime Engine kopieren. Diese Aktion können Sie nicht mit dem Datei-Browser durchführen, da Sie hierfür Systemrechte (Root) benötigen. Dennoch sollten Sie über den Datei-Browser das entsprechende Unterverzeichnis lokalisieren, um sich den Kopiervorgang zu erleichtern. In diesem Beispiel lautet der vollständige Verzeichnisname: /usr/lib/jvm/java-6-sun-1.6.0.10/jre/lib/ext. Beachten Sie bitte, dass Sie für Ihre Installation noch die Versionsnummer anpassen müssen. Öffnen Sie nun ein Terminal-Fenster *Anwendungen* → *Zubehör* → *Terminal* und wechseln Sie im Terminalfenster mit dem Befehl:

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

in das Verzeichnis, in welches Sie die Java3D Dateien abgelegt haben. Geben Sie zum Entpacken der Datei *j3d-jre.zip* den Befehl:

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

im Terminalfenster ein. Kopieren Sie nun 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 die *ForestSimulator7.zip*-Datei in ein beliebiges Verzeichnis und beginnen Sie mit der Inbetriebnahme des ForestSimulators, indem Sie die Datei *ForestSimulator.jar* doppelt anklicken.

⁸ <https://java3d.dev.java.net/binary-builds.html>

Inbetriebnahme

Seit der Version 7.1 wird die Datei *ForestSimulator.ini*, welche die Konfigurationseinstellungen enthält, nicht mehr mitgeliefert. Daher erscheint bei der ersten Nutzung des Simulators ein Fenster für die wichtigsten Programmeinstellungen (Abbildung 3). Wenn Sie den Button [ok] betätigen, wird automatisch die Datei *ForestSimulator.ini* angelegt, in welcher Ihre Einstellungen gespeichert werden.

Starten Sie das Programm durch doppeltes Anklicken der Datei *ForestSimulator.jar* im Explorer (Windows) oder die Datei direkt mit Java unter Ubuntu. Sie können nun die Grundeinstellungen vornehmen (Abbildung 3):

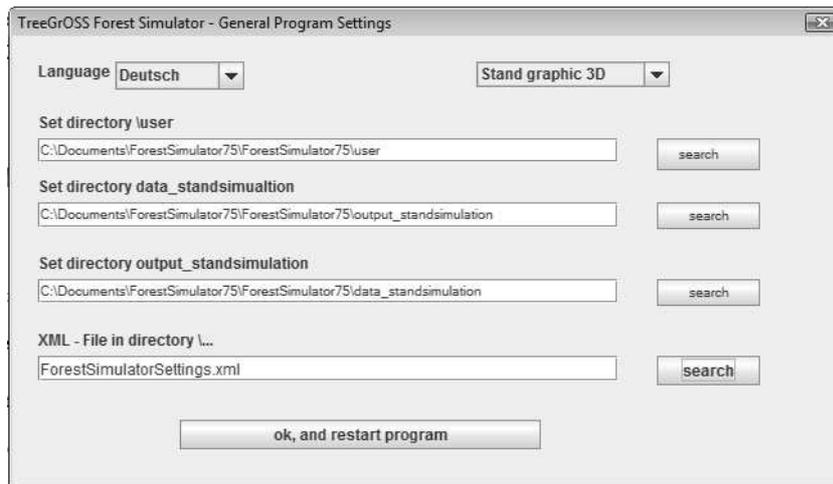


Abbildung 3: Einstellungsfenster

- Bestimmen Sie die Sprache. Fast alle Bereiche des ForestSimulators sind mehrsprachig.
- Legen Sie fest, ob Sie die 3D oder 2D-Grafik benutzen wollen. Für die 3D-Grafik sollten Sie über eine schnelle Grafikkarte verfügen und auf Ihrem Computer muss Java 3D installiert sein.
- 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 Button [suchen] im Dialog auswählen.
- Legen Sie Ihr Datenverzeichnis fest. Dieses Verzeichnis wird dann 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 Button [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 Button [suchen] im Dialog auswählen.
- f) Geben Sie die XML-Datei mit den Modelleinstellungen an. Hier wurde die Datei `ForestSimulatorSettings.xml` gewählt. Diese enthält die Einstellungen für Nordwestdeutschland.

Nachdem Sie die Punkte a bis f durchgeführt haben, klicken Sie den Button [ok]. Das Programm beendet sich daraufhin von selbst und Sie können nun mit dem `ForestSimulator` arbeiten. Dazu müssen Sie erneut die Datei `ForestSimulator.jar` doppelt anklicken.

Hinweis: Sie müssen die Datei `ForestSimulator.ini` löschen, damit sich der Dialog für die Grundeinstellungen erneut öffnet. Dies kann notwendig sein, wenn beispielsweise Java 3D nicht richtig installiert wurde und das Programm nicht starten kann.

Aufruf des `ForestSimulators`

Das Programm starten Sie jeweils indem Sie, z. B. im Explorer, die Datei `ForestSimulator.jar` doppelt 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 in diesem Falle die Datei `ForestSimulator.ini` und wiederholen Sie den Punkt Inbetriebnahme. Wählen Sie diesmal unter dem Einstellungspunkt b) die *2D Grafik*. Sie können die Einstellung später wieder 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 müssen Sie im Explorer die Datei `ForestSimulator.jar` einmal anklicken, die rechte Maustaste drücken und *Verknüpfung erstellen* wählen. Es erscheint nun eine Datei mit den Verknüpfungsangaben. Diese Verknüpfungsdatei müssen Sie nun einfach kopieren und anschließend auf Ihrem Desktop einfügen.

Falls es bei der Simulation stammzahlreicher Bestände zu Schwierigkeiten kommt, weil der reservierte Speicherplatz der Java Virtual Machine nicht ausrei-

chend ist, starten Sie unter Windows einfach die Datei *ForestSimulator.cmd* anstatt *ForestSimulator.jar* 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. Daher prüft das Programm bei jedem Start, sofern eine Netzverbindung besteht, ob eine neue Simulatorversion vorhanden ist und erinnert Sie daran, dass Programm auf den neuesten Stand zu bringen. Vor einem Update wird empfohlen den gesamten Ordner, welcher den Simulator beinhaltet, zu sichern.

Dies können Sie am leichtesten durchführen, indem Sie das Verzeichnis umbenennen oder das Update in ein anderes Verzeichnis kopieren. Wenn die neue Version zufrieden stellend läuft, können Sie Ihre Daten aus dem gesicherten Verzeichnis, nach der Installation des Updates, in das entsprechende Verzeichnis kopieren.

Deinstallieren

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

11.1.3 Bedienung des ForestSimulators

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

Oberfläche

Das Programm ForestSimulator wurde in der Programmiersprache Java geschrieben und mit einer graphischen Oberfläche ausgestattet, welche in Abbildung 4 dargestellt ist. Die Bedienung der Oberfläche entspricht im Wesentlichen dem Standard, den Sie von anderen Programmen gewohnt sind.

Die Oberfläche besteht aus einem Hauptfenster, in welchem einige Unterfenster integriert sind. Alle Fenster lassen sich über die Fensterknöpfe und den 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 dieses Menü können unter dem Punkt *Fenster* weitere Unterfenster, bzw. die geschlossenen Unterfenster, wieder geöffnet werden. Einige Fenster verfügen über eigene Menüleisten, die nur Aktionen für das jeweilige Unterfenster zulassen. Der

Kopf desjenigen Fensters, welches zur Zeit aktiv ist, wird in einem etwas dunklerem Blau dargestellt. Von einem zum anderen Fenster wechseln Sie mit einem Mausklick. Die Untermenüpunkte reagieren nicht sofort, da normalerweise durch den ersten Mausklick das Unterfenster zunächst nur aktiviert wird. Wenn Sie einen Bestand in das Programm geladen haben, wie es in Abbildung 4 zu sehen ist, werden automatisch die Inhalte der verschiedenen Unterfenster dargestellt. Wenn Sie eine Aktion ausführen (z. B. *wachsen lassen* oder *Durchforstung*), so werden in den Unterfenstern die dargestellten Inhalte auf den neuesten Stand gebracht.

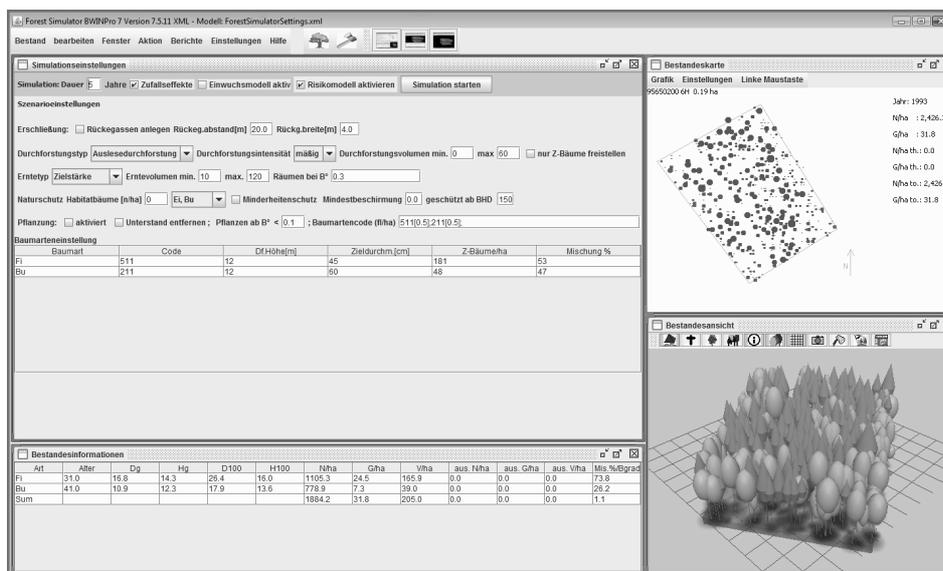


Abbildung 4: Benutzeroberfläche des ForestSimulators (beispielhaft wurde hier der Bestand *fibugen2.xml* eingeladen)

Bestandesanalyse

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

Starten Sie 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 Baumar-

ten 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 der Spaltenüberschriften dieser Tabelle sind in Tabelle 2 beschrieben.

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 Spalte (s. Berechnung der Anteilfläche und des Bestockungsgrads)

Sie können den Inhalt des Fensters kopieren, indem Sie diesen mit dem Cursor markieren. Drücken Sie danach gleichzeitig die Tasten **Strg**+**C**, um den Inhalt in die Zwischenablage zu kopieren. Rufen Sie dann ein anderes Programm auf, wie z. B. Excel oder die Tabellenkalkulation von OpenOffice und fügen Sie den Inhalt der Zwischenablage in ein Datenblatt ein (Tastenkombination **Strg**+**V**).

Wenn Sie das Fenster schließen, können Sie es 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, welche in der *XML-Einstellungsdatei* definiert sind. Sie können die Einstellung mit dem TreeGrOSS Baumartenmanager verändern (siehe Unterkapitel *Programm anpassen*). Sind für den Bestand Z-Bäume ausgewählt, so werden diese mit einem roten Kreis kenntlich gemacht. Bäume mit

einem grünen Kreis sind temporäre Z-Bäume. Habitatbäume werden durch einen gelben Kreis gekennzeichnet (Abbildung 5).

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.

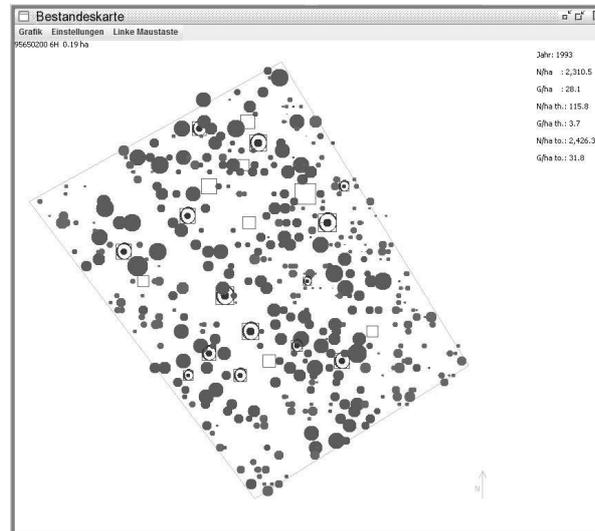


Abbildung 5: Fenster der Bestandeskarte

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-Datei speichern und heran- bzw. wegzoomen. Wenn Sie die Abbildung *speichern*, öffnet sich ein Dialogfenster, in welchem Sie der Bilddatei einen Namen zuweisen müssen. Die Abbildung wird dann mit einer höheren Auflösung im Ausgabeverzeichnis (`output_standsimulation`) gespeichert. Bitte vergessen Sie nicht, für die Datei die Endung `.jpg` einzugeben. Es wird immer genau der auf dem Bildschirm aktuell angezeigte Inhalt gespeichert.

Wenn Sie heranzoomen möchten, 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 *Einstellungen* → *Programmeinstellungen* vorgegeben

(Abbildung 3). Wenn Ihr Computer über keine geeignete Grafikkarte verfügt oder Sie sehr große Bestände simulieren möchten, kann es nötig sein, die 2D- Grafik zu verwenden.

Die 3D-Grafik erlaubt es Ihnen, den Bestand von allen Seiten und sogar von unten zu betrachten. Darüber hinaus können Sie virtuell durch den Bestand gehen. Um die *Ansicht* zu verändern, darf kein Baum markiert sein. 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, in seiner momentanen Darstellung, in die vier Richtungen verschieben. Drücken Sie die Wheel-Taste (Rad) der Maus, können Sie den Bestand heran bzw. wegzoomen. Mit Hilfe der Pfeil-Tasten können Sie durch den Bestand wandern. 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, werden Ihnen einige Daten dieses Baumes angezeigt. **Achtung: das Anzeigefenster ist modal. Das bedeutet, dass das Programm erst dann wieder eine andere Aktion ausführen kann, wenn Sie das Fenster mit den Bauminformationen geschlossen haben.** Klicken Sie einen Baum mit der rechten Maustaste an, können Sie diesen für eine Durchforstung (rot), als Z-Baum (blau), als temporären Z-Baum (grün) oder als Habitatbaum (gelb) auswählen.

In dem Fenster *Bestandesansicht* finden Sie in der 3D-Grafik elf Symbolknöpfe. Mit dem Ersten kann man die Flagge über dem Baum an- und abschalten. Die Flagge sagt etwas über den jeweiligen Status des Baumes aus, z.B. ob es sich um einen Z-Baum handelt. Über den zweiten Symbolknopf mit dem Kreuz lassen sich die toten Bäume anzeigen. Mit dem dritten Button kann den Baumkronen eine Textur gegeben werden. Der Vierte erlaubt einen Wechsel der Baumfarbe von realistischen Grünwerten zu den voreingestellten RGB-Farbtönen. Der sechste Button schaltet einen Entfernungsnebel hinzu. Mit Button sieben (Gitter) kann das Gitternetz an und ausgeschaltet werden. Der achte Button (Kamera) ermöglicht einen Screenshot des Fensters und speichert diesen in eine JPG-Datei. Mit der Axt (neunter Button) lassen sich zur Durchforstung markierte Bäume fallen. Diese bleiben dann im Bestand liegen. Der zehnte Button setzt die Ansicht auf die Ausgangsstellung zurück. Dies ist wichtig, wenn man sich einmal im Bestand „verlaufen“ sollte. Mit dem letzten Button kann die Symbolleiste verändert werden. Zur Orientierung wird in der Grafik ein rot-weißer Pfosten angezeigt, welcher sich in der südwestlichen Ecke des Bestandes befindet. Das Gitter hilft zusätzlich bei der Orientierung; es ist immer nord-süd und ost-west ausgerichtet.

Mit der 2D-Grafik erhalten Sie im Fenster *Bestandesansicht* ebenfalls einen Eindruck des geladenen Bestandes. Die Baumkronen werden in den voreingestellten Farben der XML-Einstellungsdatei dargestellt. Über den Untermenüpunkt *Darstellungsattribute* können Sie festlegen, ob die Lebenden, die in diesem Jahr Durchforsteten und/oder die toten Bäume angezeigt werden sollen. Darüber hinaus können Sie die Farbe des Himmels, des Bodens und des Bestandesbodens festlegen. Über den Untermenüpunkt *Grafik* können Sie die Abbildung erneuern, die Abbildung als JPG-Datei speichern und heran- und wegzoomen. Wenn Sie die Abbildung *speichern*, wird diese mit einer höheren Auflösung im Ausgabeverzeichnis (`output_standsimulation`) unter dem Dateinamen *sv1993.jpg* gespeichert. 1993 steht hierbei für die Jahreszahl. Die Datei wird jedes Mal überschrieben, wenn Sie speichern anklicken und ein Bestand mit der entsprechenden Jahreszahl zuvor 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 Hauptmenüpunkt *Berichte* 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 geben sollte, empfiehlt es sich, den Firefox Browser zu verwenden oder die entsprechenden Ausgabedateien direkt zu öffnen. Wird ein Bericht erneut aufgerufen, z. B. nach einer Durchforstung, so wird der alte Dateiinhalte überschrieben. Wollen Sie die Ergebnisse speichern, so müssen Sie die Berichte vorher gesondert 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* anzeigen. Falls die Datei nicht automatisch angezeigt wird, öffnen Sie die Datei manuell über den Browser. Die Datei finden Sie in dem eingestellten Ausgabeverzeichnis. Standardmäßig lautet dieses `output_standsimulation/treelist.html`.

Die Datei *treelist.html* wird jedes Mal überschrieben, wenn Sie den Menüpunkt erneut aufrufen. Wollen Sie die Ergebnisse speichern, so müssen Sie die Berichte vorher gesondert abspeichern. 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
-----------	-----------

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

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 [m ³]
Aus	-1 = Baum lebt, Jahreszahl des Ausscheidens
x	relative Standpunktcoordinate x [m]
y	relative Standpunktcoordinate y [m]
z	relative Standpunktcoordinate z [m]
c66	distanzunabhängiger Kronenkonkurrenzindex c66
c66c	distanzunabhängiger Freistellungsindex c66c
c66xy	distanzabhängiger Kronenkonkurrenzindex c66
c66cxy	distanzabhängiger Freistellungsindex c66c
si	absolute Bonität im Alter 100 [m]

Bestandeswerte

Über *Berichte* → *Bestandestabelle* gelangen Sie zu den Bestandeswerten.

Bestandesentwicklung :

Bestand :95650200 6H
Bestandesflaeche [ha] :0.19
Jahr :2003

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	16.3	14.2	25.8	15.9	1,000.0	21.0	141.5	105.3	3.5	24.4
1993	211	41	10.9	12.3	17.7	13.6	768.4	7.2	38.2	10.5	0.1	0.8
1998	511	36	18.8	16.6	29.6	18.6	763.2	21.2	166.4	84.2	1.8	13.7
1998	211	46	11.8	14.0	20.1	15.9	889.5	9.8	61.2	31.6	0.5	3.2
2003	511	41	22.0	18.9	33.7	20.8	600.0	22.9	202.3	0.0	0.0	0.0
2003	211	51	12.7	15.7	22.4	17.3	968.4	12.2	86.5	0.0	0.0	0.0

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	20.4	15.1	226.3	7.4	52.3	73.7	2.4	16.4
1993	211	41	20.4	13.9	226.3	7.4	52.3	73.7	2.4	16.4
1998	511	36	22.8	17.6	226.3	9.3	75.1	0.0	0.0	0.0
1998	211	46	22.8	16.4	226.3	9.3	75.1	0.0	0.0	0.0
2003	511	41	25.8	19.8	210.5	11.0	99.1	0.0	0.0	0.0
2003	211	51	25.8	17.5	210.5	11.0	99.1	0.0	0.0	0.0

Abbildung 6: Tabelle der Bestandesentwicklung und der Entwicklung der Z-Bäume

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 Er-

gebnisse ergänzt. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, haben die beiden Tabellen den Charakter einer Ertragstafel.

Bestandesstruktur

In der Bestandesstrukturtafel (*Berichte* → *Strukturtafel*) 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 Pflanzhöhe“ und berücksichtigt somit auch die Dimensionsunterschiede der Systemelemente. Die Bestandesstruktur im waldbaulichen Sinn umfasst die räumliche Gliederung der Bäume, Sträucher und Bodenpflanzen als Strukturmerkmale (DENGLER 1992). Diese 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). Ferner ist der Einfluss der Bestandesstruktur auf das Baumwachstum allgemein anerkannt.

Der ForestSimulator gibt folgende Bestandesstrukturwerte aus:

- Anzahl der Arten
- Shannon-Index (PIELOU 1966)
- Artenprofil-Index nach Pretzsch (PRETZSCH 1995)
- 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 im Unterkapitel *Sortierung* (siehe Kapitel *Bedienung des ForestSimulators*).

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 möchten, 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 Unterkapitel *Programm anpassen*).

Zusätzliche Grafiken

Wenn Sie im Hauptmenü unter *Fenster* → *Grafiken* aktivieren, erscheint ein weiteres Fenster, in welchem Sie 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 Dateiausgabedialog bestimmen.

11.1.4 Bestandesbehandlung und Prognose

In diesem Kapitel lernen Sie die Möglichkeiten kennen, mit denen Sie in Bestände eingreifen und wie Sie Z-Bäume auswählen können. Das Programm stellt dafür zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Dies sind zum einen interaktive Auswahlmöglichkeiten am Bildschirm und zum anderen regelbasierte Behandlungselemente.

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 sowohl im Fenster *Bestandeskarte* als auch in der *3D-Grafik* durchforsten oder Bäume als Z-Bäume markieren. Zu diesem

Zweck brauchen Sie nur die Bäume, welche Sie markieren wollen, mit der Maus anzuklicken. Im Untermenü *Bestandeskarte* → *linke Maustaste* können Sie festlegen, ob die Markierung der Durchforstung oder der Auszeichnung von Z-Bäumen gelten soll. Die durchforsteten Bäume werden mit einem offenen Quadrat, die Z-Bäume mit einer roten Umrandung dargestellt. Wenn Sie die Funktion *Bestandesinformation* aktiviert haben, können Sie nach jedem entnommenen Baum ablesen, wie groß die Menge der entnommenen Stammzahl und die Größe der Grundfläche pro Hektar bereits sind.

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

Automatische Bestandesbehandlung

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

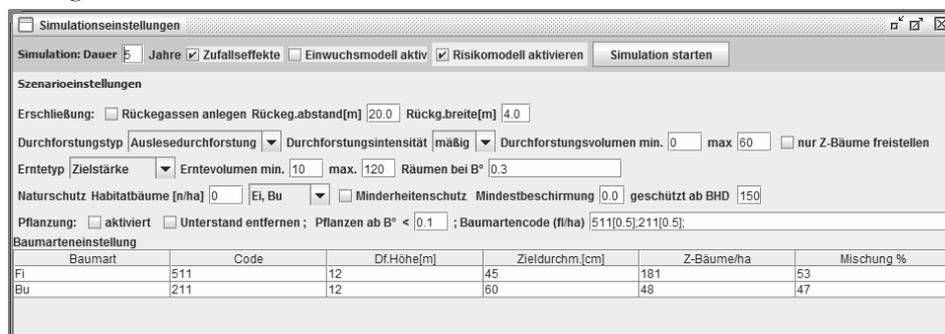


Abbildung 7: Dialog zum Einstellen der Bestandesbehandlung

In der obersten, dunkelgrau unterlegten Zeile legen Sie einige grundlegende Simulationseinstellungen fest und können die Simulation für einen bestimmten Zeitraum starten (Button: [Simulation starten]). Geben Sie für die *Dauer* einen Wert größer als 5 Jahre ein, so werden entsprechend viele 5-jährige Simulationsschritte ausgeführt, die sich aus dem ganzzahligen Betrag der gewünschten Jahre durch 5 ergeben. Für die verbleibenden Restjahre wird daran anschließend eine Prognose ausgeführt (siehe Kapitel: Prognose). Mit den Checkboxes *Zufallseffekte*, *Einwuchsmodell aktiv*, *Risikomodell aktivieren* legen Sie fest, ob diese 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 Rückegassen

werden einmalig angelegt, sobald der Bestand die Höhe für den ersten Durchforstungseingriff überschritten hat.

Die Durchforstungsoptionen werden in der folgenden Zeile eingestellt. Den *Durchforstungstyp* stellen Sie über das Auswahlfeld ein. Bisher werden die drei Typen: Auslesedurchforstung, Hochdurchforstung und Niederdurchforstung angeboten. Mit der *Durchforstungsintensität* stellen Sie ein, wie stark die Eingriffe durchgeführt werden sollen. Der mäßige Eingriff orientiert sich hierbei an den Vorgaben der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Die vorgegebene Zielgrundfläche ergibt sich aus der Funktion für die maximale Bestandesdichte und den Faktoren, welche 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 von Bäumen bestimmt wird, 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 genutzt, sobald dieser die Phase der Holzernte erreicht hat. In dem Textfeld *Verjüngungsgangzahl* wird der Zielbestockungsgrad, bezogen auf die vorgegebene Zielgrundfläche aus maximaler Dichte und dem Durchforstungsfaktor, festgelegt (siehe Durchforstungsoptionen). Eine Verjüngungsgangzahl „0.7; 0.5; 0.3; 0.0;“ hat folgende Wirkung: Senkung des Bestockungsgrades auf 0.7 bei der ersten Holzernte; fünf Jahre später weitere Senkung des Bestockungsgrades auf 0.5; nach weiteren fünf Jahren Senkung des Bestockungsgrades auf 0.3; Räumung des Oberstandes. Die einzelnen Bestockungsgrade müssen durch ein Semikolon getrennt eingegeben werden.

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 welchem die Habitatbäume ausgewählt werden sollen, fest. Habitatbäume werden erst dann ausgewählt, wenn Bäume vorhanden sind, die einen BHD aufweisen, der größer als 80% der für die Art vorgegebenen Zielstärke ist. 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 festle-

gen, ab dessen Unterschreiten keine Holzerntemaßnahmen mehr durchgeführt werden (siehe Holzernte). Darüber hinaus können Sie festlegen, ab welchem Durchmesser Bäume nicht mehr geerntet und stattdessen *geschützt* werden.

Schließlich folgt eine Zeile mit der gewünschte Pflanzungen aktiviert werden. Dazu muss zunächst 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 durch ein Semikolon abgeschlossen sein. Gepflanzt werden Verjüngungsplatzhalter, da Bäume unterhalb eines BHDs von 7 cm nur unzutreffend modelliert werden. Die Verjüngungsplatzhalter bedecken jeweils 5 m² Boden. Ihr Höhenwachstum richtet sich nach Bonitätskurven vorhandener Bäume derselben Art. Ist die Art bisher nicht vertreten, wird für diese die II. Ertragsklasse angenommen. Wird der kritische Kronenschlussgrad für einen Verjüngungsplatzhalter überschritten, gilt er als abgestorben und wird aus der Baumliste entfernt. Ab 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 dem PlugIn *ingrowth* abgelegt.

In der Tabelle *Baumarteneinstellungen* können Sie für jede Art spezifische Einstellungen vornehmen, welche die Bestandesbehandlung betreffen. 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, erfolgt bei keinem der drei Durchforstungstypen ein Eingriff. Im Feld *Zieldurchbm[m]* legen Sie die gewünschte Zielstärke fest, ab derer die Bäume beim Erntetyp Zielstärke genutzt werden. 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 festlegen. Unter *Mischung %* wird geregelt, wie viel Prozent der Kronenschirmfläche die jeweilige Baumart langfristig einnehmen soll. Über diese Angabe lässt sich auf längere Sicht die Baumartenzusammensetzung steuern. Es muss jedoch beachtet werden, dass unterschiedliche Zielstärken zu einem Nichterreichen der langfristig angestrebten Mischungsanteile führen kann.

Die Simulation wird ausgeführt, wenn Sie den Button [Simulation starten] betätigen. Wenn Sie das Axtsymbol oder im Hauptmenü *Aktion* → *Behandlung* drücken, werden die Behandlungseinstellungen übernommen und es wird durch das Programm ein einzelner Eingriff ausgeführt. Im Kapitel Bestandesbehandlung findet sich eine ausführlichere Beschreibung (s.o).

Prognose

Die wichtigste Funktion des Waldwachstumssimulators ist die Prognose der zukünftigen Entwicklung. Der ForestSimulator arbeitet mit 5-Jahresschritten, das

heißt, dass der Bestand jeweils um 5-Jahre in die Zukunft prognostiziert wird, wenn Sie ihn wachsen lassen. Die Prognose lösen Sie über das Hauptmenü *Aktion* → *wachsen lassen* oder den Button [wachsen lassen] aus. Bitte beachten Sie, dass je länger Sie ihren Bestand in die Zukunft prognostizieren, die Ergebnisse mit einem höheren Fehler belastet sein könnten. Generell wird eine Simulation von mehr als 30 bis 40 Jahren nicht empfohlen. Zudem sind extreme Bestandessituationen mit höheren Fehlern belastet als durchschnittliche Bestandessituationen.

Für die 5-jährige Prognose lassen sich zusätzliche Einstellungen vornehmen. So lässt sich ein automatischer *Einwuchs* generieren oder ein *Zufallseffekt* einschalten. Die Vorgabe *Zufallseffekte ja* bedeutet, dass bei der Zuwachsprognose eine Zufallskomponente 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 Alter 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, Hochsetzen des Simulationszeitpunktes um 5 Jahre

Jedes Mal, wenn Sie den Bestand wachsen lassen, wird zuvor eine Kopie des Bestandes als XML-Datei im Datenverzeichnis abgelegt. Die Kopie trägt den Dateinamen plus dem 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. Dazu müssen Sie den alten Bestandeszustand neu über *Bestand* → *öffnen* → *TreeGrOSS.xml-File* einladen.

In der Leistungstabelle *Hauptmenü* → *Berichte* → *Bestandestabelle* wird die Entwicklung des Bestandes im Laufe der Simulation festgehalten. Die Ergebnisse werden in der HTML-Datei *standtable.html* im eingestellten Ausgabeverzeichnis (hier: *output_standsimulation*) gespeichert. Falls diese Datei nicht automatisch geöffnet wird, müssen Sie die Datei direkt über den 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 ausgedehnten Bäume sortimentiert

werden (NAGEL 2008). Die Sortierung baut auf den Schaftformfunktionen aus der Arbeit von SCHMIDT (2001) auf. Mit Hilfe dieser Funktionen lässt sich für die Hauptbaumarten der Stammdurchmesser in einer beliebigen Baumhöhe schätzen. Die Funktionen für Laubholz sollten allerdings nur bis zur Kronenansatzhöhe verwendet werden, da Angaben, die darüber hinausgehen, zu ungenau sind. Die Schaftformfunktionen von SCHMIDT sind abhängig vom h/d-Wert, d. h. die Stammform kann für unterschiedliche h/d-Werte anders ausfallen. 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 die Stücke des Stammes verstanden, die auf Grund von Fäule oder aus sonstigen Gründen im Wald verbleiben. Die Definition eines Sortiments wird durch die Angabe folgender Größen festgelegt:

- Sortimentsname
- Betroffene Baumart, Codenummern von/bis
- Minimum und Maximum des Mittendurchmessers [cm]
- Minimum und Maximum des Zopfdurchmessers [cm]
- Minimum und Maximum der Länge [m]
- Sortiment wird entnommen oder verbleibt als Totholz im Wald
- Zugabe
- Aushaltung bis Kronenansatz oder darüber hinaus
- 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 angefangen, herauszuschneiden. Lässt sich das gewünschte Sortiment nicht mehr aus dem Stamm schneiden, wird das nächst höherwertige Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

Sortiment geprüft. Nachdem ein ausgehaltenes Stück vom Stamm abgeschnitten wurde, beginnt der Prozess von neuem.

Sortierung durchführen

Über den Menüpunkt *Berichte* → *Sortierung* oder den Button für die Sortierung können Sie den Sortierungsdialog aufrufen (Abbildung 8).



Abbildung 8: Sortierungsdialog

Im oberen Teil des Sortierungsdialoges können Sie unter *Erstellen und auswählen der Sortimente für folgende Jahre* das Jahr eingeben, für welches der Bericht erstellt werden soll. Wählen Sie die Standardeinstellung *all*, werden in dem 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=999,9 cm, minZopf=7,0 cm, maxZopf=999,9 cm, minLänge=0,01 m, maxLänge=0,3 m, einmal pro Baum) zu definieren, dem Sie eine hohe Wertigkeit zuteilen, damit dieses als erstes aus dem Baum geschnitten wird und Sie müssen die Fällschnitthöhe auf 0,0 m setzen.

Mit diesem Dialog können Sie zudem die von Ihnen eingegebenen Sortimente bearbeiten, löschen und neue Sortimente erstellen. Die vorhandenen Sortimente werden in der linken Box unter *Sortimente* aufgelistet. Wenn Sie eines dieser Sortimente anklicken, werden Ihnen die zugehörigen Einstellwerte angezeigt. Sie kön-

nen die Werte in den Textfeldern ändern und anschließend über den Button [speichern] abspeichern oder als neues Sortiment (Button [neu]) hinzufügen. Ein ausgewähltes Sortiment kann mit dem Button [löschen] aus der Liste entfernt werden.

Hinweis: nach der Veränderung eines Sortiments sollten Sie den Dialog schließen.

Wenn Sie den geladenen Bestand sortieren möchten, können Sie in der Liste mehrere Sortimente auswählen, indem Sie die **[Strg]**-Taste gedrückt halten und weitere Sortimente durch anklicken auswählen. Wenn Sie alle Sortimente ausgewählt haben, die für den Bestand ausgehalten werden sollen, so klicken Sie den Button [Sortierung starten]. Bitte haben Sie etwas Geduld, da ein stammzahlreicher Bestand, für den viele Sortimente geprüft werden müssen, einige Rechenzeit beansprucht. Die vorgenommene Sortierung wird in der Datei *sortierung.xml* gespeichert. Diese Datei wird in Ihrem Ausgabeverzeichnis (siehe Inbetriebnahme) 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 Nährstoffgehalte 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 sich öffnenden Dialog den Namen und die Flächengröße in Hektar ein und legen Sie fest, ob Ihr Simulationsbestand auf einer quadratischen oder einer kreisförmigen Probestfläche erzeugt werden soll. Wenn Sie den Button [erzeugen] drü-

cken, so werden alle Simulationsdaten die zur Zeit aktiv sind, zurückgesetzt und es wird eine neue Bestandesfläche erzeugt.

Die Größe der Bestandesfläche sollten Sie entsprechend Ihrer Fragestellung wählen. Wenn Sie beispielsweise einen jungen Bestand untersuchen möchten, sollten Sie die Fläche nicht zu groß wählen (0,2 ha bis 0,5 ha), da sonst sehr viele Bäume erzeugt werden, was wiederum zu langen Rechenzeiten führen kann. Zielt Ihre Fragestellung auf die Untersuchung eines Altbestandes ab, so sollte die Fläche größer gewählt werden (0,5 ha bis 1 ha), damit ausreichend Bäume für die Simulation vorhanden sind. Falls Sie die 3D-Darstellung nicht unbedingt nutzen möchten, können Sie die Berechnung des Wachstums und der Mortalität beschleunigen, indem Sie von der 3D in die 2D-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 unterschiedlichen Wegen erzeugen. Über *Verteilung erzeugen* werden die Bäume anhand eine Durchmesserverteilung generiert, die sich nach Angabe einiger ertragskundlicher Größen richtet (Abbildung 9a). Hier müssen Sie den Baumartencode, das Alter, den Durchmesser und die Höhe des Kreisflächenmittelstammes, den maximalen Durchmesser und die gewünschte Grundfläche eingeben. Die Angabe der Bonität (Höhe im Alter 100) ist optional. Wenn Sie diese nicht angeben möchten, müssen Sie in dieses Feld -9 eingeben. Wenn Sie alle Ihre Angaben fertig gestellt haben, drücken Sie [Bäume erzeugen]. Sollte die Option *Zufallskoordinaten* gewählt worden sein, werden den Bäumen zufällige Koordinaten zugeteilt, wobei das Programm versucht, die Kronenüberlappungen möglichst gering zu halten. Durch die Option *Mischung* ist es Ihnen möglich, eine Gruppierung der Bäume vorzugeben. Werden die Bäume einzelstammweise gesetzt, ergibt sich eine gleichmäßige Verteilung. Die Einstellungen Trupp, Gruppe und Horst führen indes zu einer, in dieser Reihenfolge stärker werdenden, Gruppierung der Bäume. Wenn Sie den Button [Bäume erzeugen] betätigen, wird eine entsprechende Anzahl (Stammzahl) an Bäumen in den Bestand generiert. Durch die Aktivierung des Punktes *Erschließungslinien*, werden diese im angegebenen Abstand eingefügt und auf ihrer Breite keine Bäume gesetzt. Durch die Festlegung von Rasterkoordinaten ist es außerdem möglich, die Bäume in einem gewünschten Verband anzuordnen. Sollte die Anzahl der durch den Verband vorgegebenen Pflanzplätze kleiner sein als die Anzahl der zu generierenden Bäume, so werden die überschüssigen Bäume mit zufälligen Koordinaten versehen.

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

Abbildung 9: Dialoge des Bestandesdesigners: a) Durchmesserverteilung erzeugen; b) einzelne Bäume erzeugen; c) Verjüngungsschicht erzeugen

Über die dritte Variante Verjüngungsschicht erzeugen können Sie Verjüngungsschichten in den Bestand hineingenerieren (Abbildung 9c). Dazu müssen das Alter, die Höhe, der Deckungsgrad und die Bonität der Verjüngungsschicht eingegeben werden. Wenn Sie den Button [Bäume erzeugen] drücken, werden jeweils für eine Fläche von 5 m² Platzhalter erzeugt. Diese Platzhalterbäume wachsen nach den Regeln der Verjüngung und werden in den Bestandeswerten nicht berücksichtigt. Erst wenn diese „Bäumchen“ einen Durchmesser von 7 cm erreichen, werden sie in den Bestand aufgenommen und weitergeführt. Die Platzhalter repräsentieren eine Verjüngungsfläche von 5 m², was in etwa dem Standraumbedarf der einwachsenden Bäume (7 cm) entspricht.

Sollten Sie einen mehrschichtigen oder einen Mischbestand erzeugen wollen, so müssen Sie diese Prozedur mehrmals hintereinander durchführen. Hierbei empfiehlt es sich, mit den größeren Bäumen zu beginnen.

Der Dialog kann auch dazu genutzt werden, um zu einem bestimmten Zeitpunkt in einen bereits bestehenden Bestand, Bäume hineinzupflanzen.

Bestandesdaten editieren

Um Bestandesdaten direkt im ForestSimulator zu editieren, rufen Sie den Menüpunkt *Bearbeiten* → *Stand data* auf. Dieser öffnet einen Dialog zur Bearbeitung des aktuell eingelesenen Bestandes. Über den Button [Bestand lesen] können Sie aber

auch alle anderen Bestandesdateien bearbeiten und nach dem Editieren auf Wunsch unter einem anderen Namen abspeichern. Damit die von Ihnen vorgenommenen Änderungen wirksam werden, ist es notwendig, dass Sie diese mit dem Betätigen des Buttons [Änderungen übernehmen] bestätigen, bevor Sie den Editor verlassen.

Sie können die Daten aus den Tabellen des Editorfensters durch Kopieren in die Zwischenablage übernehmen und aus dieser wiederum woanders einfügen. Markieren Sie dazu die entsprechenden Bereiche mit der Maus und drücken Sie **Strg**+**c** für das Kopieren und **Strg**+**v** um sie woanders wieder einzufügen.

Mit einem kleinen Trick lassen sich sogar Bestände über das Editorfenster 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 Buttons [Eckpunkte hinzufügen] und [Leere Zeilen hinzufügen] können Sie die Tabellen vergrößern. Leere Zeilen werden beim Abspeichern ignoriert.

Code	Nr	Alter	BHD	Höhe	Bon	KA	KB	lebend	Entna.	x	y	z	ZBaum	Habit.	Fac	Bemerk
511	423	31	12.50	12.01	31.04	6.96	2.28	-1	0	32.70	59.00	0.00	false	false	1.0000	
511	424	31	26.00	17.69	37.43	7.6100	3.7300	-1	0	34.28	58.00	0.0000	false	false	1.0000	
211	422	41	7.5000	9.5700	24.21	4.2200	2.2700	-1	0	32.97	58.00	0.0000	false	false	1.0000	
511	391	31	10.10	11.65	30.63	7.2700	2.0200	-1	0	28.54	56.00	0.0000	false	false	1.0000	
511	421	31	15.30	15.04	34.45	8.3200	2.5800	-1	0	32.00	56.00	0.0000	false	false	1.0000	
211	417	41	8.0000	11.94	27.18	5.6100	2.4200	-1	0	35.72	55.00	0.0000	false	false	1.0000	
511	389	31	22.40	15.01	34.41	6.8900	3.3400	-1	0	23.86	55.00	0.0000	false	false	1.0000	
211	390	41	5.1000	7.0900	21.11	2.9700	1.4600	-1	0	27.53	55.00	0.0000	false	false	1.0000	
211	414	41	7.4000	12.12	27.40	5.8100	2.2300	-1	0	35.30	54.00	0.0000	false	false	1.0000	
211	416	41	6.1000	10.35	25.19	4.8800	1.8100	-1	0	37.30	54.00	0.0000	false	false	1.0000	
511	420	31	18.60	13.36	32.56	6.6400	2.9300	-1	0	30.21	54.00	0.0000	false	false	1.0000	
511	415	31	4.9000	7.1900	25.61	5.3500	1.4600	-1	0	36.26	54.00	0.0000	false	false	1.0000	

Abbildung 10: Bestandeseditor

Falls Sie Ihre Fläche mit Polarkoordinaten (Azimut und Entfernung zum Mittelpunkt) aufgenommen haben, können Sie diese Daten in xy- Koordinaten umrechnen. Diese Umrechnung von xy- zu Polarkoordinaten (und umgekehrt) ist über die Buttons [xy2polar] bzw. [polar2xy] möglich. 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 werden. Dafür ermittelt das Pro-

gramm den kleinsten x- und y-Wert. Die Koordinate des Mittelpunktes auf welchen sich die Polarkoordinaten beziehen, wird unter 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 aus Abbildung 10, in dem allerdings nur die Eckpunkte für einen Kreis enthalten sind. Schalten Sie nun auf Polarkoordinaten mit dem Button [xy2polar] um. In der Tabelle der Eckpunkte sehen Sie nun unter dem Namen *Circle* den Probekreismittelpunkt und die *Eckpunkte* mit den Polarkoordinaten. Um jetzt Bäume in die Tabelle einzufügen, müssen Sie den Button [leere Zeilen hinzufügen] betätigen.

Achtung: Wenn Sie mit Ihren Eingaben fertig sind, wandeln Sie unbedingt die Koordinaten wieder in xy-Werte um (Button [polar2xy]).

Drücken Sie anschließend den Button [Veränderungen übernehmen] und schließen Sie danach den Dialog.

Hinweis: Nach der Veränderung der Daten, wird manchmal die 3D-Grafik nicht mehr angezeigt. In einem solchen Falle müssen Sie nur das Grafikfenster leicht verschieben, damit die Grafik erneut gezeichnet wird.

Einzelbestände extern bearbeiten

Für den Datenimport und -export müssen die Bestandesdaten im TreeGrOSS Datenaustauschformat 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 so genannten „Tag“. Diese Tags werden wie bei HTML durch die Größer- und Kleinerzeichen (<tag>) gekennzeichnet. Die Namen dieser 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.

Tabelle 4: Erläuterungen der *treegross.xml* Dateien

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	<i>zimal</i> 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 im Unterkapitel Neue Bestände erzeugen erklärt.

Spezielle Funktionen

In diesem Kapitel erhalten Sie einige Informationen darüber, wie Sie Simulationsergebnissen in andere Programme übernehmen und wie Sie den Simulator für Ihre Bedürfnisse anpassen können

Überführung von Ergebnissen in andere Programme

Der ForestSimulator bietet viele Möglichkeiten, die Ergebnisse in anderen Programmen zu übernehmen.

Verarbeiten der Grafiken, 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 dann als HTML abgespeichert werden. Sie können die XML-Dateien einfach im Windows Explorer durch einen Doppelklick öffnen. Falls dies nicht automatisch erfolgt, öffnen Sie die Dateien direkt 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 auch direkt in diese Programme einle-

sen und dann entsprechend Ihren Bedürfnissen weiterverarbeiten können. Die Ansicht der XML-Dateien können Sie 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. die der Bestandeskarte und der Bestandesdarstellung, werden als JPG-Dateien gespeichert. Sie können diese Bilddateien mit den meisten Browsern ansehen. Genauso gut können Sie diese aber auch mit dem Programm Paint (*Programme* → *Zubehör*) oder einem anderen Bildverarbeitungsprogramm weiterverarbeiten. Für eine einfache Bildbetrachtung und -bearbeitung empfiehlt sich beispielsweise ein Programm wie das kostenlose IrfanView⁹. Darüber hinaus ist es natürlich möglich, Screenshots zu erstellen (Taste **Druck**, das Programm *Paint* öffnen und die Zwischenablage einfügen), zu bearbeiten und dann in Ihren Text einzufügen.

Programm anpassen

Über das Hauptmenü des ForestSimulators können Sie die beiden wichtigsten 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 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 wird in Abbildung 11 beispielhaft für die Eiche in der Modellregion Nordwestdeutschland dargestellt.

⁹ <http://www.irfanview.com/>

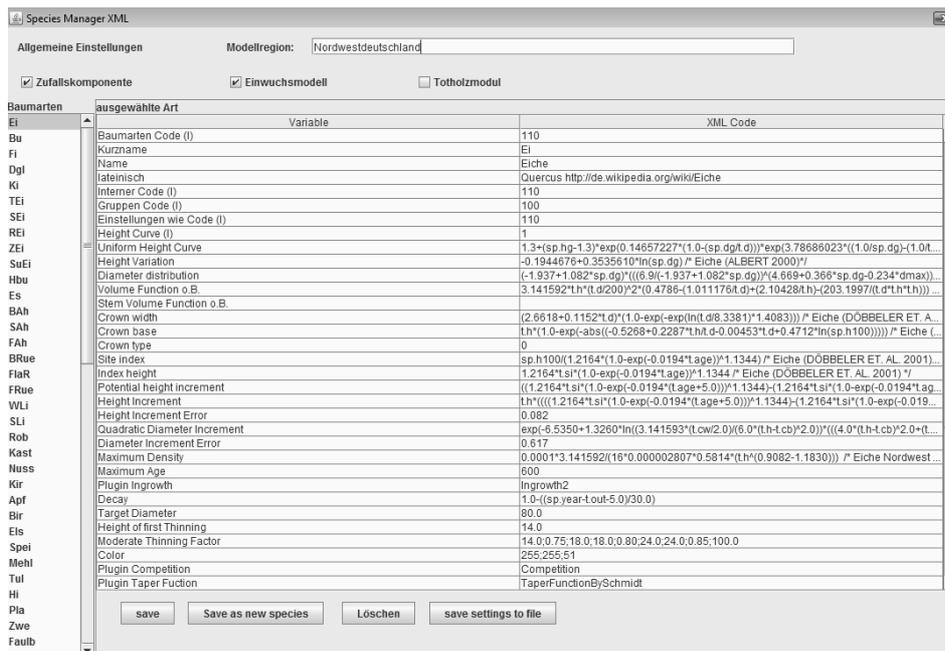


Abbildung 11: Dialog des Baumarten-Managers

In diesem Dialog finden Sie links die verwendeten Baumarten mit ihrer Kurzbezeichnung. Standardmäßig werden 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 eigenen Einstellungswerte eintragen. Nachdem Sie Ihre Einstellungen für die Baumart vorgenommen haben, müssen Sie auf den Button [save] drücken und zum Schluss den Button [save settings to file], damit die neuen Einstellungen in die XML-Datei mit den Baumarteneinstellungen übernommen werden. Hier können Sie auch neue Baumarten- bzw. Codenummern anlegen und Bestehende löschen.

In Tabelle 5 werden beispielhaft die Einstellungen für die Baumart Buche (*Fagus sylvatica*) aufgeführt.

Tabelle 5: XML-Datei mit den Baumeinstellungen für *Fagus sylvatica*

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 silvatica 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	$exp(-7.393+1.375*\ln(3.14159265359*(t.cw/2.0)))/(6.0*(t.h-t.cb)^2*((4.0*(t.h-t.cb)^2+(t.cw/2)^2)^1.5-(t.cw/2)^3))-0.791*\ln(t.age)-0.793*t.c66xy+0.809*t.c66cxy-0.0*\ln(5.0))$

Diameter Increment Error	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 Funktion
 TreeGrOSS Package: B = treegross.base, T = treegross.treatment, S = treegross.standsimulation;
 Grosser Buchstabe = Pflichtfeld, kleiner Buchstabe = soweit vorhanden

Die in *Tabelle 5* mit „AF“ bzw. „af“ gekennzeichneten Felder enthalten Funktionen. Diese werden im Programm mit einem Funktionsinterpreter ausgewertet. Damit dies korrekt erfolgt, müssen einige Vereinbarungen eingehalten werden, dass heißt, die Variablen und die Rechenzeichen müssen dem Interpreter in einer eindeutigen Schreibweise übergeben werden. In *Tabelle 6* sind die wichtigsten Funktionen und Variablen aufgelistet.

Tabelle 6: 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()	Absolut
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 Feld *Einstellungen wie Code* wird der Code der Baumart eingetragen, deren Einstellung auch für diese Art gelten soll. Für alle weiteren Felder gilt damit, dass der Eintrag der Baumart die unter *Einstellungen wie Code* angegeben ist, verwendet wird, wenn das Feld leer bleibt. Falls doch ein Eintrag vorhanden ist, wird dieser nicht überschrieben.

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

BWINPro 6.2 Textdatei nach XML konvertieren

Unter der *Hilfe* finden Sie den Menüpunkt *BWIN62 → XML*. Dieser Menüpunkt bietet Ihnen 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 Simulationsprogramm laden können. Eine Beispieldatei im Format von BWINPro 6.2 mit dem Namen *Bwin62.txt* finden Sie im Datenverzeichnis (*data_standsimulation*).

Wichtig ist, dass alle in der alten BWINPro 6.2 Textdatei vorkommenden Arten auch in der Datei *ForestSimulatorSettings.xml* definiert sind. Sollte dies nicht der Fall sein, müssen Sie die fehlenden Baumarten nachdefinieren (siehe Programm anpassen).

11.2 WaldPlaner

11.2.1 Leistungsumfang

Der WaldPlaner ist auf die Verarbeitung einer großen Anzahl von Beständen ausgelegt. Eine große Bestandesanzahl liegt z. B. dann vor, wenn auf Basis der Forsteinrichtung oder einer systematischen Stichprobe ein gesamtes Forstamt abgebildet wird. Dabei ist es unumgänglich, dass der Datenimport und die Simulation weitestgehend automatisiert werden. Hierzu bietet der WaldPlaner ein flexibles Datenmanagementsystem. Es können verschiedenen Datenbanken angebunden werden. Unterstützt werden die Datenbanken MS Access, MySQL, PostgreSQL und Oracle.

Ein essentieller Arbeitsschritt bei der Verwendung des WaldPlaners ist das Generieren von Modellbeständen. Da das einzelbaumorientierte Modell TreeGrOSS verwendet wird, müssen in einem ersten Schritt einzelbaumbasierte Modellbestände aus den vorliegenden Eingangsdaten generiert werden. Es liegen verschiedene Ergänzungsroutinen vor, so dass neben verschiedenen Einzelbaumstichproben auch bestandsbeschreibende Daten verwendet werden können (z. B. Forsteinrichtung). Das Interface zu den Rohdaten, aus welchen die Modellbestände des Ausgangszustands (Status-Quo) generiert werden, ist als PlugIn-Lösung realisiert. PlugIns sind Softwarebausteine, welche nachträglich zum Hauptprogramm hinzugefügt werden können und so dessen Funktionsumfang erweitern. Dabei muss lediglich das Plugin (die entsprechende Datei) in das PlugIn-Verzeichnis kopiert werden. Dies ermöglicht es, nachträglich die Unterstützung neuer Datenformate in das System einzupflegen. Standardmäßig sind dem WaldPlaner zwei PlugIns zum Einlesen von Forsteinrichtungsdaten und Daten konzentrischer Probereis-Inventuren beigelegt. Die erforderliche Struktur entsprechender Rohdaten wird im Kapitel Bedienung detailliert erläutert.

Nach dem Generieren der virtuellen Bestände bieten sich dem Anwender grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Zum einen kann der Status-Quo (der durch die Rohdaten beschriebene Zustand) ausgewertet werden. Durch das Generieren der Modellbestände stehen, je nach Inventurdesign, deutlich mehr Auswertungsindikatoren zur Verfügung als durch den Rohdatensatz beschrieben werden. Z.B. werden für die einzelnen Bäume des Modellbestandes Derbholzvolumina geschätzt, so dass der aktuelle Vorrat abgerufen werden kann. Darüber hinaus können weitere Indikatoren zu den verschiedenen Waldfunktionen bestandesweise oder für den Gesamtbetrieb ausgegeben werden (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Für die Entscheidungsunterstützung verfügbare Indikatoren.

Indikator	Beschreibung	Ebene
Vorrat [VFm/ha]	Gesamter oberirdischer Derbholzvorrat, absolut oder je	Bestand,

Grundfläche [m ² /ha]	Hektar, über alle Baumarten oder nach Baumart getrennt Grundfläche über alle Arten oder getrennt nach Baumart	Betrieb Bestand, Betrieb
Höhenbonität [m] dg [cm]	Höhe im Alter 100 der jew. Baumart und/oder Schicht BHD des Grundflächenmittelstamms je Baumart und/oder Schicht	Bestand Bestand
hg [m]	Höhe des Grundflächenmittelstamms je Baumart und/oder Schicht	Bestand
Stammzahl [St/ha] Zuwachs [Vfm ha ⁻¹ a ⁻¹]	Stammzahl gesamt, je Art und / oder Schicht Jährliche Derbholzwachstum der letzten Wachstumsperiode je Hektar, der Zuwachs wird aus dem Volumenzuwachs des verbleibenden Bestands und den Abgängen (Nutzung, Mortalität) sowie dem Einwuchs berechnet, gesamt oder je Art	Bestand Bestand, Betrieb
Natürliche Mortalität [Vfm ha ⁻¹ a ⁻¹] Bestandestyp (BT)	Mittlerer Derbholzvorrat der in der letzten Wuchperiode abgestorbenen Bäume, gesamt oder je Art Der Bestandestyp wird aus der jew. Baumartenzusammensetzung abgeleitet (NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN 1987)	Bestand, Betrieb Bestand
Durchmesserverteilung [Vfm]	Vorrat über Durchmesserstufen (5 cm) gesamt oder je Art	Bestand, Betrieb
Altersklassenverteilung [Vfm]	Vorrat oder Fläche nach Altersklassen, gesamt oder je Art	Bestand, Betrieb
Baumartenanteile [%]	Prozentuale Baumartenanteile (Vorrat)	Bestand, Betrieb
Vornutzungsmasse [Efm ha ⁻¹ a ⁻¹]	Vornutzungsmassen je Eingriff und Hektar, gesamt oder je Art	Bestand, Betrieb
Endnutzungsmasse [Efm ha ⁻¹ a ⁻¹]	Endnutzungsmassen je Eingriff und Hektar, gesamt oder je Art	Bestand, Betrieb
Sortenstruktur	In Abhängigkeit vom Nutzer vorgegebener Aushaltungsszenarien kann der ausscheidende Bestand sortiert werden	Bestand, Betrieb
Pflegedringlichkeit	vgl. Kap. Pflegedringlichkeit	Bestand, Betrieb
Endnutzungs- Dringlichkeit	Vgl. Kap. Nutzungsdringlichkeit	Bestand, Betrieb
Erlöse [€/m ³]	Erlös aus Vor- oder Endnutzung abzüglich der Erntekosten (vgl. Duda 2006)	Bestand, Betrieb
Abtriebswert (ekf) [€]	Erntekostenfreier Abtriebswert (vgl. Duda 2006)	Bestand, Betrieb
Ökonomischer Erfolg	vgl. Kap. Ökonomischer Erfolg	Bestand, Betrieb
Konstante Nutzung	vgl. Kap. Konstante Nutzung	Bestand, Betrieb
Habitatbäume [n/ha] [Vfm/ha]	Anzahl bzw. Vorrat der als Habitatbaum markieren und geschützten Bäume	Bestand, Betrieb
Totholzvorrat stehend [m ³ /ha]	Volumen des stehenden Totholzes, gesamt oder je Art	Bestand, Betrieb
Totholzvorrat liegend [m ³ /ha]	Volumen des Liegenden Totholzes, gesamt oder je Art, mit oder ohne Stubben	Bestand, Betrieb
A-Index	Beruht auf den Shannon-Index und beschreibt ein	Bestand

Bestandestypen (BT)- Durchmischung	vertikales Art-Höhen-Profil. für einschichtige Reinbestände liefert der Index niedrige Werte, für artreiche mehrschichtige Mischbestände resultieren die höchsten Werte (Pretzsch 1996). vgl. Kap. BT-Durchmischung	Betrieb
Baumartendiversität	Auf Basis des Shannon-Index (SHANNON 1948) berechnete Baumartendiversität	Betrieb

Zum anderen können, aufbauend auf den Modellbeständen zum Status-Quo, Simulationsrechnungen durchgeführt werden. Dies ermöglicht es z. B. verschiedene waldbauliche Szenarien abzubilden und diese, bzw. deren Auswirkungen auf die einzelnen Bestände oder den gesamten Betrieb abzuschätzen. Die waldbaulichen Szenarien können über mehrere sog. Maßnahmenelemente definiert werden. Sie setzen sich aus verschiedenen Verjüngungs-, Nutzungs- und Naturschutzmaßnahmen zusammen.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit eines Variantenstudiums auf Basis der o. g. Indikatoren. Darüber hinaus können zwei verschiedene Fragestellungen optimiert werden:

- Auswahl von Naturschutzflächen
- Optimierung der Nutzung und Pflege (für einen klassischen 10jährigen Einrichtungsturnus)

Optimale Auswahl von Naturschutzflächen

Diese Optimierungsvariante soll entscheidungsunterstützend bei der Auswahl von Naturschutzflächen zum Einsatz kommen. Ziel ist es, die betriebsspezifischen, mehrkriteriellen Zielvorstellungen durch eine konkrete Auswahl eines oder mehrerer Bestände bestmöglich zu erreichen. Die Zielvorstellungen beinhalten in diesem Kontext oft gegensätzliche Ziele. Beispielsweise sollen solche Flächen aus der Nutzung genommen werden, die von möglichst geringem wirtschaftlichen Interesse sind aber möglichst mit altem Laubholz bestockt sind, um ausreichende Habitatvoraussetzungen zu schaffen.

Optimierung der Nutzung und Pflege

Bezüglich dieser Problemstellung soll das System den Anwender dabei unterstützen, für eine Dekade (in Anlehnung an die klassische Forsteinrichtung) die Nutzung und Pflege für jeden einzelnen Bestand festzulegen. Es sollen für jeden Bestand des Betriebes oder beispielsweise eines Reviers die optimale Eingriffsstärke und der optimale Zeitpunkt der Maßnahme ermittelt werden. Hierzu wird vom Nutzer durch Gewichtung der Indikatoren *Ökonomischer Erfolg*, *Konstante Holznutzung*, *Pflegezustand* und *Aggregation der genutzten Bestände* die Zielausrichtung der Optimierung definiert.

Als Ergebnis der Optimierung wird eine Nutzungsmatrix generiert, welche z. B. bei der klassischen Forstplanung mit einbezogen werden kann.

Die Ergebnisse der Bestandesgenerierung, Simulation und Optimierung können in tabellarischer, grafischer oder kartographischer Form dargestellt werden. Vor allem die kartographische Darstellung ist dabei hervorzuheben. In die Software wurden verschiedene GIS-Funktionen integriert, die neben der reinen Darstellung von verschiedenen raumbezogenen Daten (Rasterdaten, Vektordaten) auch verschiedene raumbezogene Auswertungen (Nachbarschaftsrelationen, raumbezogene Indikatoren) ermöglichen. Die Integration der GIS-Funktionen erleichtern die räumliche Auswertung und Darstellung deutlich, da die Auswertungsfunktionen weitestgehend automatisiert sind und keine zusätzliche GIS-Software verwendet werden muss.

11.2.2 Installation

Die Installation des WaldPlaners ist denkbar einfach. Vorausgesetzt Java ist auf dem Zielrechner installiert, müssen lediglich die benötigten Dateien und Verzeichnisse in einen beliebigen Ordner kopiert werden. Um die 3D-Visualisierungen nutzen zu können, muss zusätzlich die sog. java3d-API installiert werden. Die Installation der java3d-API wird bereits in Kap. 11.1.2 (Installation des ForestSimulators) beschrieben. Da das System mit relativen Pfadangaben arbeitet und aufgrund der Java-Architektur systemunabhängig ist, entfällt die Notwendigkeit eines Installationsassistenten. Die aktuelle Version des WaldPlaners ist auf Nachfrage oder online¹⁰ erhältlich.

Das Starten des Programms kann unterschiedlich erfolgen. Je nach der Java-Konfiguration, ist es möglich den WaldPlaner durch einen Doppelklick auf die Datei *swap.jar* aufzurufen (Windows und Linux). Eine weitere Möglichkeit (auf Windows-Systemen) besteht darin, sich eine Verknüpfung zu dieser Datei anzulegen. Geben Sie in den Verknüpfungseigenschaften in das Textfeld *Ziel* hierzu folgende Zeile ein:

```
javaw.exe -Xmx 512m -jar swap.jar
```

Bei *Ausführen in* geben Sie bitte den Pfad des Ordners an, welcher die Datei *swap.jar* beinhaltet. Also z. B.:

```
C:\Programme\WaldPlaner\
```

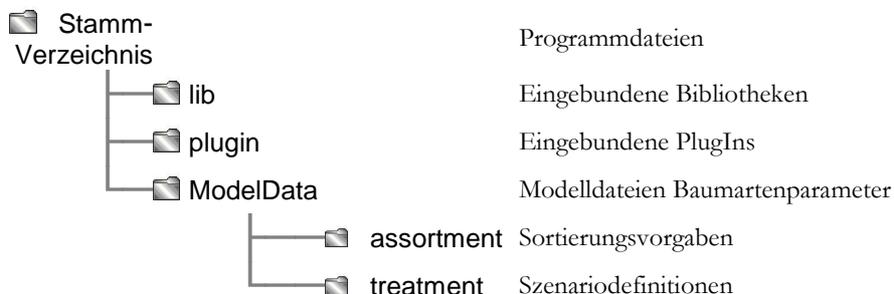
Danach kann das Programm durch einen Doppelklick auf das Symbol der Verknüpfung gestartet werden. Das Argument *-Xmx 512* weist der Virtual Machine (der Java-Laufzeitumgebung) einen maximal verfügbaren Arbeitsspeicher von 512 Megabyte zu. Eine alternative Startmöglichkeit unter Unix bzw. Linux besteht darin, eine Shell zu öffnen, in den Ordner zu wechseln, welcher die Datei *swap.jar*

¹⁰ <http://www.nw-fva.de> (Stichwort Software) oder direkt <http://www.nw-fva.de/index.php?id=3>

beinhaltet (cd /home/user/waldplaner) und das Programm durch folgenden Aufruf zu starten:

```
java -jar swap.jar
```

Die mitgelieferten Dateien und Verzeichnisse sind wie folgt strukturiert:



Das *Stammverzeichnis* ist der Ordner, in dem der Anwender die WaldPlaner-Dateien hineinkopiert. Dieser beinhaltet nach dem Kopiervorgang die drei Ordner *ModelData*, *lib* und *plugins* sowie mehrere jar-Dateien. Unter den jar-Dateien, den benötigten JAVA-Programmdateien, befindet sich auch die ausführbare Dateien *swap.jar*. Dies ist die Programmdatei, über welche der WaldPlaner gestartet wird (s. o.). In dem Ordner *lib* befinden sich mehrere Programmbibliotheken, welche ebenfalls für einen korrekten Programmablauf benötigt werden. Der Ordner *plugins* beinhaltet alle mitgelieferten Datenschnittstellen, welche als Plugin-Lösung realisiert wurden. Zusätzliche Plugins müssen lediglich in diesen Ordner kopiert werden und stehen dann im WaldPlaner zur Verfügung. Im Ordner *ModelData* sind alle erforderlichen Modelldateien, Baumarteneinstellungen und Metadaten organisiert. In der Datei *ForestSimulatorSettings.xml* sind alle benötigten Parameter zu den unterstützten Baumarten hinterlegt. In den Unterverzeichnissen *assortment* und *treatment* sind ebenfalls Steuerdateien im XML-Format zur modellhaften Aushaltung und zur Definition waldbaulicher Szenarien abgelegt.

11.2.3 Systeminformationen und Versions-Prüfung

Der WaldPlaner überprüft automatisch bei bestehender Internetverbindung, ob die installierte Version aktuell ist. Öffnen Sie den WaldPlaner, wird ein Startbildschirm angezeigt (Abbildung 12). In der zweiten Zeile (schwarzer Pfeil) des Textfensters mit diversen Systeminformationen wird signalisiert, ob die installierte Version aktuell ist. Im dargestellten Beispiel ist die Installation nicht aktuell. Der WaldPlaner erkennt, welche Systemkomponente aktualisiert werden muss. In diesem Fall ist es die (WP)Engine (vgl. Kap. WPEngine).

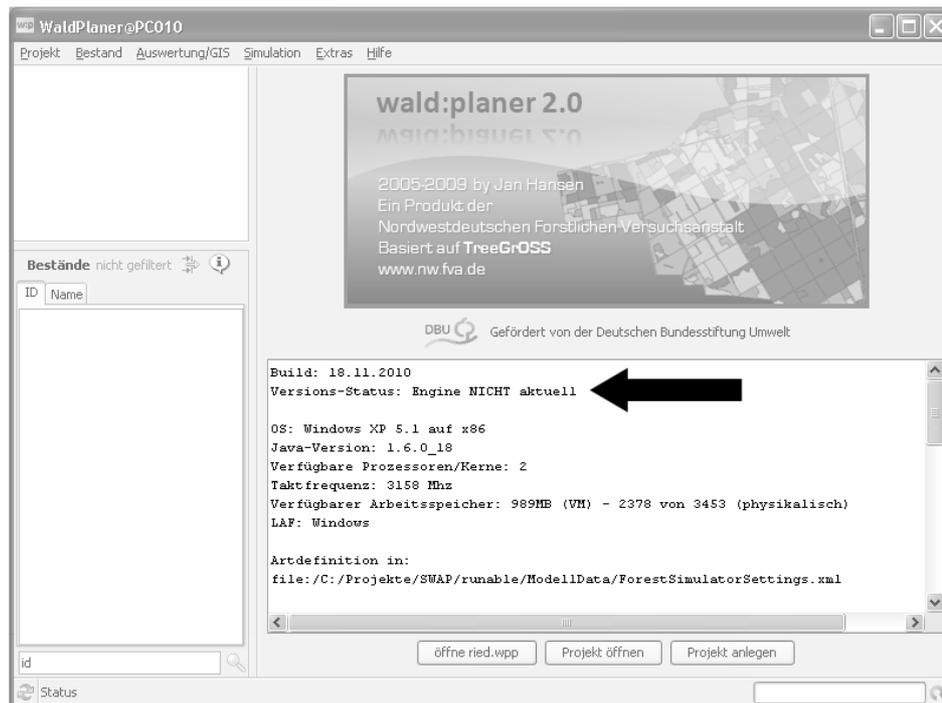


Abbildung 12: der Startbildschirm des WaldPlaners enthält diverse Angaben zum System und zu installierten Plugins.

Die einfachste Update-Möglichkeit besteht darin, eine aktuelle Version von der Seite der NW-FVA zu laden und die bestehenden WaldPlaner-Dateien zu überschreiben.

Neben der Angabe, ob das System aktuell ist, beinhaltet das Textfeld noch die Versionsnummer des WaldPlaners und die der wichtigsten verwendeten Bibliotheken (WPEngine und TreeGrOSS). Zudem werden alle installierten Plugins, der Pfad der Baumartenparameter-Datei (*ForestSimulatorSettings.xml*) und Systeminformationen wie verfügbarer Hauptspeicher, Taktfrequenz und Anzahl verfügbarer Prozessoren/Kerne aufgelistet.

11.2.4 Deinstallation

Wie die Installation, ist auch die Deinstallation des WaldPlaners sehr einfach. **Schließen Sie ggf. den WaldPlaner und Anwendungen, welche auf Dateien im WaldPlaner-Verzeichniss zugreifen.** Löschen Sie z. B. mit dem Windows Explorer das Stammverzeichnis und alle Unterverzeichnisse der WaldPlaner-Installation. Haben Sie WaldPlaner-Projektdateien (Endung wpp) und Datenban-

ken in andern Verzeichnissen abgespeichert und möchten Sie diese ebenfalls von Ihrem System entfernen, müssen diese Dateien einzeln gelöscht werden.

11.2.5 Bedienung

Hauptfenster

Das Hauptfenster des WaldPlaners gliedert sich in drei Bereiche. Unter dem Hauptmenü, welches in fast allen fensterbasierten Anwendungen vorhanden ist, sind an der linken Fensterseite der Projektbaum und die Bestandesliste angeordnet. Der Projektbaum strukturiert alle wichtigen Elemente eines WaldPlaner-Projekts. Wie Projekte angelegt und verwaltet werden, wird weiter unten erläutert. Wichtige Elemente sind z. B. eingebundene Geodaten, die Metadatentabelle oder alle vorhandenen Varianten. Unter einer Variante wird im Kontext des WaldPlaners eine Menge an Modellbeständen verstanden, welche zu einer Stichprobe oder einem Betrieb gehören. Die Modellbestände können aus Rohdaten generiert werden oder im Rahmen einer Simulation entstehen. Die Anordnung innerhalb der Baumstruktur richtet sich nach den Abhängigkeiten der Varianten. Wurden beispielsweise die Variante B und C durch Simulation von zwei verschiedenen Waldentwicklungsszenarien ausgehend von Variante A gerechnet, so erscheinen die Varianten B und C eine Ebene unterhalb der Variante A. Durch Anklicken der Elemente des Projektbaums wird entweder im Arbeitsbereich eine entsprechende Seite angezeigt (z. B. die Kartendarstellung, oder die Metadatentabelle) oder es wird durch einen Klick auf eine Variante diese zur aktuellen Variante, so dass die Bestandesliste und alle Auswertungs- und Simulationsmöglichkeiten sich auf diese beziehen. Ist eine Variante aktuell, so kann diese durch Drücken der Taste **Del** bzw. **Entf** gelöscht werden.

Unter dem Projektbaum befindet sich die Bestandesliste. Diese listet alle zu einer Variante gehörenden Bestände mit ihrer ID oder einer individuellen Bezeichnung auf. Durch Anklicken wird der jeweilige Bestand der aktuellen Variante zum aktuellen Bestand, auf welchen sich alle bestandesbezogenen Auswertungen und Darstellung beziehen. Da es die Möglichkeit gibt, die Liste auf Bestände einzuschränken, welche bestimmte Kriterien erfüllen (vgl. Kap. Bestände filtern), wird über der Bestandesliste der Filterstatus angezeigt (nicht gefiltert/gefiltert). Durch Anklicken des daneben befindlichen Symbols  gelangt man direkt zu den Filtereinstellungen. Ein Klick auf das zweite Symbol  öffnet ein Fenster, welches Details zum aktuellen Bestand anzeigt. Unter der Liste befindet sich ein Textfeld zum Angeben einer ID, die anschließend durch Drücken der -Taste oder durch Klicken auf das Lupen-Symbol gesucht wird. Ist der Bestand vorhanden, wird er automatisch zum aktuellen Bestand.

Auf der rechten Seite des Hauptfensters befindet sich der Arbeitsbereich. In diesem werden je nach Benutzeraktion Informationen, Ergebnisse oder Eingabemasken dargestellt. In Abbildung 13 wird im Arbeitsbereich eine 3D-Ansicht des aktuellen Bestands angezeigt.

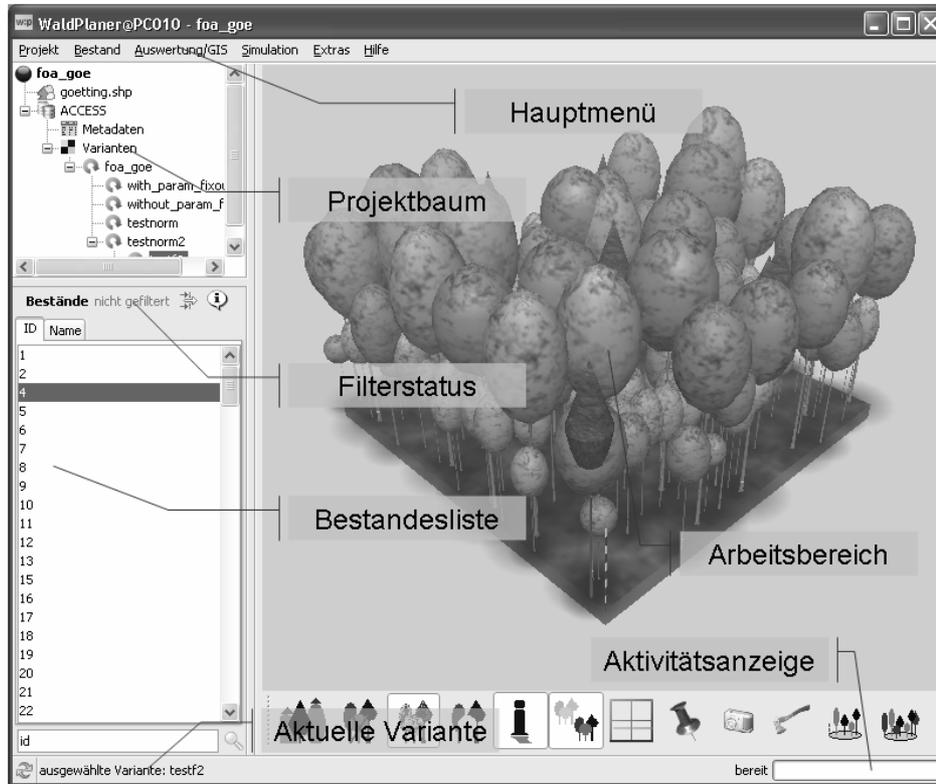


Abbildung 13: Das Hauptfenster

Am unteren Fensterrand ist eine Statusleiste angeordnet. Ganz links ist ein Button platziert. Ein Klick auf diesen Button lädt das aktuelle Projekt neu ein. Dies kann notwendig sein, wenn manuell etwas an der angebundenen Datenbank geändert wurde oder zusätzliche Auswertungstabellen erzeugt wurden. Zum Neu-laden kann alternativ auch die Tastenkombination **Strg**+**F5** gedrückt werden. Neben dem Button zum erneuten Laden eines Projekts wird die aktuell ausgewählte Variante angezeigt. Im rechten Bereich befindet sich eine Aktivitätsanzeige. Diese zeigt an, welche Aktion gerade durchgeführt wird, oder ob das System bereit für weitere Simulationen oder Auswertungen ist. Die Fortschrittsanzeige gibt, wenn möglich, den prozentualen Fortschritt der aktuellen Aktion an. Andernfalls wird grafisch angedeutet, dass eine rechenintensive Operation ausgeführt wird (intermediate Modus).

Modellbestände generieren

Der erste Schritt zur Anwendung des WaldPlaners ist die Generierung von Modellbeständen. Hierzu öffnet man das Hauptmenü *Projekt* und wählt *Bestände generieren*. Daraufhin wird im Arbeitsbereich des Hauptfensters die in Abbildung 14 dargestellte Eingabemaske geöffnet. In dieser müssen Angaben zu der Datenquelle und der Zieldatenbank getätigt werden.

Bestände sollten immer generiert werden, bevor ein neues Projekt angelegt wird. Es ist aber auch möglich, zuerst ein leeres Projekt zu erstellen und nachträglich Daten hinzuzufügen.

In dem Textfeld *Name der neuen Variante* geben Sie einen Namen für die neu anzulegende Variante ein. Achten Sie bitte darauf, dass der Name weder Sonderzeichen noch Leerzeichen beinhaltet. Wählen Sie nun in der Dropdownbox *Bestandesgenerator* den Generator aus, der zu Ihren Daten passt. Die in der Dropdownbox aufgelisteten Generatoren sind als Plugins realisiert. Fügen Sie dem *WaldPlaner* ein eigenes Plugin bzw. einen eigenen Bestandesgenerator hinzu, so erscheint dieser automatisch in der Liste. Das Textfeld *Modellregion* bezieht sich auf die Parametrisierungsregion des hinterlegten Wachstumsmodells. Z. Z. wird vom WaldPlaner lediglich die Region *default* (Nordwestdeutschland) unterstützt.

In der nächsten Dropdownbox (*Zieldatenbanktyp*) wählen Sie bitte den Datenbanktyp, der der Datenbank entspricht, in welcher Sie die Modellbestände und zukünftige Simulationsergebnisse speichern möchten. Der WaldPlaner unterstützt die Datenbanken Access, PostgreSQL, MySQL und Oracle. Nun muss die Zieldatenbank spezifiziert werden. Haben Sie als Zieldatenbanktyp Access ausgewählt geben Sie in dem Textfeld *Zieldatenbank* den Pfad zu einer mdb-Datei an. Alternativ können Sie auch auf den Button [...] klicken und in einem standardisierten Dateiauswahlfenster eine Datei wählen. Bei allen anderen Datenbanken muss die Datenbank über eine sog. URL spezifiziert werden. Dies setzt sich in der Regel aus Rechnername und Datenbankname zusammen. Läuft z. B. ein PostgreSQL-Server auf dem Rechner mit dem Namen PC1 und die Zieldatenbank soll *Simulation* genannt werden, so muss folgender Eintrag getätigt werden:

```
//PC1/simulation
```

Unter dem Textfeld *Zieldatenbank* ist die Checkbox *nicht existierende Datenbank automatisch erzeugen* angeordnet. Ist diese mit einem Haken versehen und existiert die angegebene Datenbank noch nicht, wird sie automatisch erzeugt.

Die meisten Datenbanken sind durch einen Nutzernamen und ein Kennwort vor unberechtigten Zugriffen gesichert. Ist dies bei der spezifizierten Zieldatenbank der Fall, müssen gültige Zugangsdaten angegeben werden. Der angegebene Nutzer muss in der Datenbank unbedingt über Lese- und Schreibrechte verfügen.

Ähnlich wie die Zieldatenbank muss die Quelldatenbank (Rohdatenbank) spezifiziert werden. Es müssen der Typ der Datenbank und evtl. Zugangsdaten ange-

geben werden. Die Ziel- und die Rohdatenbank können identisch sein. Wurden alle bisherigen Eingaben vollständig durchgeführt, werden diese dem WaldPlaner durch einen Klick auf den Button [generieren] übergeben. Kann eine korrekte Verbindung zu der bzw. den angegebenen Datenbanken hergestellt werden, werden je nach ausgewähltem Bestandesgenerator mehrere Dropdownboxes angezeigt. Immer angezeigt werden die Dropdownbox *ID-Spalte* und das Textfeld *Modellbestandsgröße*. Darunter wird mindestens eine Dropdownbox angezeigt, in welcher eine entsprechende Rohdatentabelle ausgewählt wird. Sind alle benötigten Tabellen ausgewählt, muss die Spalte in der Dropdownbox *ID-Spalte* ausgewählt werden, welche einen Bestand eindeutig identifiziert.

In Abbildung 14 wurde der Bestandesgenerator *NDSBISandFactory* ausgewählt. Dieses Standardplugin generiert aus Stichprobedaten der niedersächsischen Betriebsinventur Modellbestände. Das Plugin setzt zwei Tabellen voraus: *Plotwerte* und *Einzelbaumdaten*. In der Tabelle Plotwerte sind Metadaten zu den Stichprobenpunkten gespeichert. Die Tabelle Einzelbaumdaten enthält die einzelbaumweise erhobenen Parameter wie beispielsweise Art und BHD (eine genau Definition der Rohdaten zu den Standardplugins erfolgt im Kap. Datenstruktur Standardplugins).

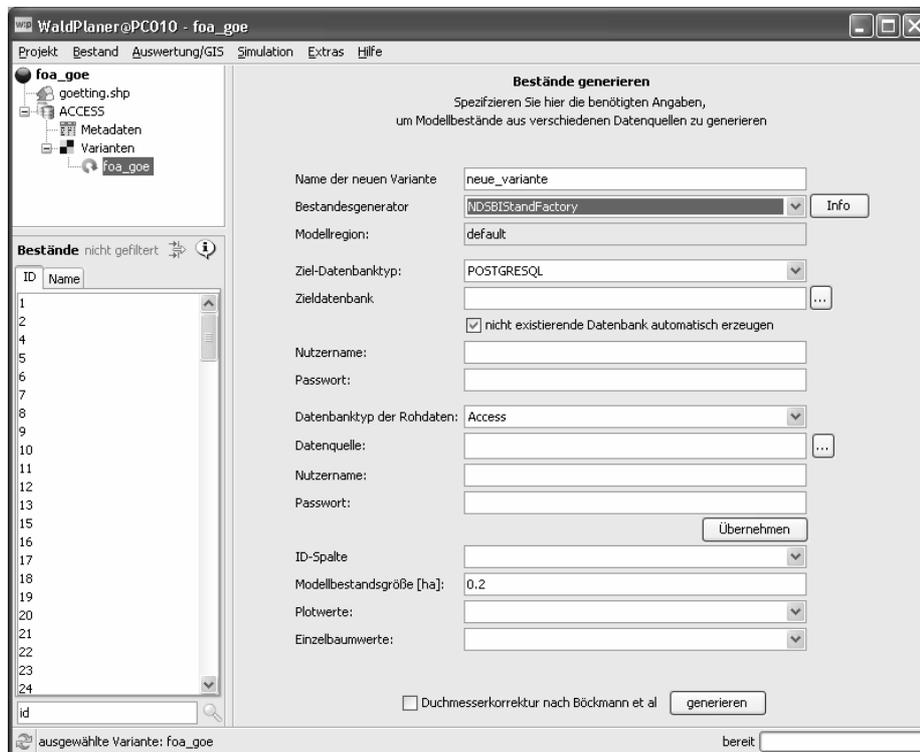


Abbildung 14: Eingabemaske „Bestände generieren“

Nach Angabe aller benötigten Informationen wird durch einen Klick auf den Button [generieren] der Aufbau und die Speicherung der Modellbestände gestartet. In einem kleinen Popupfenster wird der prozentuale Fortschritt des Generierungsvorgangs angezeigt. Wurden alle Bestände korrekt aufgebaut (es ist keine Fehlermeldung aufgetreten), hat das System in der Zieldatenbank bereits alle benötigten Tabellen angelegt, welche für ein WaldPlaner-Projekt benötigt werden.

Beispiel

Bestände generieren (13 Arbeitsschritte)

Der WaldPlaner-Distribution sind verschiedene Beispieldaten beigelegt. Diese basieren auf randomisierten Forsteinrichtungsdaten des Stadtforstamtes Göttingen.

Im Ordner *../BeispielNDSFoW* ist die Datenbank *Import_FoE_NDS.mdb* abgespeichert. Wie der Name andeutet, sind in dieser Datenbank Forsteinrichtungsdaten zum Stadtforstamt Göttingen in einem Format abgespeichert, welches vom Plugin *NDSFoEStandFactory* gelesen werden kann (vgl. Kap. Datenstruktur Standardplugins).

☞ **Haben Sie vergleichbare Daten, ist es eine bewährte Methode, die Beispieldatentabelle(n) zu kopieren und mit eigenen Daten zu füllen. So ist sichergestellt, dass die korrekte Datenstruktur eingehalten wird.**

Anhand der Datenbank *Import_FoE_NDS.mdb* wird im Folgenden das Vorgehen zum Generieren von (Modell-)Beständen schrittweise erläutert.

- (1) Öffnen Sie das Menü **Projekt** und klicken Sie auf **Bestände generieren**. → es öffnet sich die Eingabemaske *Bestände generieren*
- (2) Geben Sie im Textfeld **Name der neuen Variante** einen Namen ein, z. B. „Einrichtung2000“.
- (3) Wählen Sie den **Bestandsgenerator NDSFoEStandFactory**.
- (4) Wählen Sie den **Zieldatenbanktyp** aus, für dieses Beispiel ist **Access** eine gute Wahl.
- (5) Spezifizieren Sie den Pfad der Zieldatenbank. Klicken Sie auf den Button hinter dem Textfeld **Zieldatenbank** → es öffnet sich ein Dateiauswahl-Dialog. Wechseln Sie in das gewünschte Verzeichnis und geben Sie im Textfeld **Dateiname** den Namen der Zieldatenbank an (z. B. „GoeBsp“). Klicken Sie auf **auswählen/anlegen** → der Dialog wird geschlossen und im Textfeld **Zieldatenbank** steht der vollständige Pfad der Zieldatenbank ☞ der Pfad kann auch direkt eingegeben werden.
- (6) Belassen Sie den standardmäßig gesetzten Haken bei **nicht existierende Datenbank automatisch erzeugen**
- (7) Belassen Sie den **Datenbanktyp der Rohdaten** bei der vorgegebenen Auswahl **Access**
- (8) Wählen Sie die Rohdatenquelle aus. Klicken Sie hierzu auf den Button hinter dem Textfeld **Datenquelle** → es öffnet sich ein Dateiauswahl-Dialog. Wechseln Sie in das Verzeichnis *../BeispielNDSFoW* und wählen Sie die Datei *Import_FoE_NDS.mdb* aus. Klicken Sie auf **auswählen/anlegen** → der Dialog wird geschlossen und im Textfeld **Datenquel-**

le steht der vollständige Pfad der Rohdatenbank (dieser kann ebenfalls direkt eingegeben werden).

(9) Für die Beispieldatenbank benötigen Sie **keinen Nutzernamen** und **kein Passwort**. Klicken Sie auf **übernehmen**. → es wird die Rohdatenbank analysiert und in den Feldern **ID-Spalte** und **FoE-Zeilen** werden vom WaldPlaner Vorschläge eingetragen.

(10) Wählen Sie in der Dropdownbox **ID-Spalte** den Eintrag „id“ aus.

(11) Tragen Sie im Feld **Modellbestandsgröße** „0.3“ ein. **Verwenden Sie immer einen Punkt als Dezimaltrennzeichen!**

(12) In der Dropdownbox **FoE-Zeilen** (...) sollte bereits der richtige Eintrag „import“ ausgewählt sein. Ist dies nicht der Fall, wählen Sie „import“ aus.

(13) Klicken Sie abschließend auf den Button **[generieren]**. → es öffnet sich ein Dialogfenster, welches Sie über den Fortschritt beim Generieren der Bestände informiert. Führen Sie bei diesem Vorgang keine weiteren Aktionen im WaldPlaner aus. Ändern Sie auch nicht die Rohdatenbank. Andere Programme können Sie problemlos weiter benutzen.

Datenstruktur Standardplugins

Das Plugin *NDSFoEStandFactory* generiert aus Forsteinrichtungsdaten Modellbestände. Das Plugin benötigt lediglich eine Rohdatentabelle. Diese muss die in Tabelle 8 dargestellten Datenfelder beinhalten.

Tabelle 8: Struktur der Rohdatentabelle für das Plugin *NDSFoEStandFactory*

Feldname	Datentyp	Beschreibung
id	Long Integer	Eindeutige ID je Bestand/Fläche
jahr	Integer	Das Aufnahmejahr
groesse_ha	Float/Double	Die Flächen-/Bestandesgröße in Hektar
bart	Integer	Baumartencode im Niedersachsen Schlüssel (Buche = 211)
alter	Integer	Das Alter der jew. Schicht
g_ist_pro_antfl	Float/Double	Die absolute Grundfläche den die Schicht im Bestand bildet (nicht Grundfläche pro Hektar!)
lkl	Integer	Leistungsklasse
ekl	Float/Double	Ertragsklasse, alternativ zur Leistungsklasse
mischungs_anteil_proz	Integer	Der prozentuale Mischungsanteil

Das Plugin *NDSBISStandFactory* generiert aus Stichprobendaten der niedersächsischen Betriebsinventur Modellbestände. Der Inventur liegt ein konzentrisches Probekreisdesign zugrunde. Die Einzelbaumdaten werden dementsprechend auf zwei konzentrischen Kreisen mit den Radien von 13 bzw. 6 Metern aufgenommen. Auf dem 6-Meter-Kreis werden alle Bäume mit einem BHD ≥ 7 cm erfasst. Auf dem verbleibenden Ring des 13-Meter Kreises werden lediglich Bäume ab einem

BHD von 30 cm aufgenommen. Das Plugin benötigt zwei Rohdatentabellen, welche wie folgt aufgebaut sein müssen:

Tabelle 9: Struktur der Tabelle Plotmetadaten

Feldname	Datentyp	Beschreibung
ID	Long Integer	Eindeutige Plot-ID
jahr	Integer	Aufnahmejahr
repsize_ha	Float/Double	Die durch den Plot repräsentierte Betriebsfläche in Hektar

Tabelle 10: Struktur der Tabelle Einzelbaumwerte

Feldname	Datentyp	Beschreibung
ID	Long Integer	Eindeutige Plot-ID
baumid	Integer	Eindeutige Baumnummer
bart	Integer	Baumart im Niedersachsencode (211= buche 210 = Buche stehendes Totholz)
alter	Integer	Baumalter
richt	Float/Double	Baumrichtung vom Plotmittelpunkt [Gon]
abst	Float/Double	Baumabstand vom Mittelpunkt [cm]
bhd	Float/Double	BHD [mm]
bhdkreuz	Float/Double	Bei Kreuzkluppung 2. BHD sonst 0 [mm]
hoehe	Float/Double	Bei Höhenmessung Baumhöhe sonst -9 [dm]
kronenans	Float/Double	Bei Höhenmessung Kronenansatz sonst -9 [dm]

Projekte anlegen und verwalten

Hat man den ersten Schritt (Generieren der Modellbestände) erfolgreich abgeschlossen, liegen in der Zieldatenbank alle benötigten Tabellen vor. Die Datenbank beinhaltet folgende Tabellen:

- *st_Variantenname*
- *tr_Variantenname*
- *variantstree*
- *metadata*

Die Tabelle *metadata* beinhaltet statische Daten zu den einzelnen Modellbeständen. Dies sind vor allem die ID, die forstliche Bezeichnung und die durch einen Modellbestand repräsentierte Fläche. Diese Parameter sind nicht dynamische und ändern sich in der Regel nicht. Die *st_*-Tabelle beinhaltet bestandesweise Informationen, welche einer Dynamik unterliegen. Abgespeichert werden beispielsweise

das aktuelle Bestandesjahr, der LAI und der Bedeckungsgrad. In der *tr_*-Tabelle werden die Einzelbauminformationen gespeichert. Diese beinhalten vor allem den BHD, die Höhe und den Vorrat der generierten Einzelbäume.

Die Tabelle *variantstree* speichert Informationen zu den generierten und simulierten Varianten und deren Verhältnis zueinander, also welche simulierte Variante auf welcher Ausgangsvariante basiert.

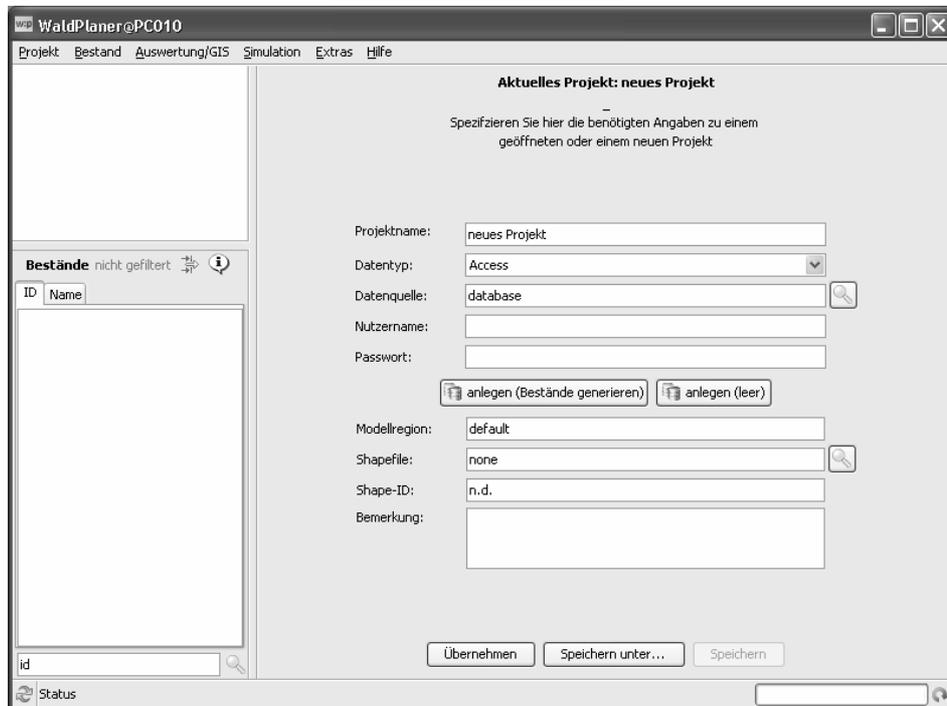


Abbildung 15: Die Eingabemaske „Projekteinstellungen“

Um ein Projekt anzulegen, wählt man im Hauptmenü den Menüpunkt *Projekt* und anschließend *neu anlegen*. Im Arbeitsbereich des Hauptfensters wird ein Formular zum Spezifizieren der benötigten Projektparameter angezeigt (Abbildung 15).

Im Textfeld *Projektname* kann ein beliebiger Name für das neue Projekt vergeben werden. In der Dropdownbox *Datentyp* muss der Typ der Datenbank ausgewählt werden, der dem Datenbanktyp der Zieldatenbank entspricht. Die Zieldatenbank ist die Datenbank, in welche, im Rahmen der Generierung, die Modellbestände gespeichert wurden. Im darunter liegenden Textfeld muss anschließend der Datenbankpfad (bei Access-Datenbanken) oder die Datenbank-URL angegeben werden, welche auf die Zieldatenbank verweist. Ist die Zieldatenbank durch Zugangsdaten geschützt, müssen Sie diese in den Textfeldern *Nutzername* und *Passwort*

angeben. Im Textfeld *Modellregion* kann der voreingestellte Wert *default* beibehalten werden.

Haben Sie noch keine Modellbestände generiert klicken Sie auf den Button [anlegen (Bestände generieren)]. Es wird der Dialog zum Generieren der Bestände angezeigt. Möchten Sie ein Projekt mit einer leeren Datenbank anlegen und später Bestände importieren oder generieren klicken Sie auf den Button [anlegen (leer)].

Möchten Sie auch räumliche Darstellungen und Auswertungen mit dem WaldPlaner durchführen, muss dem Projekt ein Shapefile beigefügt werden. Diese Datei muss entweder Punkte oder Polygone (je nach Rohdaten Stichprobe oder flächige Inventur) beinhalten, welche die generierten Modellbestände repräsentieren. Für eine korrekte Verknüpfung mit den Sachdaten muss das Shapefile eine ID-Spalte aufweisen, welche der ID entspricht, die beim Generieren der Bestände spezifiziert wurde. Im Textfeld *Shape-ID* wird die Nummer der Spalte der Sachdatentabelle (der zum Shapefile dazugehörigen dbf-Datei) angegeben, in welcher die entsprechende ID gespeichert ist. Zu beachten ist dabei, dass die Nummerierung bei 0 beginnt. Die erste Spalte in der dbf-Datei würde dementsprechend die Nummer 0, die zweite Spalte die Nummer 1, usw. erhalten.

In dem Textfeld *Bemerkungen* können beliebige Bemerkungen und Besonderheiten des Projekts eingetragen werden.

Haben Sie alle Informationen angegeben, klicken Sie auf [Übernehmen]. Der WaldPlaner versucht nun mit den angegebenen Informationen ein Projekt zu öffnen. Treten dabei keine Fehler auf, sind die Angaben korrekt und Sie können durch Klicken auf den Button [Speichern unter] in einem Standard-Speichern-Dialog eine Datei angeben, in welcher die Projektinformationen abgelegt werden. Die WaldPlaner-Projektdateien werden mit der Endung *.wpp* gespeichert.

Ein bereits gespeichertes Projekt kann über den Hauptmenüpunkt *Projekt öffnen* geladen werden. Am Ende des Menüs *Projekt* werden die zuletzt bzw. am häufigsten geöffneten fünf Projekte angezeigt. Diese können durch Anwählen direkt geöffnet werden. Die Projektangaben eines geöffneten Projekts können jederzeit unter den Menüpunkt *Einstellungen* im Menü *Projekt* geändert und gespeichert werden.

Beispiel

Projekt anlegen (9 Arbeitsschritte)

Im Beispiel *Bestände generieren* wurde gezeigt, wie aus Forsteinrichtungsdaten Modellbestände generiert werden. In diesem Beispiel wird erläutert, wie auf Basis der generierten Modellbestände und der in der WaldPlaner-Distribution mitgelieferten Geo-Daten ein Projekt angelegt und gespeichert wird.

- (1) Öffnen Sie das Menü **Projekt** und klicken Sie auf **neu anlegen**. → es öffnet sich die Eingabemaske zum Spezifizieren der Projekt-Einstellungen.
- (2) Geben Sie einen Projektnamen im Textfeld **Projektname** ein.

(3) Wählen Sie den **Datenbanktyp** der Datenbank, in welcher die Modellbestände gespeichert sind/werden sollen. Für dieses Beispiel belassen Sie die Auswahl auf „Access“.

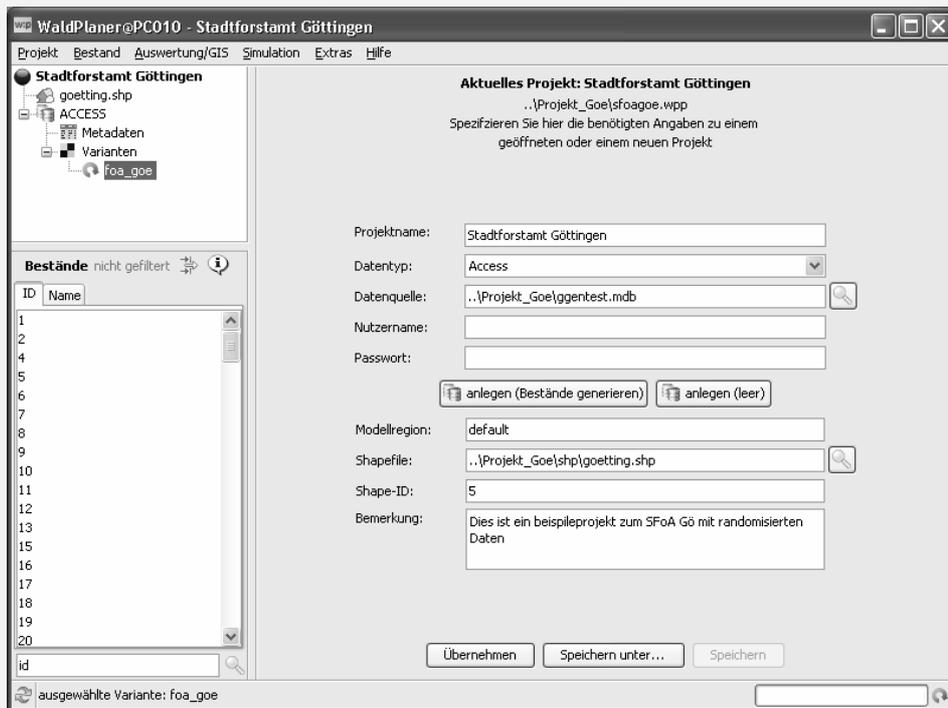
(4) Klicken Sie auf den Button mit dem Lupen-Symbol. → es öffnet sich ein Dateiauswahl-Dialog. Wählen Sie die Datenbank aus, welche Sie gemäß dem Beispiel Modellbestände generieren angelegt haben (z. B. „GoeBsp.mdb“). Klicken Sie auf auswählen/anlegen. → der Dialog wird geschlossen und im Textfeld **Datenquelle** erscheint der vollständige Pfad der Datenbank mit den generierten Modellbeständen.

(5) Spezifizieren Sie nun die Geo-Daten. Dem WaldPlaner ist ein Shapefile mit den Bestandesgeometrien des Stadtforstamtes Göttingen beigelegt. Dieses ist im Verzeichnis **..\Projekt_Goe\shp** der WaldPlaner-Distribution zu finden. Klicken Sie auf den **Lupen-Button** hinter dem Textfeld Shapefile. → es öffnet sich ein Auswahl-Dialog, welcher nur Dateien mit der Endung **shp** anzeigt. Wechseln Sie in das Verzeichnis **..\Projekt_Goe\shp**. Wählen Sie die Datei **goetting.shp** aus und klicken Sie auf den Button [Öffnen]. → der Dialog wird geschlossen und im Textfeld Shapefile wird automatisch der vollständige Pfad des Shapefiles eingetragen.

(6) Geben Sie im Textfeld **Shape-ID** eine **5** ein.

(7) Geben Sie im Textfeld Bemerkungen, wenn gewünscht, einen beliebigen Text ein.

(8) Klicken Sie auf [**Übernehmen**]. Sind keine Fehler aufgetreten, ergibt sich ein ähnlicher Projektbaum wie in der folgenden Abbildung.



(9) Speichern Sie ihr Projekt durch Anklicken des Buttons [**Speichern unter**]. → es öffnet

sich ein Standard-Speichern-Dialog, in welchem Sie einen beliebigen Namen und ein beliebiges Verzeichnis zum Speichern der Projektdatei angeben können.

Auswertung

Nach dem erfolgreichen Generieren von Modellbeständen und dem Anlegen eines Projekts, können bereits Auswertungen zum Status-Quo durchgeführt werden. Hierzu sind diverse Funktionen verfügbar. Grundsätzlich können Informationen in Tabellenform, als Grafik oder kartographisch dargestellt werden. Die Auswertungsebene reicht dabei vom Einzelbestand bzw. Probekreis, über definierte Straten, bis hin zum gesamten Betrieb oder Stichprobenumfang. Das Vorgehen zum Auswerten simulierter Varianten (Varianten simulieren vgl. Kap. Simulation) entspricht dem im Folgenden beschriebenen Vorgehen zum Auswerten des Status-Quo (bzw. einer generierten Variante). Um einen Überblick über eine Variante zu erhalten, eignet sich die dem WaldPlaner als Modul beigefügte Standardauswertung. Diese erstellt eine Pdf-Datei mit verschiedenen Informationen zu den Baumartengruppen Eiche, Buche, ALH, ALN, Fichte, Douglasie, Kiefer und Lärche. Unter anderem werden eine Durchmesserverteilung, eine Altersklassenverteilung und Nutzungsmengen angegeben. Um die Auswertung zu erstellen, wählen Sie zunächst im Projektbaum die auszuwertende Variante aus. Klicken Sie dann im Menü *Extras* auf *Module*. Klicken Sie auf das Modul *Standard.AuswertungPDF*. Die Datei wird im WaldPlaner-Grundverzeichnis abgelegt.

Einzelbestandsinformationen

Im WaldPlaner können jederzeit Informationen zum aktuell ausgewählten Bestand der aktuell ausgewählten Variante abgerufen werden. Hierzu klicken Sie auf den Button  oder wählen im Menü *Bestand* den Menüpunkt *Bericht*. Es öffnet sich ein separates Fenster, welches verschiedene bestandsbezogene Informationen beinhaltet (Abbildung 16).

Die erste Tabelle beinhaltet Informationen zum aktuellen Bestand, und über die Entwicklung der simulierten Maßnahmen. Es wird der Status (stehend, entnommen, abgestorben) das entsprechende Jahr sowie der mittlere BHD, der Vorrat und die Grundfläche der jew. Ereignisses (Mortalität, Eingriffe) und in der ersten Zeile des stehenden Bestandes angezeigt. Die aktuelle (bzw. dem Simulations- oder Stichjahr entsprechende) Bestockung des Bestandes wird in der zweiten Tabelle nach Baumarten und Schichten aufgeteilt. Neben der Art und der Schicht werden das Alter, der Durchmesser des Grundflächenmittelstamms (dg), die Höhe des Grundflächenmittelstamms (hg), die Grundfläche, der Vorrat sowie die Stammzahl je Hektar angegeben. In dem folgenden Bereich können verschiedene Details abgerufen werden. Zunächst werden alle auf dem Bestand stockenden Baumarten angezeigt. Darunter können auf sog. Reiterkarten die prozentuale Ar-

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

tenzusammensetzung (auf Basis des Vorrats), die Durchmesserverteilung, eine Altersklassenverteilung, evtl. berechnete Sortimente (vgl. Kap. Aushaltungsszenarien definieren und simulieren), ein Stammverteilungsplan sowie Zuwächse (nach Wiederholungsinventur oder Simulation) angezeigt werden.

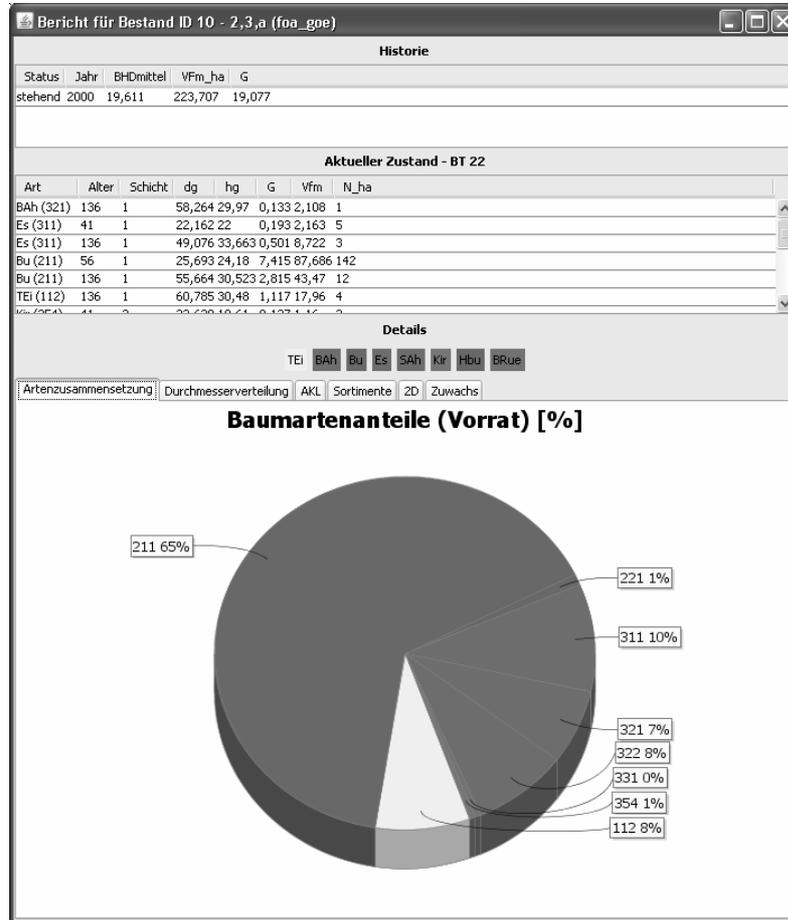


Abbildung 16: Berichtsfenster Einzelbestand

Werden weitere Bestandes- oder Einzelbauminformationen benötigt, besteht die Möglichkeit, alle gespeicherten Einzelbaumdaten abzurufen. Hierzu wählen Sie im Menü *Bestand* den Menüpunkt *Einzelbaumdaten*. Daraufhin werden alle zum aktuellen Bestand zugehörigen (Modell-)Bäume tabellarisch im Auswertungsbereich des Hauptfensters angezeigt.

Es besteht die Möglichkeit, alle oder einzelne Zeilen der Einzelbaumtabelle zu markieren und durch Drücken der Tastenkombination **Strg**+**c** in die Zwischenablage zu kopieren und in einer externen Anwendung (z. B. Tabellenkalkulation)

weiterzuverarbeiten. Zum Markieren aller Zeilen klicken Sie in die Tabelle und Drücken **Strg**+**a**. Zum Markieren einzelner Zeilen halten sie die **Strg**-Taste gedrückt und klicken mit der Maus in die gewünschten Zeilen. Die Einzelbaumtabelle beinhaltet folgende Informationen:

Tabelle 11: *Felder der Einzelbaumtabelle*

Spalte	Erläuterung
id	Interne ID, um Bäume eindeutig einem Bestand bzw. einem Plot zuzuordnen
treeno	Baumnummer oder Bezeichnung, identifiziert eindeutig ein Baum auf einem Plot/Bestand
species	die Baumart verschlüsselt im Niedersachsencode (z. B. Buche 211, Fichte 511)
age	das Alter des Baumes
x	die X-Koordinate bezogen auf die südwestliche Ecke eines Bestandes [cm]
y	Y-Koordinate bezogen auf die südwestliche Ecke eines Bestandes [cm]
dbh	der Brusthöhendurchmesser des Baumes [cm x 1000]
height	die Höhe des Baumes [cm]
vol_1000	der Derbholzvorrat eines Baumes [VFm x 1000]
factor	der Repräsentationsfaktor eines Baumes, je nach Rohdatenstruktur kann dieser größer oder kleiner 1 sein [x 100], bei aggregierten Auswertungen müssen die Einzelbaumzielgrößen immer mit diesem Faktor multipliziert werden (z. B. Vorrat eines Bestands = Summe (Einzelbaumvorrat * factor))
crownbase	Kronenansatz [cm]
crownwidth	Kronendurchmesser [cm]
si	Siteindex (h100 im Alter 100) [cm]
outyear	-1, oder das Jahr des Ausscheidens
outtype	der Ausscheidegrund (0=stehend, 1=Mortalität, 2=Durchforstung, 3=Endnutzung)
habitatree	Habitatbaumstatus (0=kein HB, 21=HB)
croptree	Endbestandsbaum (0=nein, 1=ja)
c66xy	Positionsabhängiger c66 bezogen auf den jew. Baum
c66cxy	Änderung des c66 (nach einer Simulation)

Möchten Sie den aktuellen Bestand visualisieren, bietet der WaldPlaner hierzu mehrere Möglichkeiten. Zum einen können Sie den Modellbestand in Form einer zweidimensionalen Kronenkarte darstellen lassen. Zum anderen besteht die Möglichkeit verschiedener dreidimensionaler Darstellungen. In allen Darstellungsformen sind die Kronen, Stammquerschnitte in 1,3 m Höhe und die Baumhöhen maßstabsgerecht dargestellt.

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

Kronenkarte

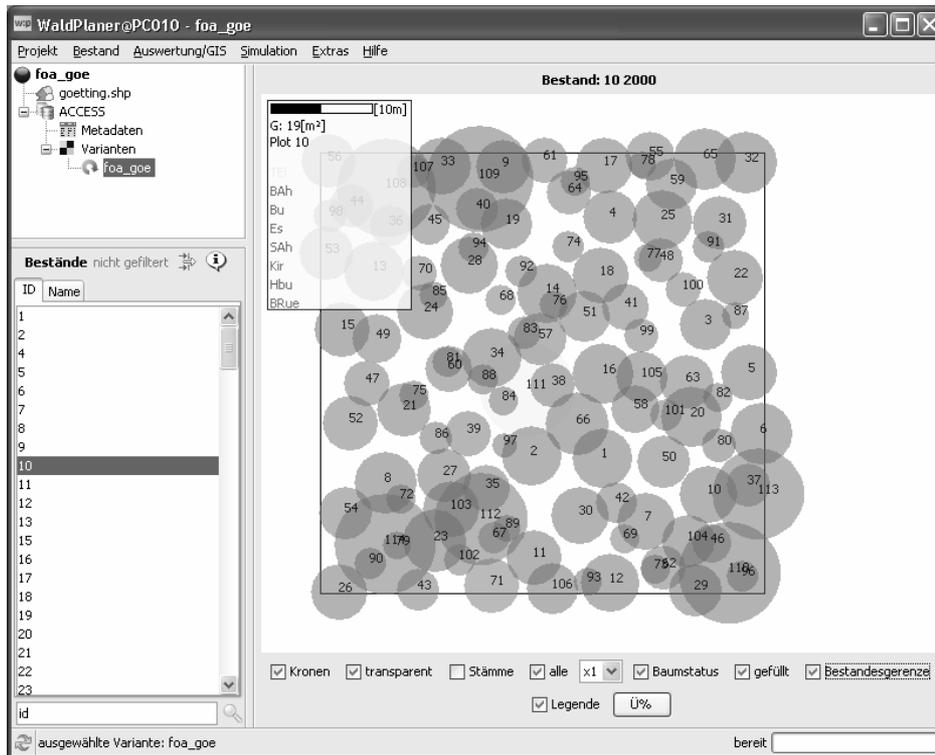


Abbildung 17: Kronenkarte im Arbeitsbereich des Hauptfensters

Um die 2D Kronenkarte anzuzeigen, wählen Sie die gewünschte Variante und den gewünschten Bestand im linken Bereich des Hauptfensters aus. Klicken Sie dann im Menü *Bestand* auf *Bestand 2D*. Es wird im Arbeitsbereich eine Bestandesaufsicht gezeigt. Standardmäßig werden die Kronen durch einen Kreis dargestellt und die Baumnummer in der Mitte der Krone angezeigt (Abbildung 17). Die Farbe der dargestellten Kronen entspricht der, in den Baumarteneinstellungen vorgenommenen Farbuweisungen (vgl. Kap. Baumarteneinstellungen). Unter der Kronenkarte sind verschiedene Bedienelemente angeordnet. Hier können Sie verschiedenen Optionen vorgeben. Mit der Checkbox *Kronen* kann die Darstellung der Kronen aktiviert werden. Die Checkbox *Stämme* aktiviert die Darstellung des Stammquerschnitts in Brusthöhe. Dieser kann durch eine entsprechende Auswahl in der angezeigten Dropdownbox skaliert werden (1x, 2x oder 4x). Wird die Checkbox *gefüllt* aktiviert, werden sowohl die Kronen als auch die Stammquerschnitte ausgefüllt gezeichnet. Um in sehr dichten Beständen überlagerte Kronen sichtbar zu machen, besteht die Möglichkeit der transparenten Kronendarstellung. Hierzu aktivieren Sie die Checkbox *transparent*.

3D-Ansicht Modellbestand

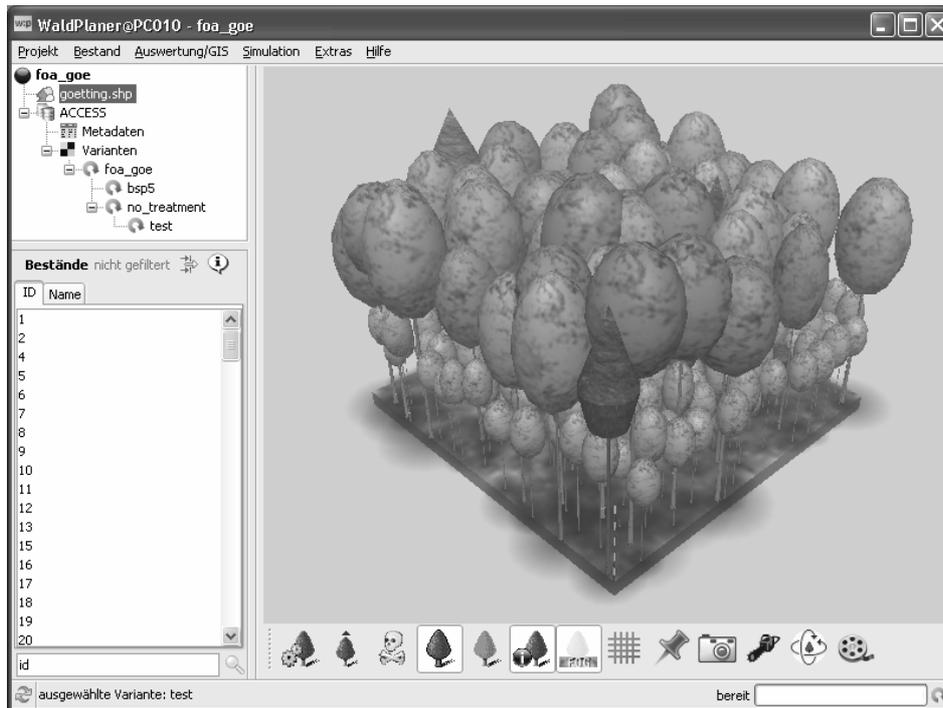


Abbildung 18: Modellbestand 3D

Neben der 2D-Kronenkarte kann der Modellbestand in einer interaktiven 3D-Ansicht dargestellt werden (Abbildung 18). Interaktiv bedeutet in diesem Fall, dass die Ansicht auf den Modellbestand frei gewählt werden kann. Halten Sie die linke Maustaste über der 3D-Ansicht gedrückt und bewegen den Mauscursor, so wird der Modellbestand in die entsprechende Richtungen rotiert bzw. gekippt. Gleichzeitiges Drücken der mittleren Maustaste und Auf- bzw. Abwärtsbewegen des Cursors zoomt in den Bestand hinein oder aus ihm hinaus. Halten Sie die rechte Maustaste gedrückt und bewegen Sie die Maus, wird der Bestand entsprechend der Mausbewegung verschoben. Diese Steuerung der 3D-Ansicht ist bei allen weiteren 3D-Darstellungen des WaldPlaners identisch. Die dreidimensionale Ansicht des Modellbestandes wird über das Menü *Bestand* und den Menüeintrag *Bestand3D (Modell)* aufgerufen. Die 3D-Ansicht wird im Arbeitsbereich des Hauptfensters dargestellt. Ändern Sie die aktuelle Variante oder den aktuellen Bestand, wird die 3D-Ansicht automatisch aktualisiert.

Unter der eigentlichen 3D-Ansicht sind verschiedene Symbole angeordnet. In Tabelle 12 wird die Funktion der einzelnen Buttons erläutert:

Tabelle 12: Steuersymbole der 3D-Ansicht (Modellbestand)

Symbol	Funktion
	Den Baumstatus visualisieren, ein Baum wird durch ein Band in Brusthöhe um den Stamm und eine kleinen Pyramide über der Krone gekennzeichnet, wenn er ein Habitatbaum (blau) oder ein Zukunftsbaum (grün) ist.
	Abgestorbene oder entnommenen Bäume ein- bzw. ausblenden
	Kronen und Stämme mit einer Textur versehen
	Kronen in der definierten Artfarbe anzeigen (blauer Baum)
	Ist dieser Button aktiviert (eingedrückt), erscheint bei Anklicken eines Baumes ein kleines Infofenster mit Angaben zu dem Baum. Das Fenster muss vor dem Weiterarbeiten wieder geschlossen werden
	Der Szene einen Nebeleffekt hinzufügen
	Ein 5-Meter-Raster auf dem Bestandesboden ein-/ausblenden
	Wird dieser Button eingedrückt, werden alle weiteren 3D-Ansichten mit der aktuellen Perspektive geöffnet
	Ein Foto (Screenshot) der aktuellen Ansicht erstellen und als Grafik (png, jpg) speichern
	Alle zum Entfernen markierten Bäume fällen (hat keine Auswirkungen auf die Daten)
	Die Ausgangsansicht wiederherstellen
	Ergänzte Bäume aus-/einblenden (je nach Ausgangsdaten (Stichprobendesign), werden dem Modellbestand Bäume hinzugefügt, welche nicht erhoben wurden)
	Die aktuelle Szene zu einer Slideshow/Film hinzufügen. Die Slideshow kann unter dem Menüpunkt <i>Bestand</i> und dem Eintrag <i>3DFilm</i> aufgerufen werden

3D-Ansicht (real)

Für die realitätsnahe Ansicht eines Bestandes müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Es muss ein Shapefile eingebunden sein, welches für jeden Modellbestand eine Bestandesgeometrie beinhaltet. Soll das Relief bei der Darstellung berücksichtigt werden, muss zusätzlich ein Höhenmodell (Grid-ASCII) eingebunden werden und als unterster Layer definiert werden. (Kap. Kartendarstellung). Sind die Voraussetzungen erfüllt, klicken Sie im Menü *Bestand* auf *Bestand 3D*. Es

wird in einem neuen Fenster die 3D-Ansicht des aktuellen Bestands angezeigt (Abbildung 19).

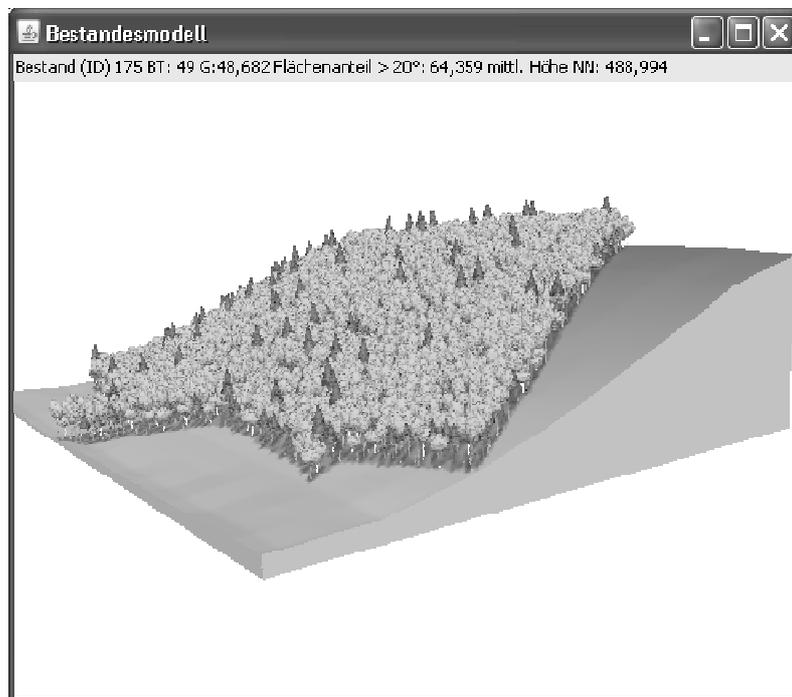


Abbildung 19: Bestand realitätsnah 3D

Die Steuerung der Kamera erfolgt wie bei der 3D-Ansicht des Modellbestands. Über der eigentlichen Visualisierung wird eine Kopfzeile angezeigt, welche die ID des aktuellen Bestandes und dessen BT beinhaltet. Bei Verwendung eines Höhenmodells werden zusätzlich der Flächenanteil des Bestandes mit einer Steigung von mehr als 20° und die mittlere Höhe über NN angezeigt.

Weitere Auswertungsmöglichkeiten

Neben der bereits beschriebenen Einzelbaumtabelle (tr_Variantenname), wird für jede Variante eine Tabelle mit den Präfix st_ angelegt. Diese Tabelle beinhaltet verschiedene Parameter auf Bestandesebene. Folgende Spalten werden angelegt:

Tabelle 13: Spalten der st_Tabellen

Spalte	Datentyp	Beschreibung
id	Int	Eindeutige Bestandes-ID
size	Int	Modellbestandsgröße [ha*100]
year	Int	Das Jahr, auf das sich der Bestand bezieht

shape	Int	Code zur Bestimmung der Modellbestandform (systemintern)
singlecovering	Int	Bedeckungsgrad. Der durch die (Modell-)Kronen einfach überdeckte Flächenanteil [Prozent]
bt	Int	Bestandestyp (niedersächsisches Schema, 20= Buche rein)
lai	Int	Leaf Area Index, bestandsbezogener Blattflächenindex [Index*100]
h100	Int	Die h100 des Bestandes [cm]
meanage_vol	Int	Das mittlere Bestandesalter (gewichtet mit dem Einzelbaumvolumen) [ganze Jahre]
bl_percentage	Int	Laubholzanteil [Prozent]
exequity_t	Int	Index zur Beschreibung der Dringlichkeit einer Pflegemaßnahme [Index *100]
exequity_h	Int	Index zur Beschreibung der Dringlichkeit einer Endnutzung [Index *100]
status	Int	systemintern
wet	Int	systemintern
wet_t	Int	systemintern
deg_stocking	Int	Natürlicher Bestockungsgrad [Index*1000]

Wird bei der Simulation von Varianten die Speicherung zusätzlicher Indikatoren aktiviert (vgl. Kap. Simulation), wird eine zusätzliche Tabelle mit dem Präfix ai_ erstellt. Diese Tabelle beinhaltet weitere bestandesbezogene Indikatoren (Tabelle 14):

Tabelle 14: Spalten der ai_-Tabelle

Spalte	Datentyp	Beschreibung
id	Int	Eindeutige Bestandes-ID
vol_ha	Int	Gesamtvorrat [VFm/ha*100]
dg	Int	Durchmesser des Grundflächenmittelstamms [mm]
hg	Int	Höhe des Grundflächenmittelstamms [dm]
n_trees	Int	Anzahl Bäume [n/ha*100]
increment_ha	Int	Summe der durchschnittlichen jährlichen Einzelbaumzuwächse in der Simulationsperiode [VFm/ha*100]
mort_ha	Int	Durchschnittliche jährliche Gesamtmortalität in der Simulationsperiode [VFm/ha*100]
harvest_ha	Int	Durchschnittliche jährliche Erntemasse in der Simulationsperiode [VFm/ha*100]
thinning_ha	Int	Durchschnittliche jährliche Durchforstungsmasse in der Simulationsperiode [VFm/ha*100]
n_habitat	Int	Anzahl Habitatbäume [n/ha]

Die Daten aus den tr_-, st_- und ai_-Tabellen können auf unterschiedliche Art und Weise ausgewertet und kombiniert werden. Eine Möglichkeit ist die Verwendung sog. SQL-Abfragen. Die Structured Query Language (SQL) befähigt den Anwender, sehr flexibel auf die Daten relationaler Datenbanken zuzugreifen. Der SQL-Syntax wird in vielen Anwenderbüchern und Online-Seiten dokumentiert und mit Beispielen erläutert. Für einen ersten Überblick ist folgende Seite zu empfehlen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/SQL>

Der WaldPlaner bietet einen SQL-Editor mit Syntaxhervorhebung. Die einzelnen Elemente eines SQL-Befehls werden entsprechend eingefärbt, was die Eingabe und die Fehlersuche erleichtert.

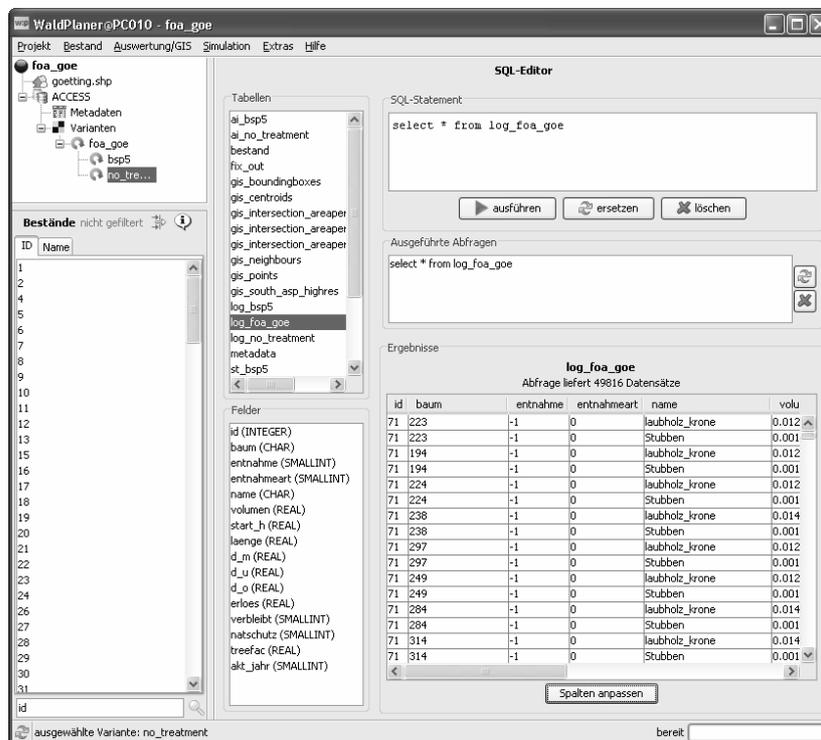


Abbildung 20: SQL-Editor des WaldPlaners

Der SQL-Editor des WaldPlaners wird im Arbeitsbereich angezeigt. Er wird durch Anklicken des letzten Menüpunktes *SQL* im Menü *Auswertung/GIS* aufgerufen. Im linken Bereich des Editors wird oben eine Liste mit allen in der Datenbank gespeicherten Tabellen angezeigt (Abbildung 20). Klicken Sie einen Tabellennamen einmal an, um im Listenfeld *Felder* alle Spalten der angeklickten Tabelle und den dazugehörigen Datentyp anzuzeigen. Durch einen Doppelklick auf einen Tabellen- oder Spaltennamen wird dieser in das SQL-Eingabefeld (*SQL-Statement*) an die aktuelle Cursorposition kopiert. Dies erleichtert die Eingabe bei langen oder ähnlichen Tabellen- sowie Spaltennamen. Ist ein Wort oder ein Abschnitt des aktuell eingegebenen Statements markiert, wird es ersetzt. Die Eingabe und Manipulation im SQL-Eingabefeld erfolgt wie in den meisten gängigen Editoren. Markierter Text kann durch Drücken von **Strg**+**c** kopiert oder Text aus der Zwischenablage über **Strg**+**v** eingefügt werden. Textelemente werden durch Drücken der

linken Maustaste und Ziehen des Cursors markiert. Der Editor kann durch Drücken der Tabulator-Taste Tabellennamen ergänzen. Dies erleichtert die Eingabe von langen Tabellennamen. Geben sie die ersten Buchstaben des Tabellennamens ein und Drücken Sie die Tabulatortaste solange, bis der gewünschte Tabellennamenname komplett angezeigt wird.

Unter dem SQL-Eingabefeld befinden sich zwei Buttons. Nach Anklicken des Buttons [ersetzen] erscheint ein einfaches Dialogfenster, in welchem Sie eine zu ersetzendes Textfragment und den neu einzufügenden Text eingeben können. Der Button [ausführen] führt das eingegebene Statement aus. Es kann immer nur ein Statement auf einmal ausgeführt werden. Ist der SQL-Befehl syntaktisch korrekt wird je nach Abfragetyp im Ergebnisbereich eine Tabelle mit den Abfrageergebnissen angezeigt. Auf die Daten dieser Tabelle kann wie oben beschreiben zugegriffen werden. Liefert die Abfrage keine Daten (Einfüge-, Änderungs- oder Löschafrage) wird lediglich signalisiert, dass die Abfrage keine darstellbaren Ergebnisse liefert aber ausgeführt wurde. Vor dem Ausführen von Abfragen, welche Daten ändern oder löschen, fordert der WaldPlaner Sie auf, dies noch einmal zu bestätigen. Wenn eine Abfrage fehlerfrei ausgeführt wurde, wird sie im Listenfeld *Ausgeführte Abfragen* zwischengespeichert. Ein Doppelklick auf eine Abfrage in der Liste ersetzt den aktuellen Inhalt des SQL-Eingabefelds durch die angeklickte Abfrage. Alternativ können Sie auch eine SQL-Abfrage markieren und den Button  links neben der Liste drücken. Wählen Sie eine Abfrage durch einfaches Anklicken aus und klicken Sie den Button  an, um die Abfrage aus der Liste zu löschen. Die Liste der erfolgreich ausgeführten Abfragen wird gespeichert und steht beim nächsten Öffnen des Projekts wieder zur Verfügung.

Neben der Verwendung des SQL-Editors und freier Abfragen, sind eine Reihe verschiedener Abfragen bereits vordefiniert und die Ergebnisse in Form von Tabellen und Grafiken abrufbar. Hierzu wählen Sie im Menü *Auswertung/GIS* den ersten Menüpunkt *Variantenvergleich*. Wie der Name schon andeutet, dient diese Funktion hauptsächlich dem Vergleich von zwei oder mehreren Varianten. Es können jedoch auch Informationen zu nur einer Variante abgerufen werden (z. B. Status-Quo).

Die Steuerelemente des Variantenvergleichs werden im Arbeitsbereich des Hauptfensters angezeigt. Die Elemente sind zweigeteilt angeordnet. Links können Auswertungsparameter und –straten definiert werden. Im rechten Bereich werden die Ergebnisgrafiken und –tabellen angezeigt.

Wählen Sie zunächst eine Zielgröße in der Dropdownbox *Auswertung*. In der Liste *Varianten* können Sie einzelne Varianten auszuwählen, zu denen die Auswertungen abgerufen werden sollen. Um einzelne Listeneinträge auszuwählen, halten Sie die **[Strg]**-Taste gedrückt und klicken mit der Maus (linke Taste) auf die gewünschten Varianten. Wenn Sie alle vorhandenen Varianten auswerten möchten, aktivieren sie die Checkbox *alle Varianten* unterhalb der Auswahlliste.

Soll die gewählte Zielgröße nur für eine bestimmte Baumartengruppe ausgewertet werden, besteht die Möglichkeit diese in der Dropdownbox *Artgruppe* auszuwählen. Haben Sie alle Einstellungen vorgenommen, klicken Sie auf den Button [aktualisieren], um die notwendigen Abfragen und Berechnungen durchführen zu lassen. Die Ergebnisse sind auf den drei Reiterkarten *Ergebnisse Auswertung*, *Durchmesserverteilung* und *SpiderWeb* abrufbar. Die vierte Reiterkarte *Zuwachsanalyse* stellt eine Besonderheit dar und wird weiter unten erläutert.

Auf der Reiterkarte *Ergebnisse Auswertung* werden die Ergebnisse sowohl tabellarisch als auch grafisch dargestellt. Die Tabelle beinhaltet für jede ausgewählte Variante einen flächengewichteten Mittelwert der vorgegebenen Zielgröße. Diese Werte werden in dem darunter angeordneten Balkendiagramm visualisiert. Die Tabellenwerte können wie oben beschreiben markiert und kopiert werden. Um die Grafik zu manipulieren oder zu kopieren, klicken Sie mit der rechten Maustaste in den Grafikbereich. Aus dem erscheinenden Popup-Menü können Sie folgende Funktionen auswählen:

- *Eigenschaften* öffnet einen Dialog zum Ändern des Erscheinungsbilds der Grafik
- *Kopieren* kopiert die Grafik in die Zwischenablage
- *Speichern unter* öffnet ein Standard-Speichern-Dialog, um die Grafik im png-Format abzuspeichern
- *Drucken* öffnet ein Standard-Druck-Dialog
- Mit den Menüpunkten *Hineinzoomen*, *Hinauszoomen* und *Autojustage* können Sie entsprechend des Grafiktyps die Skalierung der Achse(n) verändern

Hinweis: Diese Menüpunkte sind für alle im WaldPlaner dargestellten Grafiken verfügbar.

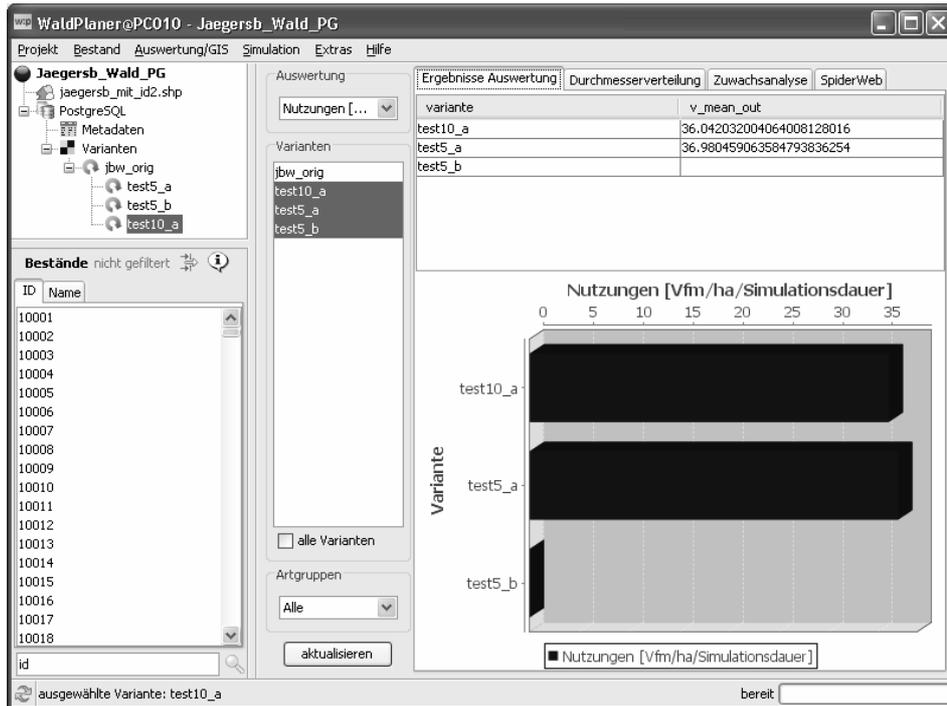


Abbildung 21: Variantenvergleich

Die Reiterkarte *Durchmesserverteilung* zeigt für jede ausgewählte Variante eine Durchmesserverteilung in 5 cm-Stufen an. Haben Sie in der Dropdownbox *Artgruppe* den Eintrag *Alle* ausgewählt, werden die Vorratsanteile jeder vertretenen Art als gestapelte Säule angezeigt. Wurde eine konkrete Baumartengruppe vorgegeben, wird nur für diese die Durchmesserverteilung erzeugt. Die Baumartengruppen werden gemäß der niedersächsischen Baumartencodierung gebildet und eingefärbt. Die Farbgebung erfolgt nach dem in Tabelle 15 dargestellten Schlüssel.

Tabelle 15: Farbschlüssel für die Baumartengruppen

Arten	Code	Farbe
Eichen	100-199	Gelb
Buche und Hainbuche	211, 221	Braun
Alh (Anderes Laubholz mit hoher Umtriebszeit)	300-399	Hellgrün
Aln (Anderes Laubholz mit niedriger Umtriebszeit)	400-499	Dunkelgrün
Fichten	500-599	Blau
Douglasie	611	Pink
Kiefern	700-799	Grau
Lärchen	800-899	Rot

Die Reiterkarte *SpiderWeb* (Abbildung 22) zeigt in einer Netzgrafik verschiedene Nachhaltigkeitsindikatoren zu allen ausgewählten Varianten an. Der Vorteil dieser Darstellungsform liegt darin, dass die Unterschiede zwischen verschiedenen Vari-

anten hinsichtlich ausgewählter Indikatoren übersichtlich dargestellt werden. Wenn Sie beim Simulieren der Varianten die Option *zusätzliche Indikatoren Speichern* aktiviert haben, werden zu den Indikatoren Bestandesalter, Pflegedringlichkeit, Endnutzungsdringlichkeit, h100, Laubholzanteil und Grundfläche noch die Indikatoren Bestandesvorrat, A-Index, Stammzahl, Zuwachs, Endnutzungsmasse, Vornutzungsmasse und Mortalität in der Grafik angezeigt. Alle Indikatoren werden flächengewichtet gemittelt und beziehen sich auf einen Hektar.

Die Berechnung der Indikatoren erfolgt immer für alle Baumarten! Die Auswahl einer konkreten Baumart ist nur für die Durchmesserverteilung und die gewählte Zielgröße wirksam. Wurde ein Filter gesetzt, werden die Indikatoren in der Netzgrafik nur für die gefilterten Bestände gemittelt.

Je Indikator wird eine Achse angezeigt, auf welcher die einzelnen Werte relativ zueinander dargestellt werden. D. h. der höchste Indikatorwert einer Variante stellt den äußerten Wert im Netz dar. Das Zentrum des Netzes entspricht dem Wert 0.

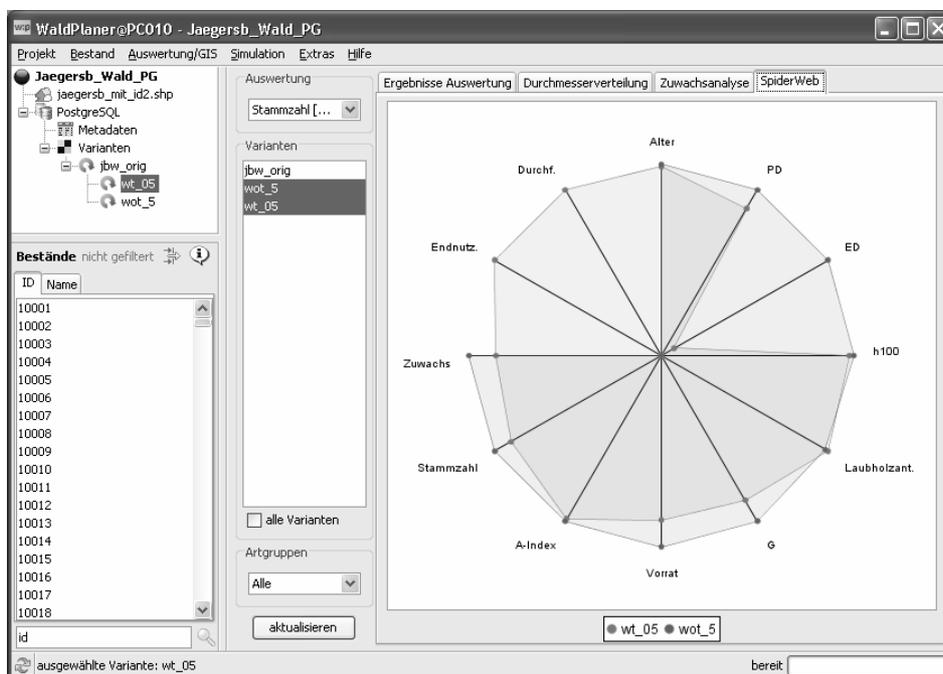


Abbildung 22: SpiderWeb-Grafik zum Variantenvergleich

Die vierte Reiterkarte *Zuwachsanalyse* stellt insofern eine Ausnahme dar, dass hier nicht der Vergleich zwei simulierter Varianten im Vordergrund steht, sondern die Analyse von Zuwächsen auf Basis von zwei eingelesenen Einzelbaumstichproben. Diese werden über die Dropdownboxes *t0* und *t1* spezifiziert. Bei *t0* muss immer die ältere Stichprobe angegeben werden. In einer weiteren Dropdownbox wird die

Baumart ausgewählt, für welche eine Darstellung der Zuwächse über den Ausgangsdurchmesser (BHD in t_0) generiert werden soll. Wie bei der SpiderWeb-Grafik, werden dabei entweder alle Bestände oder bei aktiviertem Filter nur die ausgewählten Bestände berücksichtigt. Wird die Option *GD* (=gleitender Durchschnitt) aktiviert, wird der gleitende Durchschnitt zu den Einzelbaumdaten ermittelt. Durch Anklicken des Buttons [neu] wird eine komplett neue Grafik erstellt. Klicken Sie auf [hinzufügen], um eine neue Punktwolke in einer bestehenden Grafik einzufügen.

GIS

Neben Abfragen, Tabellen und Grafiken stellt der WaldPlaner verschiedene kartographische Darstellungs- und Auswertungsmöglichkeiten zur Verfügung. Hierzu wurde das System mit einer eigenen GIS¹¹-Bibliothek ausgestattet, so dass keine zusätzliche GIS-Software hierfür benötigt wird.

Das integrierte GIS kann Vektor- und Rasterdaten verarbeiten. Es können Shapefiles (Vector) und GridASCII sowie georeferenzierte Images (Rasterdaten) eingelesen werden.

Bei den Projekteinstellungen kann ein Shapefile dem Projekt hinzugefügt werden (vgl. Kap. Projekte anlegen und verwalten). Dieses Shapefile stellt die Geometrien für die einzelnen Bestände bereit und fungiert als räumliches Referenzsystem. So können nicht nur bestandesbezogenen Daten kartographisch dargestellt werden, sondern Verschneidungen mit anderen raumbezogenen Daten für weitere Auswertungen durchgeführt werden.

Kartendarstellung

Grundvoraussetzung ist, dass Sie dem Projekt ein Shapefile hinzugefügt haben, welches eine der im WaldPlaner verwendeten Bestandes-ID entsprechende Spalte besitzt. Diese muss ebenfalls korrekt spezifiziert sein. Auf Basis dieser Datenlage können bereits Karten mit verschiedenen Themen generiert und verschiedene Auswertungen durchgeführt werden.

Zur Kartenansicht gelangen Sie durch Anklicken des Kartensymbols (Abbildung 23) vor dem shp-Eintrag im Projektbaum oder über den Menüpunkt *Karte* im Hauptmenü *Auswertung/GIS*.

¹¹ GIS = Geografisches Informationssystem



Abbildung 23: Kartensymbol im Projektbaum (hervorgehoben) bei korrekt spezifizierten Shapefile-Pfad

Ist das Kartensymbol eingegraut und von dem rot gefärbten Text *kein Shape geladen* gefolgt, wurde entweder kein Shapefile dem Projekt hinzugefügt, oder der spezifizierte Pfad ist nicht korrekt.

Die Kartenansicht ist in drei Bereiche unterteilt. Oben befindet sich die Themeneinstellungsleiste. Im verkleinerten (Normal-)Zustand (Abbildung 24, oben) sind lediglich Steuerelemente zum Einstellen des Kartenthemas, eines Farbspektrums (je nach aktuellem Thema aktiviert oder nicht), ein Regler zum Einstellen der Transparenz des Hauptlayers, ein Eingabefeld zum Spezifizieren der Linienstärke der Polygonumrisse, Punkte oder Linien sowie eine Dropdownbox zum Einblenden von Beschriftungen (Labels) in der Karte. Die Themensteuerung können Sie durch Klicken auf das Symbol  erweitern. Im erweiterten Modus, wird die Themensteuerung in einem eigenen Fenster angezeigt, so dass die Größe des Kartenbereichs nicht eingeschränkt wird.

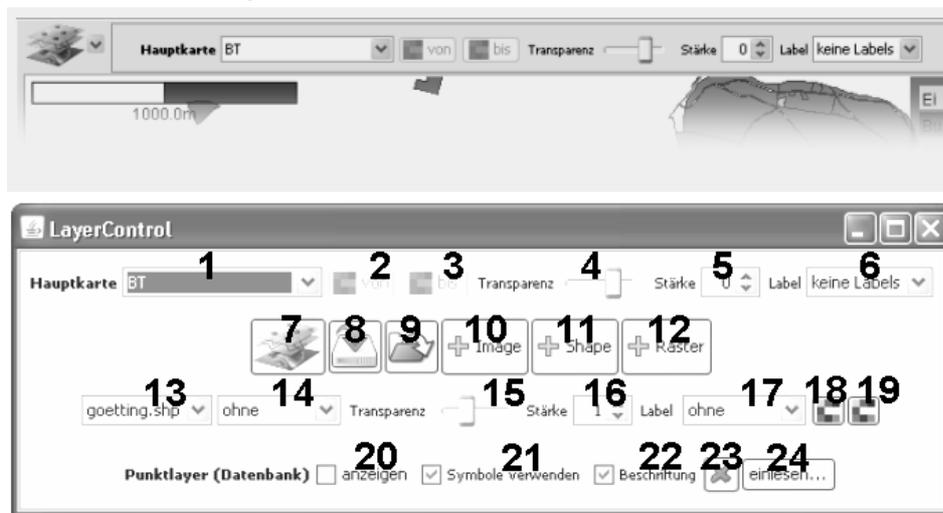


Abbildung 24: Themensteuerung, oben verkleinert, unten erweitert in einem eigenen Fenster, die Bedeutung der einzelnen Steuerelemente wird im Text unter den entsprechenden Ziffern erläutert

Im erweiterten Modus (Abbildung 24, unten) stehen deutlich mehr Steuerelemente (durchnummeriert) zur Verfügung, welche im Folgenden erläutert werden.

(1) *Auswahl eines Themas für die Hauptkarte (die Bestandespolygone/Punkte)*

Es stehen 11 vordefinierte Themen und ein SQL-Shader zur Verfügung. Vordefiniert sind die Themen:

- BT: Bestände werden nach dem Bestandestyp (BT) eingefärbt, Farbschlüssel vgl. Tabelle 15
- Vorrat: Bestände werden nach dem Vorrat eingefärbt
- Maximales Alter: Bestände werden nach dem maximal vorkommenden Baumalter eingefärbt
- Anzahl Baumarten: Bestände werden nach der Anzahl vorkommender Baumarten eingefärbt
- Gefilterte Bestände: Es werden nur die vom Filter ausgewählten Bestände eingefärbt
- Handlungsdringlichkeit: Bestände werden nach ihrer Handlungsdringlichkeit eingefärbt
- BT und Vorrat: Bestände werden nach dem BT (s. o.) und dem Vorrat eingefärbt
- BT mit Zielstärke: Es werden nur die Bestände entsprechend ihres Bestandestyps eingefärbt, auf welchen zielstarke Bäume stocken
- BT Alter: Bestände werden nach ihrem BT (s. o.) eingefärbt und entsprechend ihrer Altersklasse schraffiert
- LAI: Bestände werden nach dem berechneten Leaf Area Index eingefärbt
- Kein Shader: Alle Bestände werden einheitlich grau eingefärbt

Der SQL-Shader ermöglicht die Spezifikation individueller Kartenthemen. Bei der Auswahl von SQL in der Dropdownbox *Hauptkarte* werden Sie aufgefordert eine SQL-Abfrage zu spezifizieren, welche für jeden Bestand die ID und die Zielgröße zurückgibt. Wird der Variantename durch ein # ersetzt, generiert der WaldPlaner die Abfrage bzw. den Shader für die aktuell ausgewählte Variante.

Wenn beispielsweise der mittlere Buchendurchmesser in der Karte je Bestand angezeigt werden soll, muss folgende Abfrage spezifiziert werden:

```
SELECT id, AVG(dbh/1000.0) FROM tr_# WHERE outyear=-1 AND
species=211 GROUP BY id
```

Kommen in einem Bestand keine Buchen vor, so wird dieser weiß eingefärbt. Die Bestände mit Buchenbestockung werden entsprechend des mittleren Durchmessers mit einem Farbwert zwischen der definierten Minimum- und Maximumfarbe versehen.

(2)+(3) Minimum- und Maximumfarbe bestimmen

Nach Anklicken dieser Buttons wird jeweils ein Farbauswahldialog angezeigt. Sie können so den Farbverlauf für den Hauptlayer (Hauptkarte) festlegen, welcher vom Schader auf Basis stetiger Werte (Vorrat, Handlungsdringlichkeit, SQL) verwendet wird.

(4) Transparenz des Hauptlayers festlegen

Durch diesen Regler können Sie bestimmen, wie durchsichtig der Hauptlayer dargestellt werden soll. Haben Sie unter dem Hauptlayer z. B. ein Höhenmodell gelegt, so werden dessen Farbwerte mit denen des Hauptlayers entsprechend der Transparenz kombiniert. So können verschiedene Geoinformationen gleichzeitig dargestellt werden.

(5) Stärke der Linien/Punkte vorgeben

Mit diesem Regler können Sie festlegen, wie stark Linien bei Polygon- oder Liniendarstellungen gerendert werden sollen. Bei Punktkarten wird die Punktgröße variiert.

(6) Label (Beschriftung) festlegen

Diese Dropdownbox zeigt eine Liste der als Label zur Verfügung stehenden Felder an. Bei Auswahl eines Feldes wird an jedem Element (Punkt, Polygon, Linie) in der Karte ein entsprechender Text angezeigt.

(7) Layer

Klicken Sie auf diesen Button, um eine Fenster mit einer Liste aller eingebundenen Layer (Auflieger: Shapefiles, GridASCII, jpg/tif) anzuzeigen (Abbildung 25).

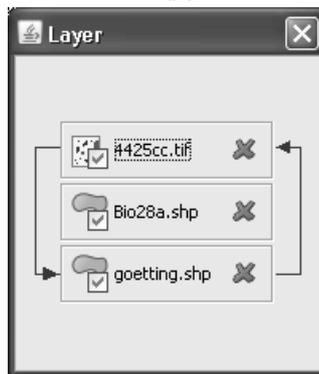


Abbildung 25: Fenster zum Manipulieren der Darstellungsreihenfolge und zum Ein- bzw. Ausblenden einzelner Layer

In diesem Fenster können Sie die Darstellungsreihenfolge der einzelnen Layer festlegen, diese ein- bzw. ausblenden oder komplett aus der Karte entfernen. Zum Ändern der Reihenfolge positionieren Sie zunächst den Mauscursor über den Namen des Layers, dessen Position geändert werden soll. Halten Sie die linke Maus-

taste gedrückt und positionieren Sie den Mauscursor über dem Namen des Layer, an dessen Position der zu verschiebende Layer gelegt werden soll. Pfeile deuten dabei an, wie die Positionen vertauscht werden (vgl. Abbildung 25). Durch Anklicken des Symbols mit dem Häkchen können einzelne Layer ausgeblendet werden. Erneutes Anklicken blendet den Layer wieder ein. Durch einen Klick auf das rote X wird ein Layer komplett aus der Kartendarstellung entfernt (zum Laden eines Layers vgl. (10), (11) und (12)).

(8)+(9) Einstellungen Speichern/Laden

Klicken Sie auf diese Buttons, um die aktuellen Karteneinstellungen zu speichern (8) oder zu laden (9).

(10)+(11)+(12) Layer hinzufügen

Mit diesen Buttons können Sie verschiedene Geodaten/Layer der Karte hinzufügen. Durch einen Klick auf einen der Buttons öffnet sich ein Dialog, in welchem Sie die gewünschte Datei auswählen können. Der neu hinzugefügte Layer wird immer über die bereits dargestellte Geodaten gelegt. Möchten Sie die Darstellungsreihenfolge ändern, verfahren Sie wie unter Punkt (7) beschreiben.

Mit den Steuerelementen (1) bis (6) kann die Darstellungsform der Hauptkarte geändert werden. Um die Darstellung zusätzlicher Layer zu ändern, verwenden Sie die Elemente (13) bis (19).

In der Dropdownbox (13) wählen Sie den Layer aus, dessen Darstellungsattribute geändert werden sollen. Die weiteren Steuerelemente entsprechen denen zum Ändern der Darstellung der Hauptkarte. Es können ein Shader festgelegt (14) oder Beschriftungen definiert (17) werden. Die Transparenz und die Linienstärke werden über die Regler (15) und (16) eingestellt. Mit den Buttons (18) und (19) wird das Farbspektrum für die Shader festgelegt.

Die Steuerelemente (20) bis (24) dienen der Steuerung eines speziellen Punktlayers. Dieser Layer ist interaktiv. D. h. es können jederzeit neue Punkte über eine Datei oder durch Klicken in die Karte (die Mausaktion *Punkt einfügen* muss aktiviert sein, vgl. Tabelle 16) hinzugefügt werden. Die Punktinformationen (ID, Koordinaten, Name und Typ) werden in der Datenbank abgespeichert. So können direkt raumbezogene Informationen gespeichert werden, ohne diese in einem speziellen Geodatenformat extern verwalten zu müssen. Die Sonderpunkte können komplett ein- oder ausgeblendet werden (20). Über die Option (21) können Sie steuern, ob die Punkte als einfacher Kreis oder durch ein dem jew. Typ entsprechenden Symbol dargestellt werden. Die Option (22) blendet die Beschriftung der Punkte in der Karte ein – oder aus. Klicken Sie auf den Button (23), um einzelne Punkte aus der Ansicht und der Datenbank zu löschen. Es öffnet sich ein Dialogfenster, in welchem Sie den zu löschenden Punkt auswählen können. Klicken Sie auf [Abbrechen], um keinen Punkt zu löschen. Soll der ausgewählte Punkt gelöscht werden bestätigen Sie dies mit [OK]. Um mehrere Punkte aus einer Datei einzufügen, klicken Sie auf den Button (24) [einlesen...]. Sie können in einem Öffnen-Dialog eine

einzelnde Datei auswählen. Die Datei muss für jeden Punkt eine Zeile aufweisen, wobei eine Zeile Angaben zum Punktyp, zur X- und Y-Koordinate (beide Gauß-Krüger) sowie zur Beschreibung des Punktes beinhalten muss. Die einzelnen Felder sind wie in den folgenden drei Beispielzeilen durch ein Semikolon zu trennen.

```
0;3571978;5708689;test dat1
1;3571988;5708699;test dat2
3;3571998;5708700;test dat3
```

Der Punktyp wird durch eine beliebige Ganzzahl verschlüsselt. Mit Symbolen sind bislang folgende Typen hinterlegt:

0= Jagdeinrichtung , 1= Holzpolter , 2= kein spezieller Typ/unbekannt ,
3=Habitat , 4= Dienstgebäude 

In der Mitte des GIS-Bereiches wird die eigentliche Karte dargestellt (Abbildung 26). Die Kartenansicht ist interaktiv, d. h. je nach ausgewählter Mausfunktion in der Symbolleiste im unteren Kartenbereich, können Sie durch Klicken mit der rechten Maustaste, zoomen, die Ansicht neu zentrieren, Bestände auswählen oder Information anzeigen lassen. In der linken oberen Ecke der Karte wird ein Maßstabsbalken angezeigt. Dieser ist in einen weißen und in einen schwarzen Block unterteilt. Die Länge eines Blocks entspricht der darunter angegebenen Länge in Metern. Am rechten Rand der Karte werden eine Legende für den obersten Layer und ein Nordpfeil angezeigt. Die Legende wird automatisch dem gewählten Shader angepasst.

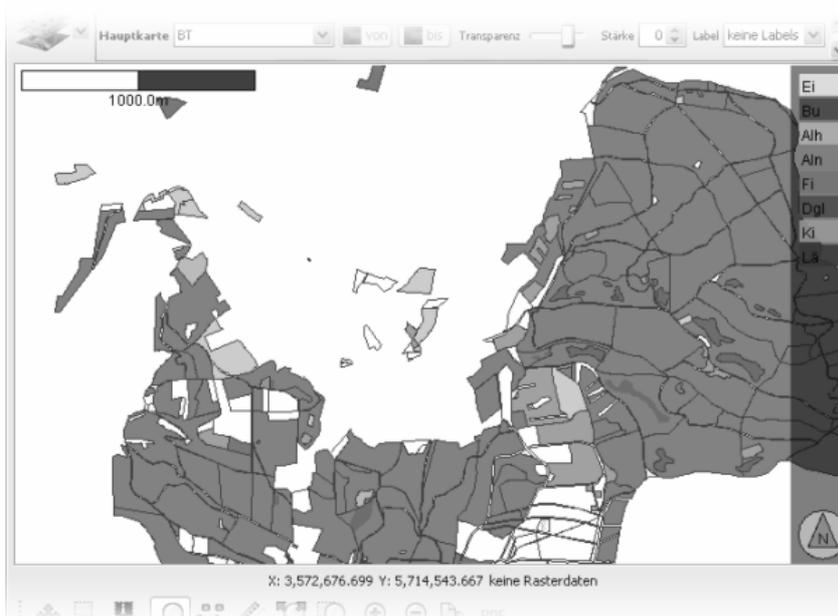


Abbildung 26: Kartendarstellung

Unter der Karte ist eine Symbolleiste angeordnet. Diese beinhaltet zum einen Buttons, mit welchen festgelegt wird, welche Aktion beim Klicken in die Karte ausgeführt wird (Tabelle 16). Zum anderen sind Buttons vorhanden, die eine Aktion direkt ausführen (Tabelle 17).

Tabelle 16: *Mausaktionen (werden erst nach einer Mausaktion in der Karte ausgeführt)*

	Karte an aktueller Cursorposition zentrieren
	Bestand auswählen
	Bestand auswählen und ein Infofenster mit verschiedenen Geodaten zum Bestand/Polygon anzeigen
	Zentrieren und zoomen, oder linke Maustaste gedrückt halten und ein Zoombereich aufziehen
	Einen Sonderpunkt einfügen (s. o.)
	Entfernungen messen (Cursor zum Startpunkt bewegen, linke Maustaste drücken und Gedrückt halten, Cursor zum Zielpunkt bewegen)

Tabelle 17: *Sofortaktionen*

	Zoom und Zentrierung so wählen, dass die Hauptkarte komplett dargestellt wird
	Zum ausgewählten Bestand zoomen
	Hineinzoomen (auch über Mausrad)
	Hinauszoomen (auch über Mausrad)
	Aktuelle Kartenansicht in die Zwischenablage kopieren
	Karte als pdf-Datei speichern

Kartenausschnitt 3D

Neben der zweidimensionalen Kartendarstellung besteht die Möglichkeit einer dreidimensionalen Geländevisualisierung. Diese Darstellung ist nur dann sinnvoll, wenn ein digitales Höhenmodell (DGM) im Grid-ASCII-Format vorliegt. Um einen dreidimensionalen Kartenausschnitt anzuzeigen, gehen Sie wie folgt vor:

- Öffnen Sie ein Projekt mit eingebundenem Shapefile
- Laden Sie das DGM und verschieben es an die unterste Position (vgl. Abbildung 25, und Steuerelement (7)), so dass alle weiteren Layer über dem DGM-Layer liegen.
- Zoomen Sie ggf. an eine Position, welche von besonderem Interesse ist
- Wählen Sie im Hauptmenü *Auswertung/GIS* den Menüpunkt *Ausschnitt (3D)*.

Es öffnet sich ein neues Fenster (Abbildung 27, links), welches den Dreidimensionalen Kartenausschnitt darstellt. Die Ansichtssteuerung erfolgt wie bei den 3D-Ansichten zum Einzelbestand. Die 3D-Kartenansicht ist z. B. dann hilfreich, wenn die Geländesituation für Erntemaßnahmen eingeschätzt werden muss.

Beispiel

Geländemodell einbinden (9 Arbeitsschritte)

Der WaldPlaner-Distribution sind verschiedene Geodaten beigefügt. Neben einem Shapefile mit den Bestandesgeometrien (*Goeting.shp*) ist auch ein Geländemodell im Grid-ASCII-Format vorhanden (*goe_grd.asc*). Die Dateien liegen im Verzeichnis *..\Projekt_Goe\shp*.

Voraussetzung für dieses Beispiel ist, dass Sie bereits ein Projekt mit eingebundenem Shapefile angelegt haben (vgl. Beispiel Projekt anlegen). In diesem Beispiel wird zusätzlich zu dem Shapefile ein digitales Geländemodell geladen und ein dreidimensionaler Karten-

ausschnitt visualisiert.

(1) Wenn noch nicht geschehen, öffnen Sie über *Projekt* → *öffnen* das Projekt zum Stadtforstamt Göttingen.

(2) Klicken Sie im Projektbaum auf den Eintrag **goetting.shp** neben dem Kartensymbol  **goetting.shp**. → es öffnet sich die Kartenansicht.

(3) Klicken Sie auf das Symbol  oben links im Kartenbereich. → es öffnet sich das Fenster **LayerControl**.

(4) Klicken Sie auf das Symbol  **Raster** → es öffnet sich ein Dateiauswahldialog. Wechseln Sie in das Unterverzeichnis `..\Projekt_Goe\shp` ihrer WaldPlaner-Installation und wählen Sie die Datei `goe_grd.asc` aus. → das Höhenmodell wird geladen und über den Bestandesgeometrien dargestellt.

(5) Legen Sie das Höhenmodell unter die Bestandesgeometrien. Klicken Sie hierzu auf das Symbol  im **LayerControl-Fenster**. → es öffnet sich das Fenster **Layer**

(6) Vertauschen Sie im Fenster Layer die Reihenfolge des Shapefiles und des Höhenmodells. Klicken Sie hierzu auf den Text `goetting.shp` und lassen Sie die linke Maustaste gedrückt. Ziehen Sie den Maus-Cursor auf den Text `goe_grd.asc`. Rote Pfeile deuten dabei an, welche Layer vertauscht werden. Lassen Sie die Maustaste los.



→ des Höhenmodell wird nun unter den Bestandesgeometrien dargestellt.

(7) Schließen Sie die Fenster **Layer** und **LayerControl**

(8) Markieren Sie das **Lupen-Symbol** im unteren Kartenbereich und zoomen Sie in einen Bereich von Interesse.

(9) Wählen Sie im Menü **Auswertung/GIS** den Eintrag **Ausschnitt3D**. → es öffnet sich ein Dialog, welcher Sie nach dem Überhöhungsfaktor fragt. Geben Sie hier eine 3.0 ein und drücken Sie **[OK]**. → es öffnet sich ein Unterfenster mit der 3D-Ansicht.

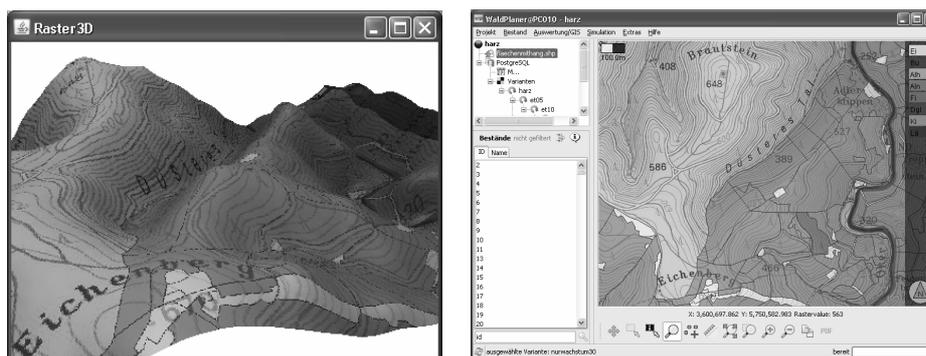


Abbildung 27: Links 3D-Kartenausschnitt, rechts 2D-Karte

Raumbezogene Auswertungen

Neben den reinen Darstellungsmöglichkeiten, werden durch das GIS-Modul auch verschiedene Funktionen bereitgestellt, welche Geodaten verarbeiten und neue Informationen generieren. Die Funktionen sind alle im Hauptmenü *Auswertung/GIS* abrufbar.

Wählen Sie den Menüpunkt *GIS-Tabellen generieren*, um verschiedene Tabellen erstellen zu lassen. Der WaldPlaner greift dabei zunächst auf das Shapefile zurück, welches die Bestandesgeometrien beinhaltet (Hauptlayer). Es werden die Tabellen *gis_boundingboxes*, *gis_centroids* und *gis_neighbours* generiert. Diese Tabellen können für eigene Auswertungen herangezogen werden und werden vom Optimierungssystem vorausgesetzt (vgl. Kap. Optimierung). Die Tabelle *gis_boundingboxes* enthält für jedes Polygon des Hauptlayers die dazugehörige Bestandes-ID und die Koordinaten der süd-westlichen und nord-östlichen Ecke des kleinstmöglichen Rechtecks, welches das Polygon umspannt. Der Schwerpunkt (x- und y-Koordinate) eines Polygons und die Bestandes-ID werden in der Tabelle *gis_centroids* abgespeichert. In der Tabelle *gis_neighbours* werden für alle Polygone des Hauptlayers die ID des dazugehörigen Bestandes und eine Liste mit allen IDs der Bestände gespeichert, welche direkt an den Bezugsbestand angrenzen.

Nach Generierung der drei shape-basierten Tabellen fragt der WaldPlaner, ob ein Höhenmodell vorliegt. Bestätigen Sie dies mit dem Button [Ja], wird ein Öffnen-Dialog angezeigt, in welchem Sie die entsprechende GridASCII-Datei auswählen können. Wählen Sie eine Datei aus, werden Sie vom WaldPlaner aufgefordert, festzulegen, ob ein schnelles oder ein genaueres, aber dafür langsames Berechnungsverfahren zur Ableitung der Bestandesmittelwerte Geländehöhe, Hangneigung und Hangrichtung verwendet werden soll. Der WaldPlaner erzeugt die Tabelle *gis_slp_asp* oder bei Verwendung der exakten Berechnungsmethode die Tabelle *gis_slp_asp_highres*, welche die in Tabelle 18 aufgeführten Spalten beinhaltet.

Tabelle 18: Spalten der aus dem Höhenmodell abgeleiteten Tabelle *gis_slp_asp*

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

Spalte	Datentyp	Beschreibung
id	Integer	Eindeutige ID des jew. Bestandes
h_nn	Double	Die mittlere Gelände Höhe des Bestands über NN [m]
slope_avg	Double	Mittlere Geländeneigung des Bestands [°]
aspect_avg	Double	Mittlere Hangrichtung des Bestands [°]

Die Funktion *Gridwerte mitteln* berechnet das arithmetische Mittel aller Rasterwerte, welche gemäß dem Hauptlayer zu einem Bestand gehören. **Der Hauptlayer muss in diesem Fall vom Typ Polygon sein.** So können Sie beispielsweise bei einem gegebenen Höhenmodell die mittlere Höhe eines Bestands oder eine mittlere Nährstoffversorgung aus einer rasterbasierten Bodenkarte berechnen lassen. Die Ergebnisse werden in eine neue Tabelle gespeichert, welche neben der Bestandes-ID den berechneten Mittelwert beinhaltet. Der Tabellename richtet sich dabei nach dem Namen des Gridfiles. Die Verschneidung wird nach einem exakten Verfahren durchgeführt. So werden die Rasterzellenwerte mit ihrem exakten Flächengewicht in die Mittelwertbildung einbezogen. Fällt eine Rasterzelle nur zur Hälfte in einen Bestand, so wird der Wert entsprechend geringer gewichtet, als der einer Rasterzelle, welche komplett in der Bestandsgeometrie liegt.

Klicken Sie den Menüpunkt *BT-Durchmischung* an, um einen Wert berechnen zu lassen, welcher die räumliche Durchmischung der Bestandestypen beschreibt. Dieser Indikator ist z. B. für naturschutzfachliche Beurteilungen oder zur Einschätzung der Erholungsqualität sinnvoll. Der WaldPlaner fragt Sie, ob die zur Berechnung des Indikators benötigten Rasterdaten auf der Festplatte abgespeichert werden sollen. Bestätigen Sie die Frage mit [Ja], wird ein Speichern-Dialog angezeigt, in welchem Sie das Zielverzeichnis angeben können. Es werden zwei GridASCII-Dateien angelegt. Zum einen eine Datei, welche die maximal mögliche BT-Durchmischung repräsentiert. Zum anderen wird die Datei mit der tatsächlichen BT-Durchmischung gespeichert. Nähere Informationen zur Berechnung der BT-Durchmischung finden Sie im Kap. BT-Durchmischung.

Um aus einem gegebenen digitalen Höhenmodell Informationen zur Südexposition der einzelnen Bestände abzuleiten, wählen Sie den Menüpunkt *Südexposition (Anteile)*. Der WaldPlaner fordert Sie zunächst auf, den Pfad des zu verwendenden Höhenmodells anzugeben. Danach wird die Berechnung gestartet, und die Ergebnisse in einer Datenbanktabelle gespeichert. Die Tabelle beinhaltet zur Verknüpfung die Bestandes-ID. Darüber hinaus werden die Spalten *south_asp_avg* und *south_asp_perc* angelegt. Die Spalte *south_asp_avg* gibt die mittlere Exposition der südexponierten Rasterzellen in einem Bestand an. Der Flächenanteil (*south_asp_perc*) besagt, wie groß der Anteil der südlich exponierten Fläche an der gesamten Bestandesfläche ist.

Die Funktion *Verschneidung mit Beständen* dient der Verschneidung des Hauptlayers mit einem weiteren Polygonlayer. Die Ergebnistabelle beinhaltet lediglich die Bestandes-ID und den Flächenanteil der gemeinsamen Fläche. So können bei-

spielsweise ausgewiesene Biotope (welche sich nicht 1:1 an den Bestandesgrenzen orientieren) in die Auswertung mit einbezogen werden. Daraus ergibt sich z. B. die Möglichkeit, zu einem waldbaulichen Szenario ökonomische Einbußen durch Flächenstilllegungen oder beschränkte Bewirtschaftungsoptionen zu ermitteln. Hierzu muss das Szenario zunächst simuliert werden. Anschließend können über eine SQL-Abfrage die modellhaft ermittelten Erlöse über den Flächenanteil reduziert werden.

Bestände filtern

Wie bereits erwähnt, besteht im WaldPlaner die Möglichkeit Bestände zu filtern. Wurde ein Filter gesetzt, werden in der Bestandesliste im Hauptfenster nur noch die Bestände angezeigt, die den Filterregeln entsprechen. Zudem berücksichtigen einige Auswertungen und Grafiken nur noch die gefilterten Bestände (vgl. die entsprechenden Beschreibungen).

Um einen Filter zu definieren und zu aktivieren, müssen Sie die entsprechende Eingabemaske aufrufen (Abbildung 28). Diese kann durch Anklicken des Symbols  oder über den Menüpunkt *Filter* im Hauptmenü *Auswertung/GIS* angezeigt werden.

Bevor ein Filter verwendet werden kann, muss dieser zunächst definiert werden. Hierzu bietet der WaldPlaner zwei Möglichkeiten. Sie geben direkt ein SQL-Statement in das Textfeld *SQL-Anweisung* ein, welches mindestens eine ID wiedergibt. Folgendes Beispiel filtert alle Bestände mit dem Bestandestyp Buche rein (=20).

```
SELECT id FROM st_variantenname WHERE bt=20
```

Klicken Sie auf den Button [Filter testen], um den spezifizierten SQL-Ausdruck zunächst zu überprüfen. Ist der Ausdruck korrekt, erscheint ein Dialog, welcher Ihnen die von dem Filter ausgewählte Bestandesanzahl angibt. Liegt ein Fehler vor, erscheint eine Meldung, welche den Fehler näher beschreibt.

Durch Drücken des Buttons [Filter anwenden] wird der Filter übernommen und die Bestandesliste im Hauptfenster geändert. Um einen gesetzten Filter zu entfernen, drücken die den Button [Filter entfernen].

Die zweite Möglichkeit einen Filter zu spezifizieren, ist die Nutzung des Assistenten im oberen Bereich *Filter erstellen* der Filter-Seite. Sie können über die Abarbeitung von 5 Schritten einen Filter zusammenstellen oder direkt einen vordefinierten Filter in *vordefinierte Abfragen* auswählen.

Im ersten Schritte müssen Sie angeben, ob sich Ihr Filter auf den gesamten Bestand oder einzelne Bäume des Bestandes beziehen soll. Der Bestandestyp bezieht sich beispielsweise auf den Bestand. Sollen Bestände ausgewählt werden, auf welchen Bäume mit einem BHD >70 cm stocken, so ist die Bezugsebene der Baum. Im zweiten Schritt ist eine Aggregatfunktion auszuwählen. Haben Sie in Schritt 1

als Bezugsebene den Bestand ausgewählt, so ist diese Funktion nicht verfügbar, da hierbei die Anwendung einer Aggregatfunktion nicht sinnvoll ist. Folgende Aggregatfunktionen stehen zur Verfügung:

- Summe
- Mittelwert
- Max
- Min
- Anzahl

In Schritt drei wählen Sie die Zielgröße aus. Im vierten Schritt wird der Operator gewählt. Im Fünften Schritt geben Sie den Wert an, welcher von der (aggregierten) Zielgröße unter Anwendung des spezifizierten Operators erfüllt werden muss.

Anschließend stehen drei Buttons zur Auswahl, mit welchen entschieden wird, wie mit den zuvor spezifizierten Angaben verfahren werden soll. Möchten Sie eine komplett neue Abfrage erstellen, drücken Sie den Button [neu]. Haben Sie bereits eine Abfrage definiert, können Sie diese erweitern, indem Sie über die Buttons [UND] und [ODER] die Filterbedingungen an eine bestehende Abfrage anhängen. Drücken sie [UND] muss der gefilterte Bestand alle Bedingungen erfüllen. Durch das Anhängen mit [ODER] muss mindestens eine der definierten Bedingungen erfüllt werden.

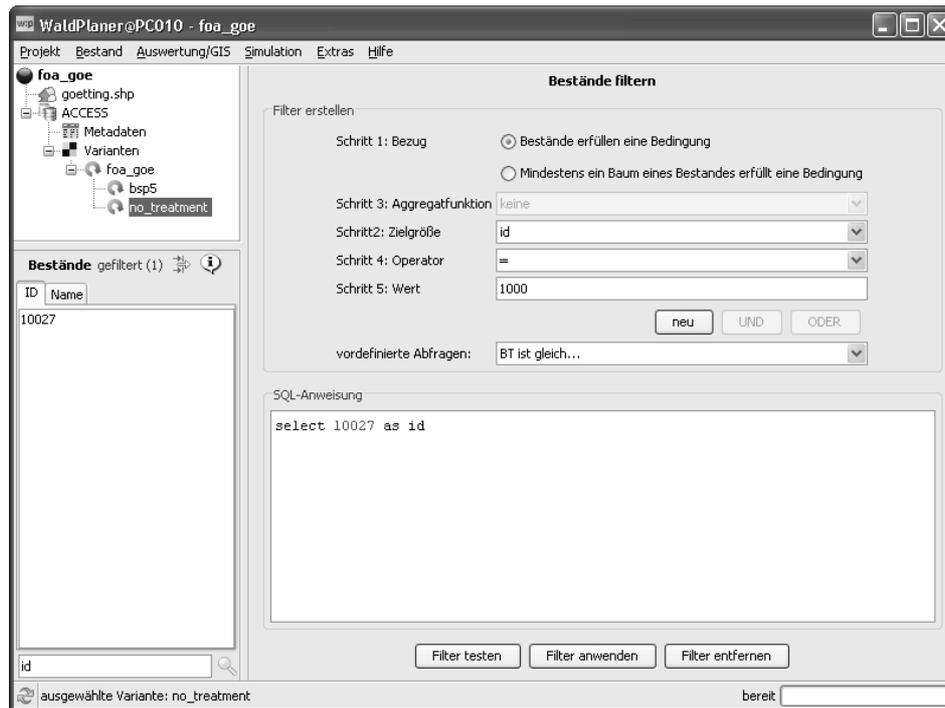


Abbildung 28: Filter-Eingabemaske

Simulation

Eine wesentliche Stärke des Programms liegt in der Möglichkeit verschiedene waldbauliche Szenarien weitestgehend automatisiert zu simulieren. Jede Variante kann erneut als Ausgangspunkt einer neuen Simulation dienen. So können komplexe Entwicklungspfade aufgebaut werden und die Auswirkungen verschiedener waldbaulicher Maßnahmen analysiert werden.

Simulationen werden über verschiedene Parameter gesteuert. In Abbildung 29 ist die Eingabemaske zum Definieren der waldbaulichen Rahmenbedingungen dargestellt. Im oberen Bereich der Eingabe sind drei sog. Checkboxes angeordnet. In diesen kann man ein Häkchen durch Anklicken setzen, wenn die zugeordnete Funktion aktiviert werden soll.

Um die Simulation von Maßnahmen (Pflanzungen, Durchforstungen und Endnutzungen) zu aktivieren, muss in der Checkbox *Eingriffe simulieren* ein Häkchen gesetzt werden. Soll modellhaft Einwuchs (Bäume, die einen BHD von 7cm erreichen) abgebildet werden, aktivieren Sie die Checkbox *Einwuchs simulieren*. Sollen im Rahmen der Simulation von Eingriffen Minderheiten geschützt werden, so kann dieses Maßnahmenelement über die dritte Checkbox *Minderheiten schützen* eingeschaltet werden. Minderheiten sind seltene Baumarten eines Bestandes. Der

Schutz von Minderheiten kann z. B. sinnvoll sein, um für die Begründung einer neuen Bestandesgeneration mit mehreren Baumarten genügend Samenbäume für eine natürliche Verjüngung zu erhalten oder den Artenreichtum zu sichern.

Neben den Checkboxes sind drei Dropdownelemente angeordnet. Diese zeigen nach Anklicken eine Liste an, in welcher ein entsprechender Eintrag ausgewählt werden kann. Bei der Auswahl des Endnutzungstyps stehen folgende Einträge zur Verfügung:

- Zielstärke
- Schirmschlag
- Kahlschlag

Ähnlich der Auswahl des Endnutzungstyps erfolgt die Auswahl des Pflęgetyps. In der Dropdownbox kann zwischen den Einträgen *Einzelstammweise*, *vom starken Ende* und *vom schwachen Ende* gewählt werden.

Als letzte Option in dem ersten Block können Sie die Habitatbaumanzahl definieren. Diese Zahl gibt an, wie viel Bäume je Hektar und Bestand geschützt werden sollen. Geschützt bedeutet in diesem Fall, dass die Bäume nicht modellhaft entnommen werden dürfen. Es werden vorzugsweise starke (alte) Bäume als Habitatbäume vom System ausgewählt.

Unter diesem ersten Parameterblock folgen zwei Tabellen, in welchen baumarten(-gruppen) spezifische Einstellungen vorgenommen werden können. In der ersten Tabelle werden für die Baumartengruppen Eiche, Buche, Laubholz mit hoher Umtriebszeit (Alh), Laubholz mit niedriger Umtriebszeit (Aln), Fichte, Douglasie, Kiefer und Lärche die Zielstärke und die Starthöhe für Durchforstungen festgelegt.

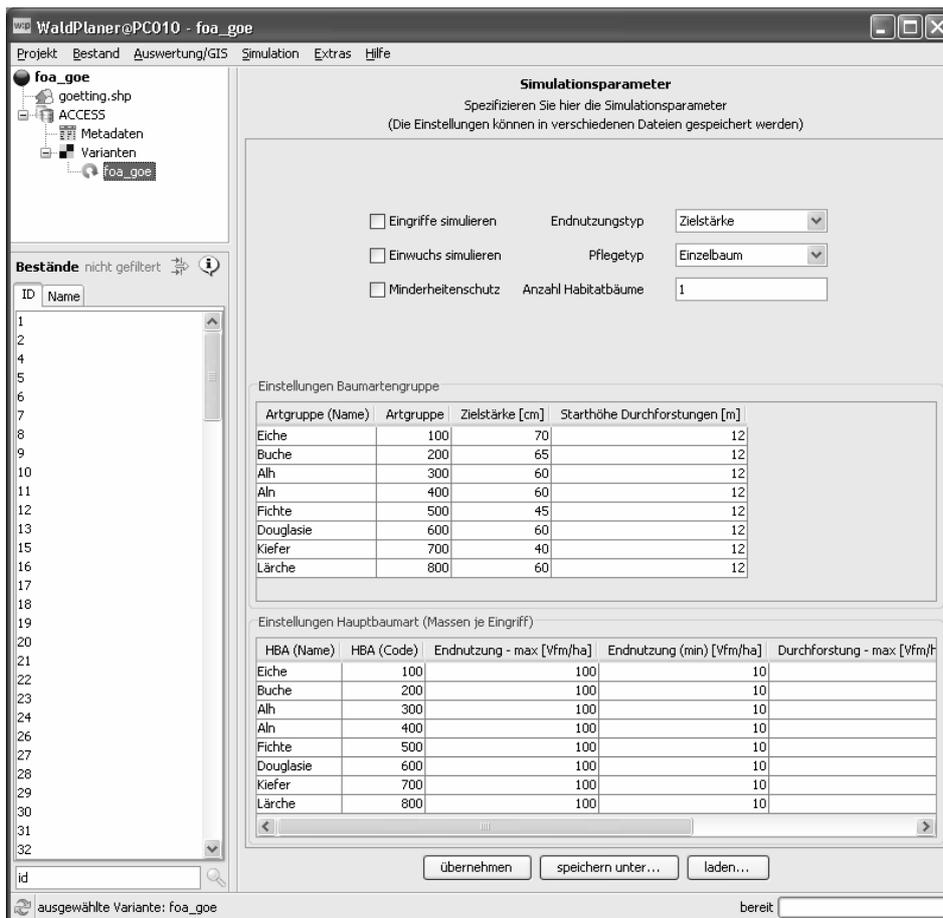


Abbildung 29: waldbauliche Simulations-Parameter

Die Zielstärke wird in Zentimetern und die Durchforstungsstarthöhe in Metern angegeben. Um einen Wert in der Tabelle zu ändern, klicken Sie doppelt in die gewünschte Zelle. In dieser erscheint nun ein Eingabecursor und Sie können wie in einem Textfeld Eingaben tätigen. Als Dezimaltrennzeichen ist immer ein Punkt zu verwenden. Ist eine Eingabe ungültig, erscheint ein roter Rahmen um die Gitterzelle. Haben Sie die Eingabe beendet, drücken Sie , um den neuen Wert zu übernehmen.

Die zweite Tabelle bezieht sich auf die Hauptbaumart der jeweiligen Bestände. Diese sind ebenfalls in den o. g. Gruppen zusammengefasst. In dieser Tabelle wird die Eingriffsstärke eingegrenzt. Es können jeweils für die End- und Vornutzung die minimal und maximal zulässigen Nutzungsmassen vorgegeben werden. Kann im Rahmen eines virtuellen Eingriffs die minimale Nutzungsmasse nicht erreicht

werden, findet kein Eingriff statt. Könnte mehr als maximal vorgegeben entnommen werden, wird der Eingriff auf die maximale Nutzungsmasse beschränkt. Bei der Durchforstung kann zusätzlich die Durchforstungsintensität vorgegeben werden. Dieser Parameter sollte Werte um 1 bekommen. Je größer der Wert, umso höher wird die Durchforstungsintensität (vgl. Kap. 12.2.11 Bestandesbehandlung).

Achten Sie darauf, dass alle Angaben sich auf die später festzulegende Simulationsdauer beziehen.

Möchten Sie in einem Schritt 10 Jahre simulieren, muss z. B. die maximale Eingriffsmenge höher angesetzt werden, als wenn Sie nur 5 Jahre simulieren möchten. Es wird je Simulationsschritt/Variante jeweils nur einmal virtuell in die Bestände eingegriffen. Deshalb wird empfohlen, die Simulationsdauer zwischen 5 bis 10 Jahren einzustellen und ggf. mehrere Simulationsschritte hintereinander zu simulieren.

Haben Sie alle gewünschten Parameter eingegeben, können Sie diese speichern und/oder Sie klicken auf den Button [übernehmen], um die Konfiguration in den Arbeitsspeicher zu laden. Auf diese kann dann beim Starten einer Simulation direkt zugegriffen werden. Weiterhin können bereits gespeicherte Parameterkonfigurationen eingelesen werden. Klicken Sie hierzu auf den Button und wählen Sie in dem Dateiauswahldialog die gewünschte Datei aus. Die Parameter werden in einer XML-Datei abgelegt. Standardmäßig sollten alle Behandlungsparameterdateien in dem Unterordner /ModelData/treatment gespeichert werden.

Einzelne Simulation starten

Um einen Simulationslauf zu starten, müssen Sie zunächst festlegen, von welcher Variante ausgehend simuliert werden soll. Da immer die aktuelle Variante fortgeschrieben wird, markieren Sie zunächst im Projektbaum die Variante, auf welche die Simulation aufgesetzt werden soll. In einem zweiten Schritt wird festgelegt, aus welcher Quelle die Steuerparameter eingelesen werden sollen. Hier sind drei Möglichkeiten gegeben. Sie können die aktuellen Parameter verwenden. Die aktuellen Parameter werden wie im voranstehenden Kapitel beschrieben definiert. Möchten Sie die aktuellen im Arbeitsspeicher befindlichen Parameter verwenden, aktivieren Sie die Option *Aktuelle Parameter*.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen gespeicherten Steuerparametersatz zu verwenden. Aktivieren Sie hierzu die Option *gespeicherte Parameter* und geben Sie den Pfad der gewünschten Parameterdatei in dem dazugehörigen Textfeld an. Zur Spezifikation des Pfades können Sie alternativ auf den Button [...] klicken. Es öffnet sich ein Dateiauswahldialog. Nach Auswahl der Parameterdatei und bestätigen, wird der Pfad in das Textfeld automatisch eingetragen. Sollen für verschiedene Bestände grundlegend unterschiedliche Szenarien gerechnet werden, besteht die Möglichkeit jedem einzelnen Bestand ein eigenes Behandlungsszenario zuzuweisen. Hierzu müssen zwei Voraussetzungen geschaffen werden. Es muss in der Datenbank eine Tabelle mit dem Namen *treatmentgroups* mit den drei Feldern *treat-*

treatment_group, *treatment_file* und *name* angelegt werden. Das Feld *treatment_group* muss vom Typ Integer sein und definiert eindeutig ein Szenario. Dieser Nummer wird eine Pfad zu einer Parameterdatei (*treatment_file*, *Tex/Chart*) und ein Name (*name* *Text/Char*) zugeordnet. Des Weiteren muss in der Tabelle *metadata* die bereits vorhandenen Spalte *treatment_group* eine korrespondierende Nummer für jeden Bestand eingetragen werden. Dies kann z. B. über SQL-Update-Anweisungen erfolgen oder manuell in der Metadatenansicht (klicken Sie im Projektbaum auf den Ast *Metadaten*, es wird im Arbeitsbereich die Metadatatabelle angezeigt) vorgenommen werden. Um die einzelbestandesweise Parameterdateizuordnung zu verwenden, aktivieren Sie die Option *Parameter durch Metadaten zuweisen*.

Haben Sie sich für eine Parameterzuweisungsstrategie entschieden, muss der Name der neuen (der zu simulierenden) Variante festgelegt werden. Geben Sie hierzu einen noch nicht vorhandenen Variantennamen ohne Leer- oder Sonderzeichen in das entsprechende Textfeld ein. Ist ein Name ungültig, wird er rot eingefärbt.

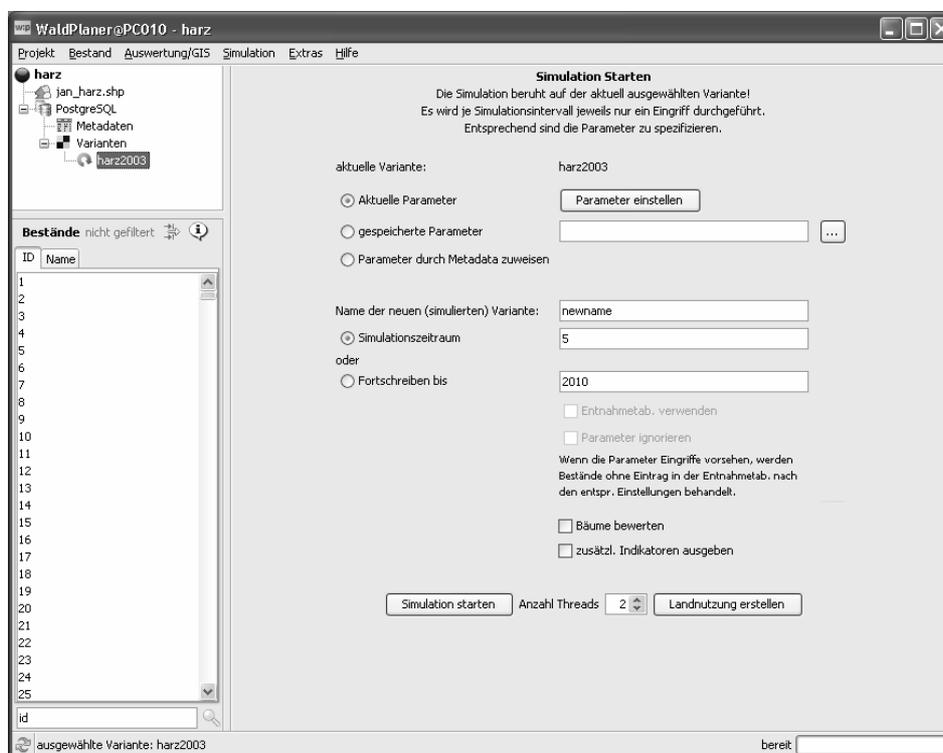


Abbildung 30: Eingabemaske Simulation starten

Nun muss die Simulationsdauer festgelegt werden. Hierzu stehen zwei unterschiedliche Optionen zur Auswahl. Sie können die absolute Simulationsdauer in Beiträgen der NW-FVA, Band xyz, 2010

Jahren festlegen (*Simulationszeitraum*). Aktivieren Sie die Option und geben Sie in dem rechts angeordneten Textfeld die gewünschte Anzahl zu simulierender Jahre an. Alle Bestände werden genau um die angegebenen Jahre fortgeschrieben.

Die zweite Option (*Fortschreiben bis*) sieht vor, ein Jahr zu spezifizieren, bis zu welchem alle Bestände fortgeschrieben werden. Dies ist z. B. dann sinnvoll, wenn die Rohdaten aus verschiedenen Aufnahmejahren stammen und eine Variante bis zu einem einheitlichen Zieljahr simuliert werden soll. Wird diese Option verwendet, wird jeder einzelne Bestand soviel Jahre fortgeschrieben, bis er das angegebene Jahr erreicht. Das Zieljahr wird in dem dazugehörigen Textfeld angegeben.

Haben Sie die Option *Fortschreiben bis* aktiviert. Können Sie zusätzlich zwei Optionen aktivieren:

- Entnahmetab. verwenden
- Parameter ignorieren

Aktivieren Sie die Checkbox *Entnahmetab. verwenden*, verwendet das Simulationssystem die Tabelle *fix_out*. In dieser wird angegeben, in welchem Bestand, welcher Eingriff in welcher Stärke vorgenommen wurde. Zusätzlich werden die Baumarten und das Jahr des Eingriffs definiert. So können z. B. bekannte Eingriffe simulativ umgesetzt werden. Die zweite Option *Parameter ignorieren* gibt an, wie mit solchen Beständen verfahren wird, für die keine Eingriffsangaben vorliegen. Ist die Option *Parameter ignorieren* aktiviert, werden für Bestände ohne Eintrag in der *fix_out*-Tabelle nur das Wachstum und die Mortalität simuliert. Ist diese Option deaktiviert, werden die Bestände ohne Eintrag nach dem definierten Eingriffsparametern (aktuell oder aus einer XML-Datei) behandelt.

Über die letzten zwei Optionen *Bäume bewerten* und *zusätzl. Indikatoren ausgeben* kann gesteuert werden, ob der Standardausgabe noch zusätzliche Parameter hinzugefügt werden.

Ist die Option *Bäume bewerten* aktiv, wird für jeden einzelnen Baum ein monetärer Gegenwert ermittelt (vgl. DUDA 2006) und in die Einzelbaumtabelle gespeichert.

Die Option *zus. Indikatoren ausgeben* bewirkt, dass eine Tabelle mit verschiedenen Indikatoren auf Bestandesebene angelegt wird und die entsprechenden Werte darin gespeichert werden.

Nach Anklicken des Buttons [Simulation starten] beginnt das System, jeden einzelnen Bestand entsprechend der getätigten Vorgaben zu simulieren. Der Simulationsfortschritt wird in einem gesonderten Fenster angezeigt. Das System ist so voreingestellt, dass die gesamte zur Verfügung stehende Rechenkapazität des Rechners ausgenutzt wird. Möchten Sie parallel zur laufenden Simulation weitere rechenintensive Anwendungen betreiben, können Sie hierfür Ressourcen freihalten, indem Sie vor dem Starten der Simulation die Anzahl der Simulationsthreads reduzieren. In dem Feld *Anzahl Threads* wird standardmäßig die Anzahl der verfügbaren

baren Prozessoren bzw. Prozessorkerne eingetragen. Möchten Sie z. B. einen Kern für eine andere Anwendung reservieren und Ihr Rechner besitzt vier Kerne, reduzieren Sie den Eintrag von 4 auf 3.

Batch-Simulation konfigurieren und starten

Möchten Sie mehrere Simulationen hintereinander ausführen lassen, besteht die Möglichkeit, eine sog. Batch-Simulation zu spezifizieren. Die Batch-Simulation hat den wesentlichen Vorteil, dass mehrere Simulationsschritte definiert werden können und nach dem einmaligen Starten die Simulation autark (z. B. über Nacht) abläuft. Es können so komplexe Simulationsbäume erstellt werden. Soll beispielsweise eine Status-Quo in 5-Jahres-Schritten insgesamt 30 Jahre bei Unterstellung zwei verschiedener Behandlungsszenarien fortgeschrieben werden, bietet die Batch-Simulation die Möglichkeit, das gesamte Simulationskonzept zu definieren und automatisiert ablaufen zu lassen. Bei Verwendung der einfachen Simulation, welche jeweils manuell gestartet werden muss, müsste bei diesem Beispiel zwölf Varianten ($30/5 \cdot 2$) manuell gestartet werden, wobei das Ende der einzelnen Simulationen jeweils abgewartet werden müsste.

Die Definition der einzelnen Simulationsschritte erfolgt ähnlich der Definition einer einfachen Simulation. Insgesamt stehen jedoch weniger Einstellungsmöglichkeiten zur Verfügung (Abbildung 31).

Ein wesentlicher Unterschied besteht in der Definition der Basisvariante bzw. der Variante, welche nach definierten Vorgaben simuliert werden soll. Diese wird bei der Batch-Simulation nicht über die aktuelle Variante bestimmt. In der Dropdownbox *Basisvariante* sind alle bereits eingelesenen, simulierten oder im Rahmen der Batch-Simulation definierten Varianten aufgelistet und können ausgewählt werden. Nach der Auswahl der Basisvariante wird der Simulationszeitraum festgelegt. Bei der Batch-Simulation kann im Gegensatz zur einfachen Simulation nur ein Simulationsintervall festgelegt werden. Die Möglichkeit, die Bestände bis zu einem definierten Zieljahr fortzuschreiben, besteht nicht. Die Parameter, welche einer Variante zugrunde liegen, können nur über gespeicherte XML-Dateien definiert werden, da nur so verschiedene Parametersätze verwendet werden können. Nachdem ein gültiger Name für die neue Variante eingegeben wurde und optional *Bäume bewerten* und/oder *zus. Indikatoren* (speichern) aktiviert wurden, kann durch einen Klick auf den Button [$>$] die Variante der Batch-Simulation hinzugefügt werden. In der Liste *geplante Simulation* werden alle einzelnen Simulationsschritte aufgelistet. In dieser Liste können einzelne Einträge markiert und durch einen Klick auf den Button [\times] wieder gelöscht werden.

Abhängigkeiten werden dabei nicht berücksichtigt. Wird eine geplante Variante gelöscht, welche gleichzeitig als Basisvariante für eine weitere

geplante Simulation dient, wird die Simulation nicht oder nicht vollständig durchgeführt!¹²

Wie bei der Spezifikation einer einzelnen Simulation, kann auch für die Batch-Simulation die Ressourcenaufteilung abgeändert werden (Anzahl Threads). Durch Anklicken des Buttons [Simulation starten] wird die Simulation aller definierten Einzelschritte gestartet. In dem Textfeld *Simulationsverlauf* werden Meldungen zum Status der einzelnen Simulationsschritte ausgegeben (Laufzeit, eventuelle Fehler, Status).

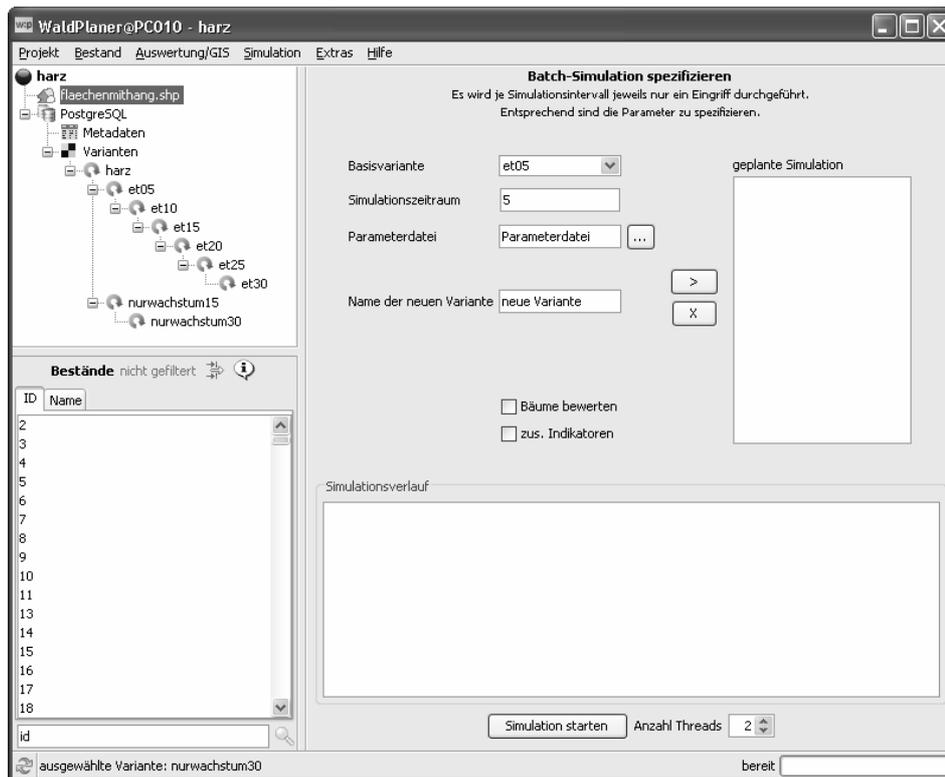


Abbildung 31: Eingabemaske zur Definition einer Batch-Simulation

Nach der Simulation waldbaulicher Szenarien können darauf aufbauend ein oder mehrere Aushaltungs- und/oder Totholz-Szenarien simuliert werden. Diese sind als eigenständige Simulationsmöglichkeit vorgesehen, um eine noch größere Flexibilität hinsichtlich der Simulationsmöglichkeiten zu erreichen. So ist es z. B. mög-

¹² Im Textfeld *Simulationsverlauf* erscheint mindestens einmal folgende Fehlermeldung: *Variante NICHT simuliert (Ausgangsvariante existiert nicht)*...

lich, dass auf Basis eines waldbaulichen Szenarios verschiedene Aushaltungsvarianten abgebildet werden.

Aushaltungsszenarien definieren und simulieren

Vorbereitend zur Simulation von Aushaltungsszenarien, müssen die einzelnen Sortimente, welche verwendet werden sollen, definiert werden. Hierzu muss ein hierarchisches Sortierungssystem aufgestellt werden. Es wird für jedes Sortiment eine Priorität angegeben, mit welcher die Sortimente an einem Stamm ausgehalten werden.

Der Eintrag für ein Sortiment in der XML-Datei muss folgendermaßen aufgebaut sein:

```
<assortment>
  <Name>Sortimentsname</Name>
  <Artvon>Niedersachencode der unteren Artgrenze</Artvon>
  <Artbis>Niedersachencode der oberen Artgrenze</Artbis>
  <mind>Minimummittendurchmesser [cm]</mind>
  <maxd>Maximummittendurchmesser [cm]</maxd>
  <minz>Minimumzopf [cm]</minz>
  <maxz>
    Maximumzopf [cm], eine sehr große Zahl wenn keine Restriktion vorliegt
  </maxz>
  <minl>Minimallänge des Sortiments [m]</minl>
  <maxl>Maximallänge des Sortiments [m]</maxl>
  <zugp>Zugabeprozent [%]</zugp>
  <zuga>Absolute Zugabe in [cm]</zuga>
  <Preis>Preis/m2 [€]</Preis>
  <Priorität>
    Priorität im Vergleich Zu anderen Sortimenten [Ganzzahl]
  </Priorität>
  <einmalverwenden>
    Soll das Sortiment nur einmal je Stamm ausgehalten werden (wenn ja 1, sonst 0)
  </einmalverwenden>
  <verbleibt>
    verbleibt das Sortiment im Bestand (Totholz, wenn ja=1, sonst 0)
  </verbleibt>
  <natschutz>
    Ist das Sortiment naturschutzfachlich relevant (wenn ja=1, sonst 0)
  </natschutz>
  <biska>
    Sortiment nur bis zum Kronenansatz aushalten (wenn ja=1, sonst 0)
  </biska>
</assortment>
```

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

Die Definition eines Sortiments beginnt immer mit dem Tag `<assortment>` und wird mit `</assortment>` beendet. Der erste Eintrag spezifiziert den Namen des Sortiments. Über die Einträge *Art von* und *Art bis* wird eine Art oder Artspanne angegeben, auf welche das Sortiment angewendet werden soll. Ist das Sortiment nur für eine Art vorgesehen, so wird in *Art von* und *Art bis* der gleiche Baumartencode (im Niedersachsensystem, vgl. Anhang) eingetragen. Soll eine Artspanne vorgegeben werden, so muss unter *Art von* der kleinere Baumartencode und unter *Art bis* der größere Baumartencode eingetragen werden. Möchten Sie das Sortiment z. B. auf alle Eichen anwenden, geben Sie bei *Art von* 100 und bei *Art bis* 199 an. Die folgenden sechs Einträge steuern die Dimensionierung der Sortimente. Es können der Mittendurchmesser, der Zopf und die Länge des Sortiments angegeben werden. Auch hier gilt, dass eine Spanne oder ein Fixwert spezifiziert werden kann. Soll z. B. ein 3-Meter Abschnitt ausgehalten werden, müssen Sie bei *minl* und *maxl* eine 3 eintragen. Um eine praxisübliche Längenzugabe abzubilden kann diese entweder absolut oder prozentual vorgegeben werden (*zugp*, *zugd*). Im Tag `<Preis>` kann der Wert des Sortiments bezogen auf einen Kubikmeter angegeben werden. Die Priorität ist eine Angabe, welche steuert, welches Sortiment das System vorzugsweise versuchen soll, an einem Stamm auszuhalten. Zusammen mit dem Tag `<einmalverwenden>` ist es so möglich beispielsweise x-Holz-Abschnitte modellhaft umzusetzen. Das x-Holz-Sortiment muss die höchste Priorität erhalten, darf jedoch nur einmal ausgehalten werden. Bis auf die Länge (z. B. 1,5 m) unterliegt das Sortiment keinen Dimensionsrestriktionen. Das Sortierungssystem „schneidet“ so immer jeweils einmal pro Stamm am unteren Ende eine x-Holzrolle ab. Wird `<einmalverwenden>` auf 0 gesetzt, kann dasselbe Sortiment mehrmals an einem Stamm ausgehalten werden. Dabei prüft das System, ob das aktuelle Sortiment noch alle Restriktionen erfüllt. Erst wenn ein Sortiment nicht mehr an einem Stamm ausgehalten werden kann oder es nur einmal ausgehalten werden soll, versucht das System das Sortiment mit der nächst geringeren Priorität auszuhalten. Wichtig für die Abbildung von Totholzszenerarien (vgl. Totholzentwicklung simulieren) sind die beiden Einträge `<verbleibt>` und `<natschutz>`. Wird bei `<verbleibt>` eine 1 eingetragen, geht das System davon aus, dass das Sortiment im Wald verbleibt und so dem Totholzpools zuzurechnen ist. Über den Tag `<natschutz>` kann angegeben werden, ob das Sortiment von besonderem naturschutzfachlichem Interesse ist (z. B. eine Minstdimension erreicht). Der letzte Tag `<biska>` zwingt das Aushaltungssystem am Kronenansatz die Aushaltung abzubrechen (*biska*=1). Die Sortierungsangaben können in jedem beliebigen Texteditor erstellt und abgespeichert werden.

Nach der Definition der einzelnen Sortimente kann auf Basis der erstellten XML-Datei ein Aushaltungsszenario modellhaft umgesetzt werden. Wählen Sie hierzu im Menü *Simulation* den Eintrag *Sortieren*. In der Eingabemaske muss zuerst eine XML-Datei angegeben werden, welche die zu verwendenden Sortimente beinhaltet. Klicken Sie auf den Button [...], um eine Dateiauswahldialog anzuzeigen. Alternativ können Sie den Pfad auch direkt in das Textfeld *Sortimente* eingeben oder

aus der Zwischenablage hineinkopieren. Im Auswahlfeld *Baumstratum* können Sie aus folgenden Optionen wählen:

- Nur Totholz (es werden nur Bäume mit outtype=1 berücksichtigt)
- Alle Bäume (alle Bäume eines Bestands (abgestorbene, entnommene und lebende) werden berücksichtigt)
- Nur lebende Bäume (nur die lebenden Bäume werden sortiert)
- Entnommene Bäume ab Jahr x (nur entnommene Bäume werden sortiert)

Haben Sie die Option *Entnommene Bäume ab Jahr x* gewählt, müssen Sie noch das Jahr vorgeben, ab welchem die Entnahmen berücksichtigt werden sollen. Tragen Sie dies in das Textfeld *Jahr der (ersten) Entnahme* ein.

Mit der Option *mit Rinde berechnen* können Sie vorgeben, ob bei der Volumenbestimmung ein Rindenabzug erfolgen soll oder nicht. Dieser wird vom Sortierungssystem baumartenspezifisch durchgeführt. Mit der Option *abrunden* können Sie ein praxisübliches Abrunden des Mittendurchmessers auf ganze Zentimeter bei der Volumenbestimmung aktivieren.

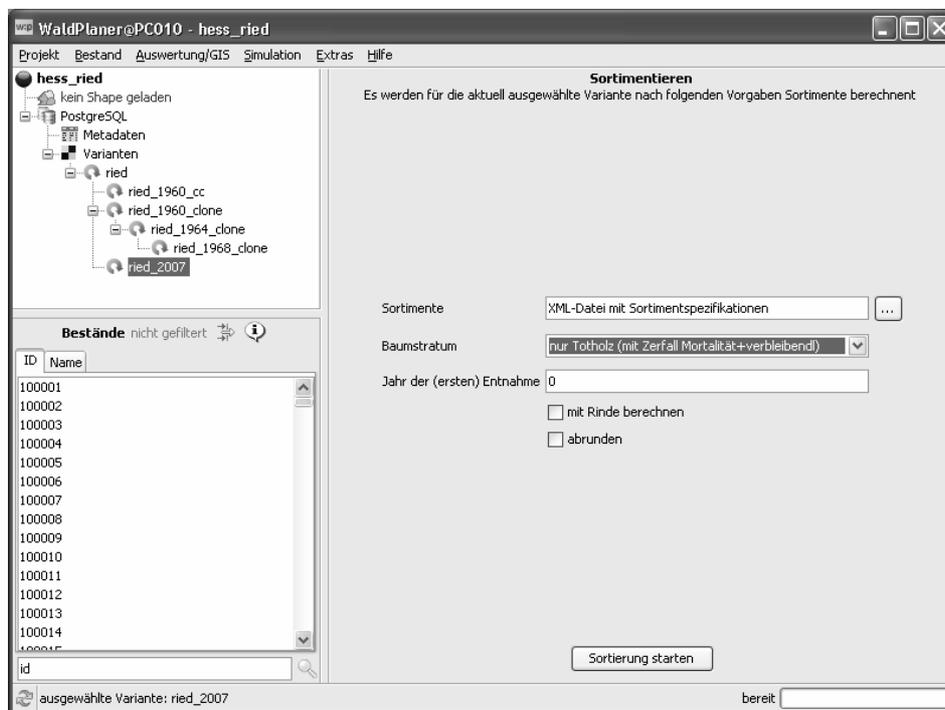


Abbildung 32: Dialog zum Starten einer Ausbaltungssimulation

Drücken Sie den Button [Sortierung starten], um die Berechnung der Sortimente einzuleiten. Im Rahmen der Einzelbestandesauswertung werden auf der Reiterkarte *Sortimente* alle gebildeten Sortimente bzw. Stammabschnitte in einer Tabelle für den jew. Bestand aufgelistet. Die einzelnen Zeilen der Tabelle können ausgewählt werden. Wird ein Stammabschnitt in der Tabelle ausgewählt, so wird dessen Position am Stamm im unteren Bereich der Reiterkarte visualisiert.

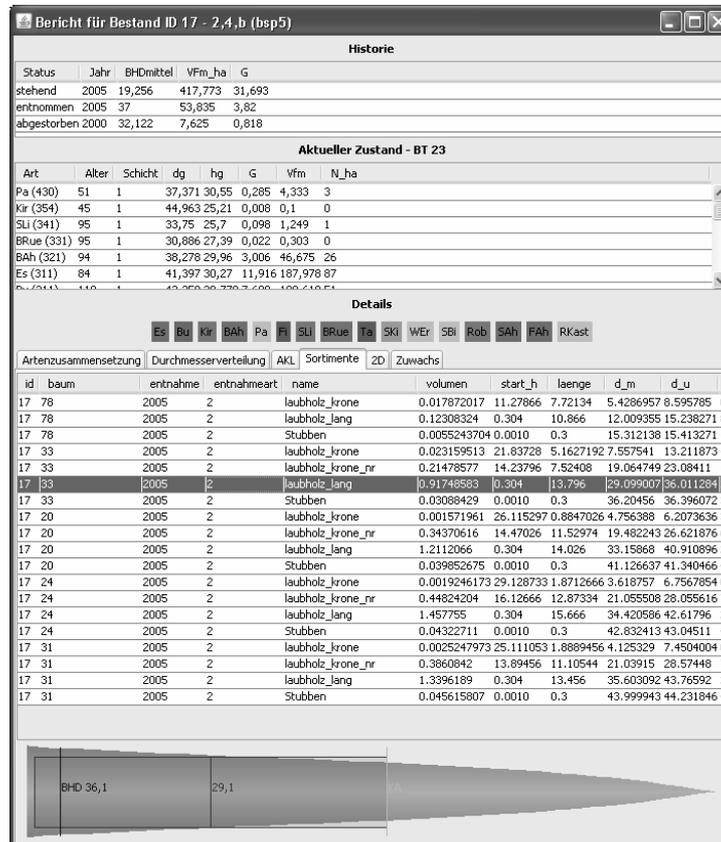


Abbildung 33: Auswertung der Sortimentierung im Einzelbestandsbericht

Weiterführende Auswertungen nehmen Sie am besten per SQL vor. Alle relevanten Daten zu den Sortimenten werden in einer Tabelle mit dem Präfix *log_* gespeichert. Die *log_*-Tabellen weisen den in Tabelle 19 dargestellten Aufbau auf. Anhand dieser Tabellen können die Aushaltungsszenarien weiter ausgewertet werden. So können z. B. die Gesamtmassen der einzelnen Sortimente abgefragt werden. Der entsprechende SQL-Befehl muss hierzu wie folgt eingegeben werden (*variante* ist mit dem Namen der sortierten Variante zu ersetzen):

```
SELECT SUM(volumen/size/100) * (metadata.size_ha1000/1000))
AS m³, log_variante.name, entnahme as Jahr FROM metadata
```

```
INNER JOIN (log_variante INNER JOIN st_variante ON
log_variante.id = st_variante.id) ON metadata.id =
log_variante.id GROUP BY log_variante.name, entnahme
```

Tabelle 19: Spalten der Sortimentstabelle (log_)

Spalte	Beschreibung
id	Bestandes-ID
baum	Baumbezeichnung
entnahme	Jahr der (virtuellen) Entnahme
entnahmeart	Art der Entnahme (0=Mortalität, 2=Durchforstung, 3=Ernte)
name	Name des Sortiments
volumen	Volumen des Abschnitts in m ³
start_h	Die Höhe, in der das Sortiment am Baum beginnt [m]
laenge	Die Länge des Sortiments [m]
d_m	Der Mittendurchmesser des Abschnitts [cm]
d_u	Der stärkere (untere) Durchmesser des Sortiments [cm]
d_o	Der schwächere (obere) Durchmesser des Sortiments [cm]
erloes	Der Erlös des Sortiments [€]
verbleibt	Zeigt an, ob der Abschnitt im Wald verbleibt (1=ja, 0=nein)
natschutz	Zeigt an, ob das Sortiment als naturschutzfachlich besonders wertvoll eingestuft wird (1=ja, 0=nein)
treefac	Der Gewichtungsfaktor (übernommen vom Einzelbaumgewichtungsfaktor, des Baums, aus welchem der Abschnitt stammt)

Totholzentwicklung simulieren

In Wirtschaftswäldern wird der TotholzpooL hauptsächlich durch Restholz anreichert. Neben dem Totholz aus natürlicher Mortalität, stellt das Waldrestholz so eine wichtige Totholzquelle dar. Die Qualität (Dimensionen, Art) und die Mengen des im Wald verbleibenden Holzes hängt stark von der Aushaltung und der Baumverwertung ab. Im Rahmen der Vollbaumnutzung verbleibt beispielsweise so gut wie kein Restholz im Wald. Daher ist die Totholzsimulation im WaldPlaner immer an ein Aushaltungsszenario gekoppelt. Um die Totholzdynamik für eine Variante abzuschätzen, gehen Sie wie folgt vor.

- Definieren Sie ein Aushaltungsschema (s. o.)
- Wählen Sie im Projektbaum eine Variante für die das Aushaltungsszenario gerechnet werden soll
- Wählen Sie im Hauptmenü *Extras* den Menüpunkt *Module*

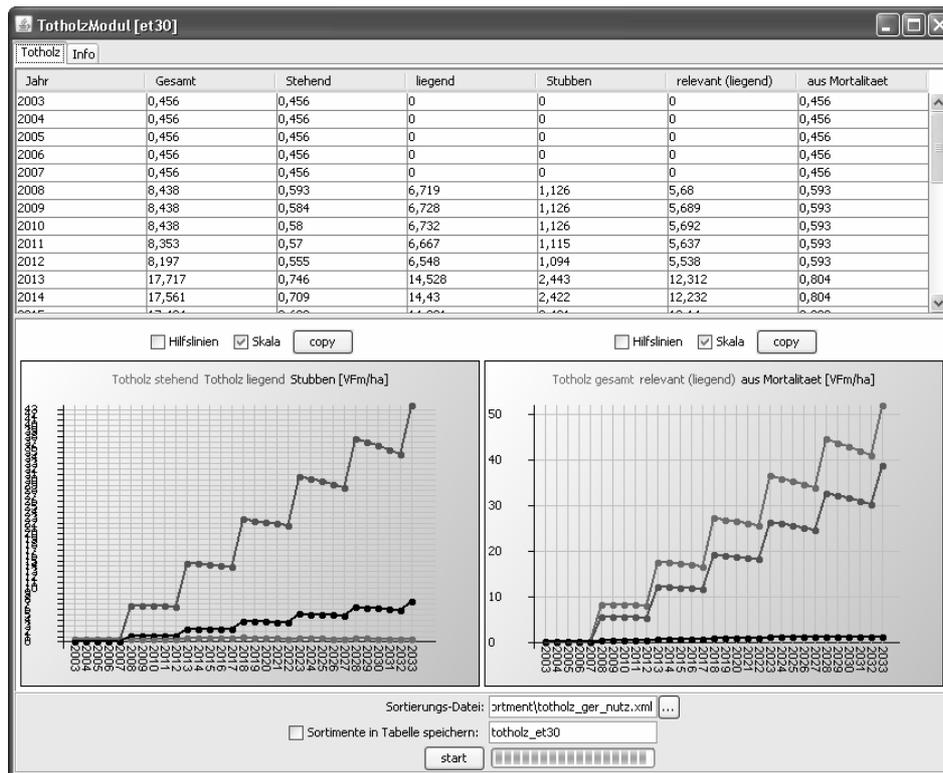


Abbildung 34: Fenster des Totholzmoduls.

Im Arbeitsbereich des Hauptfensters werden alle verfügbaren Module angezeigt. Klicken Sie das *TotholzModul* an. Daraufhin erscheint ein neues Fenster (Abbildung 34). In diesem müssen Sie zunächst eine Sortierungsdatei (XML) auswählen, welche Sie zuvor erstellt haben. Optional können die Ergebnisse der Aushaltung in eine log_-Tabelle gespeichert werden. Möchten Sie die Sortimente speichern, aktivieren Sie die Option *Sortimente in Tabelle speichern* und vergeben Sie in dem Textfeld einen Namen für die Tabelle. Drücken Sie abschließend den Button [start]. Es wird die Aushaltung und die Simulation der Totholzzersetzung gestartet. Je nach Anzahl einzelner Bestände in der ausgewählten Variante, kann dies mehrere Minuten dauern. Der Fortschritt der Berechnung wird in der Fortschrittsanzeige hinter dem [start]-Button angezeigt. Nach Beendigung der Simulation wird im oberen Bereich des Totholzmodul-Fensters eine Tabelle mit Angaben zum Totholz angezeigt. Je nachdem wie weit die gespeicherten Daten zu den ausgeschiedenen Bäumen zurückreichen, wird die Totholzentwicklung ab dem frühesten Ausscheidezeitpunkt jahresweise aufgetragen. In der Tabelle sind neben der Gesamttotholzmenge auch die jeweilige Masse in den Gruppen *Stehend*, *liegend*, *Stuppen*, *relevant* und *aus Mortalität* aufgetragen. Als (naturschutzfachlich) relevant werden solche Stammabschnitte

eingestuft, dessen zugrunde liegendes Sortiment in der Aushaltungsdatei als für den Naturschutz besonders bedeutsam markiert wurde.

Unter der Tabelle wird die Totholzentwicklung grafisch dargestellt. In der linken Grafik ist die Dynamik des stehenden und des liegenden Totholzes sowie der Stubben in Vfm/ha aufgetragen. Die rechte Grafik beinhaltet die Entwicklung des gesamten Totholzes, sowie der Gruppen liegendes Totholz und Totholz aus natürlicher Mortalität.

Die Inhalte der Totholztabelle können ebenfalls markiert und kopiert werden (s. o.). Die Grafiken können jeweils durch Anklicken des Buttons [copy] in die Zwischenablage kopiert werden.

Neben der Auswertung aller Bestände einer Variante ist es ebenfalls möglich, lediglich für einen Bestand die Totholzdynamik zu simulieren. Hierzu wählen Sie zunächst die gewünschte Variante und den auszuwertenden Bestand. Wählen Sie anschließend im Hauptmenü *Simulation* den Menüpunkt *Totholz*. Es öffnet sich ein Fenster, welches dem Fenster des Moduls zum Auswerten aller Bestände stark ähnelt. Nun müssen Sie ebenfalls eine Sortierungsdatei auswählen. Anders als im Totholzmodul kann für den Einzelbestand die Auswertung auf eine bestimmte Art eingeschränkt werden. Markieren Sie hierzu die gewünschte Art im Auswahlfeld *Art*. Eine -1 bedeutet, dass alle im Totholzpool vorkommenden Arten ausgewertet werden.

Optimierung

Der WaldPlaner beinhaltet zwei Ergebnisgeneratoren, welche auf Basis metaheuristischer Optimierungsverfahren Handlungsalternativen ermitteln.

Das erste System dient der Ermittlung von Flächen (Hotspots), welche aus der regulären Nutzung genommen werden sollen und bestimmte Restriktionen erfüllen. So können beispielsweise Naturschutzflächen ermittelt werden, die die gewünschten Qualitätsanforderungen erfüllen und bei denen gleichzeitig der Ernteausfall (durch eine optimale Auswahl) gering ausfällt.

Um Flächenvorschläge ermitteln zu lassen, wählen Sie im Hauptmenü *Auswertung/GIS* den Menüeintrag *HotSpots*. Es wird das in Abbildung 35 dargestellte Fenster (Naturschutzkulisse) geöffnet. Im Einstellungsbereich *Gewichte* spezifizieren Sie bitte Ihre Zielausrichtung. Die Summe der einzelnen Teilgewichte muss immer 1 ergeben. In der dargestellten Gewichtung wird die Aggregation der Vermeidung monetärer Verluste gleichgestellt. Totholz und der Laubholzanteil werden vernachlässigt. Über die Gewichtung wird dem Optimierungssystem mitgeteilt, welche Ziele bei der Flächenauswahl bestmöglich erreicht werden sollen.

In dem Einstellungsbereich *Restriktionen*, werden Minimalanforderungen definiert, welche jeder einzelne, ausgewählte Bestand oder alle ausgewählten Bestände insgesamt erfüllen müssen. Vorgegeben werden können der BT-Rahmen (von/bis), das minimale Alter der Flächen, die Größe des Hotspots, die mindest

Totholzmenge je Bestand, in Kombination eine Mindesthangneigung und ein Flächenanteil, auf welchem diese Hangneigung vorliegt sowie der mittlere Laubholzanteil.

Abbildung 35: Fenster zum Definieren der gewünschten Hotspot-Eigenschaften

Im Einstellungsbereich *Varianten*, müssen Sie drei Varianten spezifizieren. Die Ausgangsvariante ist die Variante, auf welche sich die Flächenauswahl bezieht. Auf Basis dieser Variante werden die Artzusammensetzung und die Altersstruktur ermittelt. Um die wirtschaftlichen Erfolge ohne Nutzungseinschränkung zu beurteilen, muss eine Variante angegeben werden, welche, ausgehend von der Ausgangsvariante, eine bestimmte Zeitspanne unter Annahme definierten Nutzungsvorgaben simuliert wurde. Gleiches gilt für die Variante *Ermittlung der zu erwartenden Totholzmassen*. Diese Variante muss ebenfalls auf der Ausgangsvariante basieren und unter Annahme der Nutzungseinschränkungen, bzw. eines gänzlichen Nutzungsverzichts für die gleiche Zeitspanne simuliert werden.

Haben Sie alle Einstellungen vorgenommen, klicken Sie auf den Button [starten und löschen]. Das System erstellt nun eine neue Kulissee, welche den spezifizierten Hotspots beinhaltet. Möchten Sie noch weitere Hotspots mit den gleichen oder anderen Eigenschaften in die Kulissee aufnehmen, ändern Sie ggf. die Einstellungen und klicken Sie auf den Button [starten und hinzufügen]. Darf ein

Bestand nur in einem Hotspot vorkommen, müssen Sie die Option *Bestände nur einmal zuweisen* aktivieren. Haben Sie die gewünschte Flächengröße¹³ durch einen oder mehrere Hotspots erreicht, klicken Sie auf den Button [Kulisse filtern]. Das System setzt dann automatisch einen Filter, so dass nur die ausgewählten Bestände in der Bestandesliste enthalten sind. Diese können Sie dann bei Bedarf weiter auswerten oder kartografisch darstellen.

Das zweite Optimierungssystem ist als Modul realisiert. Es dient dazu unter der Vorgabe mehrerer nutzerspezifischer Behandlungsszenarien für einen 10-jährigen Turnus eine optimale Jahresplanung abzuleiten. Das System ermittelt Eingriffsmassen und –zeitpunkte. Der zu ermittelnde Eingriffsplan kann mit verschiedenen Restriktionen belegt werden.

Um eine Optimierung zu starten, müssen Sie zunächst im Hauptfenster im Projektbaum eine Variante auswählen, für die ein Eingriffsplan erstellt werden soll. Öffnen Sie die Modul Ansicht (*Extras* → *Module*) und klicken Sie das Modul *Jahresplanung* einmal an. Ähnlich wie bei der HotSpot-Optimierung müssen Sie zunächst entsprechend Ihrer Zielvorstellungen das Zielsystem parametrisieren (vgl. Abbildung 36). Hierzu müssen Sie für die vier Teilziele Monetärer Erfolg, konstante Nutzung, Pflegezustand, Aggregation der genutzten Flächen Gewichte vergeben, die in der Summe genau 1 ergeben müssen. Neben der Gewichtung können Sie die maximalen und minimalen, absoluten Eingriffsmassen jährlich und für den Gesamtzeitraum (10 Jahre) festlegen. Nach diesen Einstellungen können Sie eine oder mehrere Szenariodateien (Definition s. Kap. Aushaltungsszenarien definieren und simulieren) angeben, welche die möglichen Bestandesbehandlungen definieren. Klicken Sie auf den Button [Optimum suchen], um die Generierung eines optimalen Eingriffsplans zu starten. Möchten Sie zusätzlich zu der Ergebnistabelle die einzelbestandesweise Behandlung (Pfade) in einer Datenbanktabelle speichern, aktivieren Sie die Option *Pfade speichern*.

Der Name der Ergebnistabelle setzt sich, wie alle vom WaldPlaner erzeugten Tabellen, aus einem Präfix (*opt_*) und dem Namen der ausgewählten Variante zusammen. Die erzeugte Ergebnistabelle beinhaltet für jeden Bestand, in welchem innerhalb der 10 Jahre mindestens ein Eingriff vorgeschlagen wird, eine Zeile. Die Tabelle weist 7 Spalten auf. Die erste Spalte *id* stellt die Verknüpfung zu den Bestandesdaten her. Die Spalten *y1* und *y2* beinhalten, wenn 1 oder 2 Eingriffe vorgeschlagen werden, das Jahr, in dem der jeweilige Eingriff stattfinden soll. In den Spalten *totalout1* und *totalout2* sind die absoluten Erntemassen in VFm je Bestand gespeichert. Die letzte Spalte *earn*s zeigt den geschätzten erntekostenfreien Holzerlös auf dem jeweiligen Bestand innerhalb der simulierten 10 Jahre an.

¹³ Die Flächengröße der Kulisse bzw. Alle Hotspots wird im Bereich *Kulisse* über der Liste der ausgewählten Bestände angezeigt.

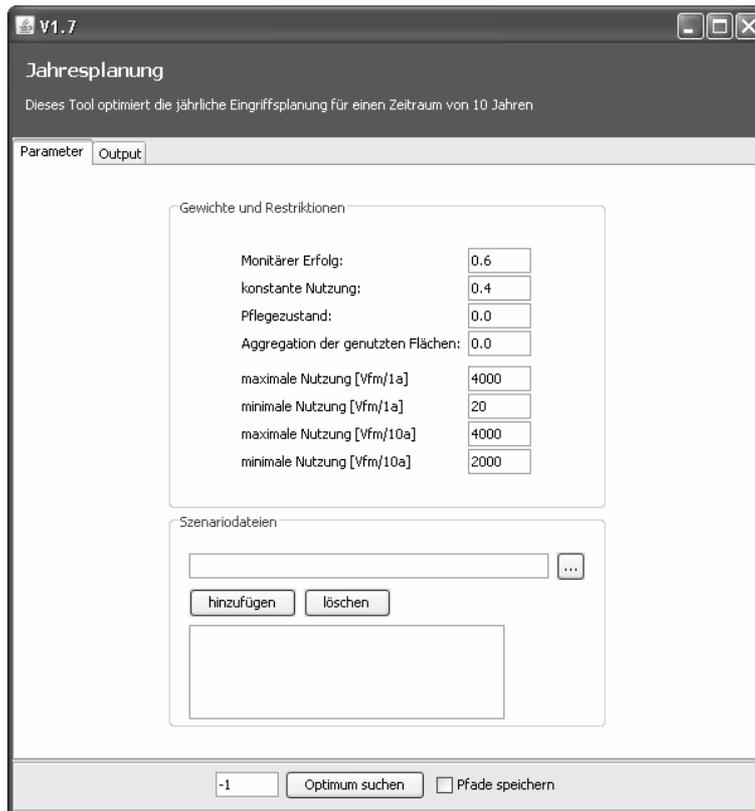


Abbildung 36: Fenster des Moduls Jahresplanung

Baumarteneinstellungen

Die wichtigsten Baumarteneinstellungen und Modellfunktionen werden baumartenweise in einer XML-Datei abgelegt. Um diese Einstellungen zu ändern, bietet der WaldPlaner ähnlich wie der ForestSimulator einen Editor (Abbildung 37). Der Editor wird über den Eintrag *Baumartenparameter* des Menüs *Extras* aufgerufen und im Arbeitsbereich angezeigt.

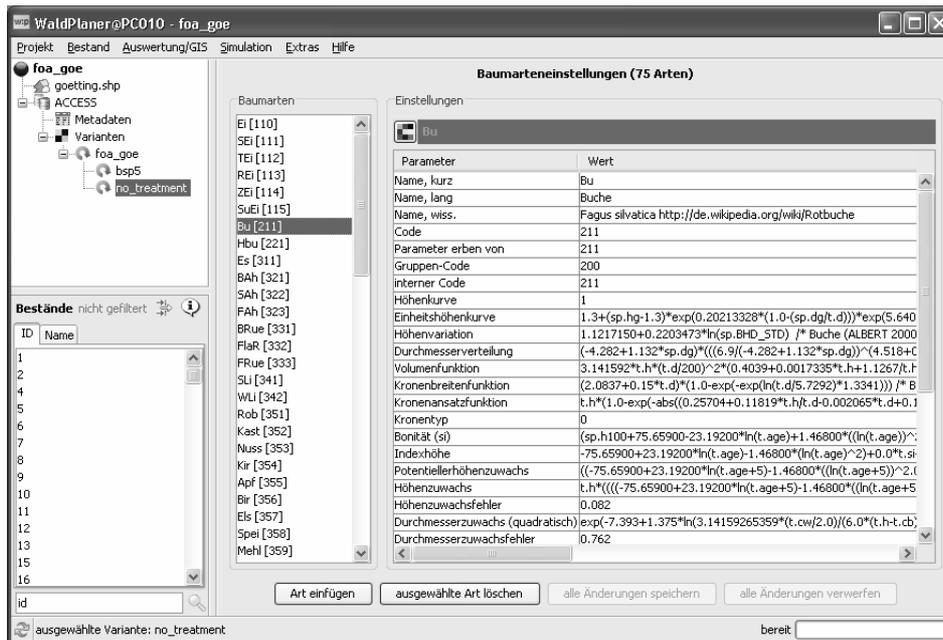


Abbildung 37: Baumarteneditor des WaldPlaners

Links im Baumarteneditor wird die Liste mit allen parametrisierten Baumarten angezeigt. Im Bereich *Einstellungen* können diverse Änderungen an den Parametern einer Baumart durchgeführt werden. Mit einem Farbauswahldialog kann die der Baumart zugeordnete Farbe geändert werden. In der Tabelle können die Werte der einzelnen Parameter editiert werden. Klicken Sie hierzu doppelt in eine Gitterzelle. Geben Sie den gewünschten Wert ein und drücken Sie anschließend die -Taste. Haben Sie alle Änderungen vorgenommen, klicken Sie auf den Button [alle Änderungen speichern], um die Eingaben in der XML-Datei zu speichern. Klicken Sie auf den Button [alle Änderungen verwerfen], um alle getätigten Eingaben rückgängig zu machen.

Möchten Sie eine neue Art einfügen, klicken Sie auf [Art einfügen]. Es wird daraufhin eine Art mit dem Namen Neue Art eingefügt, welche Sie anschließend parametrisieren müssen. Weitere Informationen zum Parametrisieren einer Art finden Sie in Kap. Baumarteneinstellungen und im Anhang (Funktionen und Einstellungen für Nordwestdeutschland).

Eine Art wird gelöscht, indem Sie diese in der Liste markieren und auf [ausgewählte Art Löschen] klicken. Nun ist die Art zum Löschen vorgemerkt. Klicken Sie auf [alle Änderungen übernehmen], um die Art endgültig zu löschen.

Fehlermeldungen und das Logfenster

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

Treten unvorhergesehene Fehler bei der Anwendung des WaldPlaners auf, so kann das zwei Gründe haben. Zum einen kann eine falsche Benutzereingabe erfolgt sein. Zum anderen kann ein Fehler im Programm vorliegen. Fehler werden meist durch eine dialogbasierte Fehlermeldung angezeigt. In Abbildung 38 ist eine solche Meldung dargestellt. Diese wurde durch eine fehlerhafte SQL-Abfrage ausgelöst. Es sollten Daten der Tabelle *fix_out* abgefragt werden. Da aber bei der Abfrage *fix_ou* eingegeben wurde, kann das System die Tabelle (Relation) nicht finden.



Abbildung 38: Eine Systemmeldung nach eine fehlerhaften SQL-Abfrage

Meist reichen diese kurzen Fehlermeldungen aus, um den Fehler zu identifizieren und zu beheben. Liegen jedoch schwieriger nachvollziehbare Fehler vor, so kann im Log-Fenster eine genaue Fehlerdokumentation ausgegeben werden. Neben Fehlermeldungen werden hier, je nach Einstellung, auch Systemmeldungen zu erfolgreichen Aktionen ausgegeben. Anhand des Logs kann so bei einem komplexen Fehler der vorausgehende Arbeitsgang nachvollzogen werden. Dies und die eigentliche Fehlermeldung sind sehr hilfreich dabei, die Fehlerursache zu erkennen und evtl. zu beheben.

Das Logfenster wird über das Menü *Hilfe* und den Menüeintrag *Log* aufgerufen. Im unteren Bereich des Logfensters stehen drei Optionen zur Verfügung, um zu spezifizieren, welche Meldungen vom System aufgezeichnet werden sollen. Wählen Sie *nichts loggen*, wenn keine Meldungen angezeigt werden sollen. Möchten Sie alle Systemmeldungen anzeigen, aktivieren sie die Option *alles*. Sollen nur die Fehlermeldungen im Log aufgenommen werden, ist die Option *nur Fehler* auszuwählen. Möchten Sie den gesamten Log-Inhalt löschen, können Sie dies durch Anklicken des Buttons [Löschen] erreichen. Der Textbereich des Logfensters ist interaktiv. Sie können beliebige Textbereiche mit der Maus markieren und mit **Strg**+**c** kopieren. So können Sie bestimmte Systemmeldungen z. B. in einem externen Editor speichern und/oder als Mail versenden.

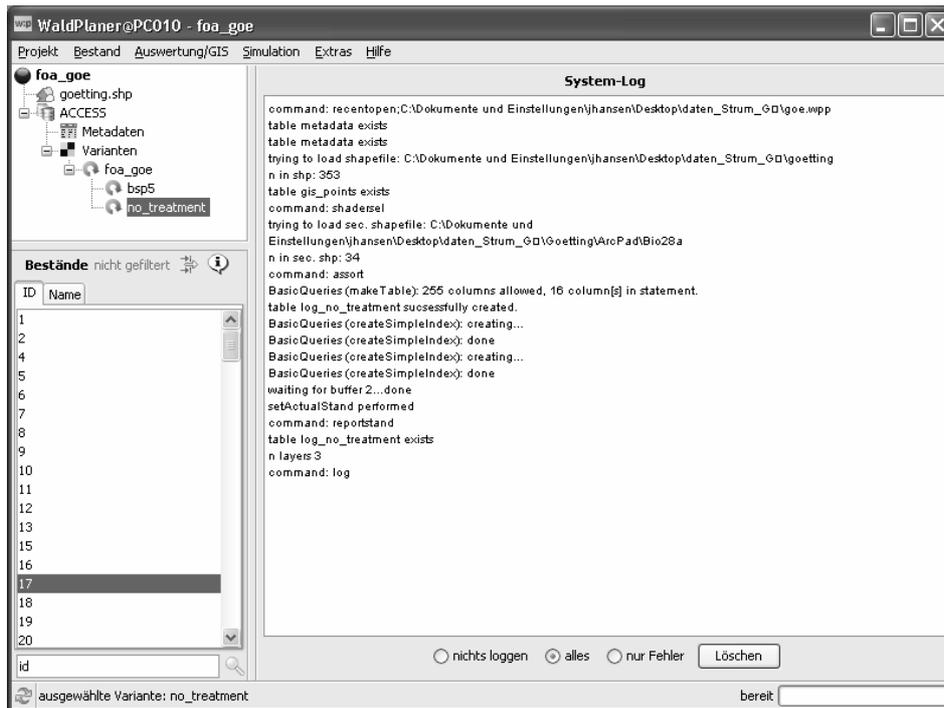


Abbildung 39: Das Logfenster

11.3 WebBetriebsPlaner

11.3.1 Leistungsumfang

Der *WebBetriebsPlaner* ist als ein dynamisches Bestandeslagerbuch zu verstehen, welches zusätzlich zu den grundlegenden Möglichkeiten, wie dem Abrufen wichtiger Bestandesinformationen, verschiedenen GIS- und Optimierungsfunktionen beinhaltet. Auf Grund der Kopplung mit dem Waldwachstumssimulator (*TreeGrOSS*) können unter Berücksichtigung von Einschlagsinformationen die Bestandesdaten jahresweise fortgeschrieben werden, so dass ein aktuelles Bestandesabbild vorliegt bis eine weitere Inventur durchgeführt wird. Ist diese abgeschlossen, können die aktuellen Daten eingelesen werden. Dieses System ist auf den praktischen Einsatz in kleinen und mittelständischen Forstbetrieben ausgelegt.

11.3.2 Installation

Zur Installation des *WebBetriebsPlaners* ist, verglichen mit der Installation der einzelplatzbasierten Anwendungen *Forest.Simulator* und *WaldPlaner*, ein deutlich höherer Aufwand erforderlich. Der Vorteil der Webanwendung ist jedoch der, dass nach einer einmaligen Installation auf einer Server-Maschine, die Anwendung auf jedem beliebigen Rechner mit Netzzugang und installiertem Web-Browser zur Verfügung steht.

Die Installation des *WebBetriebsPlaners* sollte entsprechend von einem Fachmann durchgeführt werden. Alle benötigten Softwarekomponenten sind frei verfügbar, d. h. es fallen keine Kosten für zusätzliche Software an. Bei Interesse an einer Installation des *WebBetriebsPlaners* wenden Sie sich bitte an den korrespondierenden Autor dieses Beitrags.

11.3.3 Bedienung

Startseite und Hauptmenü

Nachdem Sie sich erfolgreich eingeloggt haben, gelangen Sie zunächst zur Startseite und dem darin integrierten Hauptmenü. Von hier aus können Sie auf die einzelnen Übersichten und Funktionen des Betriebsplaners zugreifen. Zudem ist es hier möglich, persönliche Einstellungen vorzunehmen.

In der obersten Zeile werden Ihnen Ihr Benutzername und der Zeitpunkt Ihres LogIns angezeigt.

Um ein gewisses Maß an Sicherheit zu gewährleisten, verfügt der Betriebsplaner über eine automatische Abmelfunktion. Diese sorgt dafür, dass der Nutzer abgemeldet wird, sollte er über eine vorgegebene Zeitspanne hinweg, keine Aktion

getätigt haben. Für diese Zeitspanne sind 20 Minuten voreingestellt. Über das Textfeld *Session-Timeout* können Sie die Dauer nach Belieben ändern. Dazu müssen Sie lediglich die gewünschte Dauer in Minuten in das Textfeld eingeben und diese über den blauen Pfeil  bestätigen. Achten Sie darauf, dass diese Einstellung nicht gespeichert wird und Sie den Session-Timeout nach jedem LogOut neu umstellen müssen.

Über die Einstellung *Grafik-Format* können Sie bestimmen, ob Grafiken im PNG- oder im JPEG-Format dargestellt werden sollen. Das JPEG-Format weist eine etwas geringere Bildqualität als das PNG-Format auf. Dies hat den Vorteil, dass die Dateigröße geringer ausfällt und die Ladezeiten der Karten und Grafiken verkürzt werden. Das PNG-Format indes bietet sich besonders an, wenn Sie Grafiken ausdrucken möchten oder über eine schnelle Netzverbindung verfügen.

Weiterhin können Sie sich einen persönlichen Terminkalender anlegen. Steht am Tag Ihres LogIns ein Termin an, beispielsweise für Holzrückearbeiten, wird Ihnen dieser auf der Startseite angezeigt.

In der oberen, rechten Ecke finden Sie rot unterlegt den Button [Logout]. Hierüber können Sie sich jeder Zeit vom System abmelden.

Im unteren Bereich des Fensters, sehen Sie schließlich das Hauptmenü. Das jeweilige Funktionsfenster erreichen Sie über einen einfachen Mausklick. Wenn Sie einen Menüpunkt angewählt haben, finden Sie in der jeweiligen Ansicht neben dem Logout-Button zusätzlich den Button [Hauptmenü], über welchen Sie zurück zum Hauptmenü gelangen. Die einzelnen Menüpunkte werden im Folgenden erläutert.

Datenmanager

Der Betriebsplaner soll als Informations- und Planungssystem für Ihren Betrieb dienen. Zu diesem Zweck muss zunächst eine Datengrundlage geschaffen werden.

Über den Menüpunkt *Daten verwalten* gelangen Sie zum Datenmanager. Dieser stellt Ihnen vier Optionen für die Datenverwaltung zur Verfügung (siehe Abbildung 40):

- Daten hochladen (vorherige Daten löschen)
- Daten hochladen (an vorherigen Daten anhängen)
- Bestandesdaten fortschreiben
- Bestandesdaten zurücksetzen

Abbildung 40: Datenmanager

Formatierung der Daten

Damit Ihre Datensätze korrekt vom System eingelesen werden können, ist zunächst zu beachten, dass Sie diese entsprechend formatieren. Sie benötigen zum Einen eine Datei, welche die Forsteinrichtungsdaten (FoE-Daten) enthält und zum Anderen eine Datei, in welcher die Informationen über die Metadaten (Meta-Daten) hinterlegt sind. Beide Datensätze müssen als CSV-Dateien (comma separated values) vorliegen und die einzelnen Einträge durch ein Semikolon getrennt sein (vgl. Abbildung 41).

Des Weiteren müssen die Daten in den folgenden Reihenfolgen eingegeben sein.

- FoE-Daten: Flächen-ID; Baumart (NDS-Code); Schicht; Alter; dg; hg; G/ha
- Meta-Daten: Flächen-ID; Revier; Abteilung; Unterabteilung; WET; Fläche [ha]; Flächenstatus; Aufnahmejahr

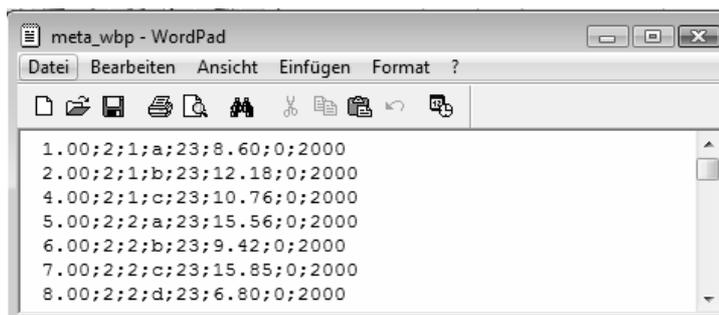


Abbildung 41: CSV-Datensatz, der Meta-Daten durch Semikolon getrennt

Daten einlesen

Es gibt zwei Wege, auf denen neue Datensätze eingelesen werden können. Über *Forsteinrichtungsdaten uploaden und bestehende Daten ersetzen* laden Sie einen neuen Datensatz hoch, wobei alle bisher bestehenden Daten und Einträge vollständig gelöscht werden. Dagegen wird über *Forsteinrichtungsdaten uploaden und an bestehende Daten anhängen* Ihr neuer Datensatz lediglich an die alten Daten angehängt, was sich beispielsweise nach neuen Inventuraufnahmen anbietet.

Einlesen können Sie Ihre Daten, indem Sie jeweils den Button [Durchsuchen] drücken und in dem sich öffnenden Explorer-Fenster die jeweilige Datei heraussuchen. Im vorliegenden Beispiel lauten die Datenpfade:

`C:\Users\Documents\stadtforst_goe\inventur2000\FoE_goe2000`

und

`C:\Users\Documents\stadtforst_goe\inventur2000\meta_goe.`

Wenn Sie für beide Dateien Ihre Eingabe getätigt haben, werden diese hochgeladen, indem Sie den Button [hochladen und ersetzen] bzw. [anhängen] drücken. Um sicher zu stellen, dass nicht versehentlich die Funktion des Ersetzens mit der des Anhängens verwechselt wird und damit der bereits bestehende Datensatz gelöscht würde, müssen Sie, wenn sie die Daten vollständig ersetzen möchten, zusätzlich das Häkchen neben der Frage *Bestehende Daten wirklich löschen?* aktivieren.

Bestände fortschreiben und zurücksetzen

Neben dem Einlesen der Bestandesdaten, bietet Ihnen der Datenmanager die Option, Ihre Bestandesdaten unter *Bestände bis zum angegebenen Jahr fortschreiben* fortzuschreiben. Hierzu müssen Sie lediglich das von Ihnen gewünschte Jahr in das Textfeld eingeben und dann auf den Button [Bestände aktualisieren] klicken. Ihre Datensätze werden dann anhand des Modells *TreeGrOSS* bis zum angegebenen Jahr fortgeschrieben.

Betätigen Sie den Button [zurücksetzen], werden alle bisher vom Programm prognostizierten Daten wieder auf das Jahr der Erhebung zurückgesetzt. Die von

Ihnen eingetragenen Planungen und Vollzüge werden dadurch allerdings nicht beeinflusst und bleiben erhalten.

Betriebsübersicht

Nachdem Sie Ihre Daten dem System zur Verfügung gestellt haben, erhalten Sie unter *Betriebsübersicht* eine Darstellung Ihrer aufbereiteten Betriebsdaten (vgl. Abbildung 42)

Im oberen Bereich werden Ihnen der *Name* des Betriebes (hier: städtisches Forstamt Göttingen), die ausgewählten *Reviere*, welche in der Übersicht berücksichtigt werden sollen (hier: alle), die *Anzahl der Bestände* (hier: 163) mit deren *Gesamtfläche* in ha und der *mittlere Vorrat* in Vfm/ha angezeigt.

Sollte ein Filter gesetzt worden sein, werden nur die Daten der ausgewählten Bestände oder des ausgewählten Reviers angezeigt und nicht die des gesamten Betriebes (vgl. Bestandesdaten filtern).

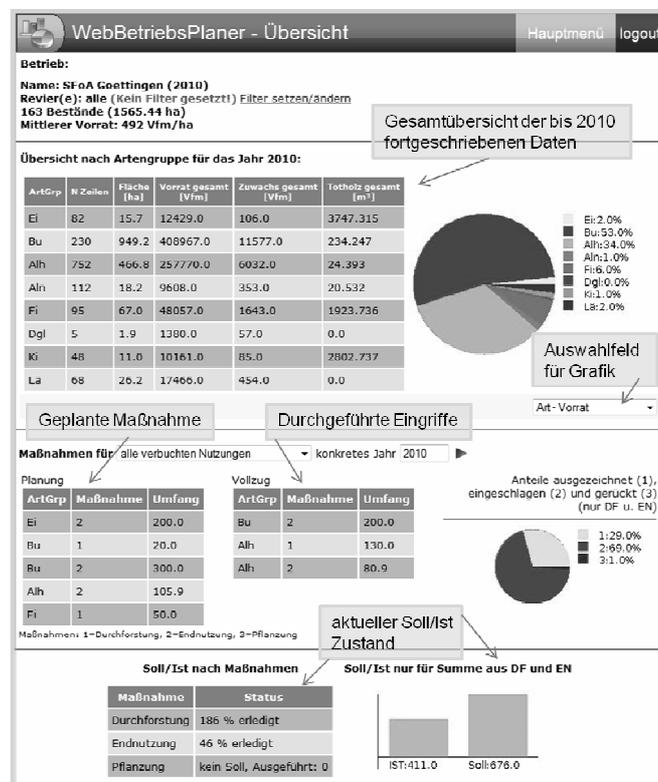


Abbildung 42: Betriebsübersicht des städtischen Forstamtes Göttingen

Diesen grundlegenden Informationen folgt eine tabellarische Übersicht der genauen Artenzusammensetzung. In diesem Beispiel wurden die Inventurdaten bereits

bis zum Jahr 2010 fortgeschrieben, so dass Sie nun in der Tabelle Angaben darüber finden, welche Fläche die einzelnen Baumarten einnehmen und wie hoch deren Gesamtvorrat [Vfm], der Gesamtzuwachs [Vfm] und die Gesamtotholzmasse nach zehn simulierten Jahren ausfällt.

Zur Veranschaulichung, werden neben der tabellarischen Übersicht die Artenanteile in einem Kreisdiagramm angezeigt. Über das Auswahlfenster unter der Grafik, können Sie wählen, ob die Anzeige für die Vorrats-, Flächen-, Zuwachs- oder Totholzanteile erfolgen soll.

Im unteren Teil der Betriebsübersicht werden die *geplanten Maßnahmen* und die bereits *getätigten Vollzüge* zusammengefasst. In den beiden Tabellen erhalten Sie nach Arten getrennt Angaben darüber, welche Maßnahme (vgl. Tabelle 20) in welchem Umfang ([Vfm/ha], bzw. [Stk./ha]) durchgeführt wurde.

Tabelle 20: Kodierung der Behandlungsmaßnahmen

Maßnahme	Codierung
Durchforstung	1
Endnutzung	2
Pflanzung	3

Über das Auswahlfenster *Maßnahme für* können Sie bestimmen, für welchen Zeitraum die Angaben erfolgen sollen. Dazu müssen Sie das Auswahlfenster über das *Pfeil nach unten* Symbol öffnen und die von Ihnen gewünschte Option wählen. So können Sie sich z.B. *alle* bisher *verbuchten Nutzungen* anzeigen lassen oder auch nur die Nutzungen *eines Jahres* bzw. *alle Nutzungen bis* zu einem von Ihnen gewählten *Jahr*. Wenn Sie eine *benutzerdefinierte* Option wählen, müssen Sie im Textfeld *konkretes Jahr* noch das jeweilige Jahr angeben, für welches die Angaben erfolgen sollen und Ihre Eingabe über den blauen Pfeil bestätigen.

Zuletzt erhalten Sie unter *Soll/Ist nach Maßnahmen* noch Informationen darüber, wie viel Prozent Ihrer geplanten Durchforstungen und Endnutzungen bereits durchgeführt wurden.

Bestandeslagerbuch

Neben der Betriebsübersicht, bietet Ihnen der WebBetriebsPlaner auch genauere Informationen zu den einzelnen Beständen an. Hierzu wählen Sie im Hauptmenü den Menüpunkt *Bestandeslagerbuch*.

Das Lagerbuch gliedert sich in vier Bereiche (vgl. Abbildung 43).

In der linken Leiste können Sie Ihre Bestandesauswahl treffen, indem Sie entweder direkt in der *Auswahlliste* auf die gewünschte Bestandes-ID klicken oder Sie geben diese in das Textfeld unterhalb der Liste ein. Ihre Auswahl bestätigen Sie

über den blauen Pfeil. Die zweite Auswahlmethode bietet sich besonders bei einer hohen Flächenanzahl an.

Oberhalb der Bestandesliste können Sie sehen, ob ein Filter gesetzt wurde und über *Filter setzen/ändern* die Filtereinstellungen verändern, bzw. aufheben.

Achtung: Sollte ein Filter gesetzt worden sein, können Sie nur die Flächen einsehen, welche der Filterspezifikation entsprechen (vgl. Bestandesdaten filtern).

Unterhalb der Liste wird Ihnen der Kartenausschnitt des gewählten Bestandes angezeigt. Über Anklicken dieses Ausschnittes können Sie direkt zur Betriebskarte gelangen.

Bestandesauswahl

Revier(e): alle
Kein Filter gesetzt!
Filter setzen/ändern

Liste der Fläche nach ID geordnet

- ID-1 [2.1.a]
- ID-2 [2.1.b]
- ID-4 [2.1.c]
- ID-5 [2.2.a]
- ID-6 [2.2.b]
- ID-7 [2.2.c]
- ID-8 [2.2.d]
- ID-9 [2.2.e]
- ID-10 [2.3.a]
- ID-11 [2.3.b]
- ID-12 [2.3.b]
- ID-13 [2.3.c]
- ID-15 [2.3.d]
- ID-16 [2.4.a]
- ID-17 [2.4.b]

Auswahlfenster für die Flächen-ID

Kartenausschnitt der Fläche

Flächeninformation

Revier	Abt.	UAbt.	BT	WET	Fläche [ha]	Status
2	2	b	23	23	9.42	Wirtschaftswald

Vorrat (BaGrp)

- Ei: 4.0%
- Bu: 37.0%
- All: 45.0%
- Fi: 14.0%

Anmerkungen: ka

Bestandesdaten für das Jahr 2010

Art	Schicht	Alter	dg	hg	G	V	M [%]	naEB	IV	Anteil [ha]	Totholz gesamt [m³/ha]
354	1	60	26.4	20.4	0.2	2.2	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0
112	1	60	39.2	25.6	1.0	13.1	2.0	1.4	0.5	0.2	0.0
357	1	138	28.4	21.7	1.0	11.6	2.5	0.0	0.1	0.2	0.0
341	1	60	14.1	16.0	0.6	4.6	3.1	0.0	0.2	0.3	0.0
221	1	60	16.5	19.6	0.4	3.9	3.5	0.0	0.1	0.3	0.0
511	1	100	36.1	30.0	3.3	43.8	4.0	1.1	1.7	0.4	0.0
331	1	60	13.7	20.3	0.9	8.5	4.8	0.3	0.6	0.4	0.0
322	1	74	21.0	17.5	1.9	21.1	6.3	0.0	0.5	0.6	0.0
311	1	63	15.9	18.8	3.1	30.4	11.2	0.0	0.9	1.1	0.0
321	1	64	26.4	18.5	5.7	61.6	16.6	0.0	1.6	1.6	0.0
211	1	60	18.7	20.8	11.3	111.7	45.5	0.4	6.0	4.3	0.0

Planung/Vollzug

Planung

Nr.	Jahr	Monat	Art	Typ	Masse/Stk.	Status
4	2000	2	321	EN	10.0	☒
5	2000	3	322	EN	5.9	☒

Vollzug

Nr.	Jahr	Art	Typ	Masse/Stk.	Status
2	2000	322	EN	5.9	3

Maßnahme (Typ): DF=Durchforstung, EN=Endnutzung, PF=Pflanzung
Status (Ist): 1=ausgezeichnet/gepflanzt, 2=eingeschlagen, 3=gerückt

Soll-Ist-Vergleich:

Maßnahme	Vorschlag	Soll/Ist
Durchforstung	☒	0 Soll, Ist: 0
Endnutzung	☒	37% erledigt
Pflanzung	☒	0 Soll, Ist: 0

Soll/Ist DF und EN gesamt

IST: 6.0 Soll: 16.0

Abbildung 43: Bestandeslagerbuch

In den *Flächeninformationen* erfahren Sie, um welche Fläche es sich genau handelt (*Revier, Abteilung, Unterabteilung*), welchem Betriebstyp (*BT*) und Waldentwicklungstyp (*WET*) diese zugehört, wie groß ihre *Fläche* [ha] ist und welchen *Status* die Fläche inne hat. Sowohl den *WET*, als auch den Flächenstatus, können Sie selbst bestimmen und jeder Zeit ändern, wobei Sie beim Status zwischen sechs Optionen wählen können (z. B. Wirtschaftswald oder Naturschutzgebiet).

Den *Bestandesdaten* können Sie nach Baumart und Schichten getrennt die in Tabelle 21 aufgeführten Informationen entnehmen.

Tabelle 21: Informationen der Bestandesdatentabelle

Attribut	Abkürzung	Einheit
Alter	Alter	Jahre
Durchmesser des Grundflächenmittelstamms	dg	[cm]
Mittelhöhe	hg	[m]
Grundfläche	G	[m ² /ha]
Volumen	V	[m ³ /ha]
Mischungsanteil	M	[%]
Natürlicher Bestockungsgrad	natB°	
Volumenzuwachs	iV	[m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹]
Flächenanteil	Anteil	[ha]
Totholzmasse	Totholz gesamt	[m ³ /ha]

Im vierten Teil des Lagerbuches werden alle *Planungen und Vollzüge* aufgeführt, die bis zum fortgeschriebenen Jahr eingetragen wurden. Die Angaben werden nach Jahr und Baumart sortiert. An dieser Stelle können Sie auch Ihre Planungen und Vollzüge vornehmen (siehe Planungen und Vollzüge erstellen).

Planungen und Vollzüge erstellen

Um eine Planung zu erstellen oder einen forstlichen Eingriff zu verzeichnen, müssen Sie das *Bestandeslagerbuch* aufrufen. Hier finden Sie im unteren Bereich die Tabelle der Planungen (*Soll*) und die der bereits getätigten Vollzüge (*Ist*). Um einen neuen Eintrag zu erstellen, müssen Sie, je nachdem ob Sie eine Planung oder einen Vollzug ergänzen möchten, neben Soll bzw. Ist auf *Zeile einfügen* klicken. Daraufhin öffnet sich oberhalb der Kopfzeile des Lagerbuches das Fenster *Zeile einfügen* (vgl. Abbildung 44).

Abbildung 44: Eingabefenster für den Vollzug

Geben Sie hier an, welche *Art* behandelt werden soll/ wurde, das *Jahr*, in welchem Sie den Eingriff planen/ der Eingriff durchgeführt wurde, welche *Maßnahme* getätigt werden soll/ wurde (*Durchforstung*, *Endnutzung* oder *Pflanzung*) und in welchem Umfang dies geschehen soll/ geschehen ist. Die Art muss über den entsprechenden

Code spezifiziert werden (z. B. Buche = 211). Die Angabe des Umfangs erfolgt entweder in Vfm/ha oder in Stk./ha, wenn es sich bei der Maßnahme um eine Pflanzung handelt. Sollten Sie einen Eintrag für den Vollzug vornehmen, können Sie zusätzlich den aktuellen Status der Maßnahme angeben. Hierbei können sie zwischen *ausgezeichnet*, *ingeschlagen* und *gerückt* wählen.

Zum Speichern Ihres Eintrages müssen Sie den blauen Pfeil anklicken. Sie erhalten dann die Bestätigung, dass die Zeile hinzugefügt wurde und kehren über *zurück zum Bestand* zum Lagerbuch zurück.

Um einen Eintrag zu löschen, müssen Sie lediglich in den Tabellen auf das rote Kreuz in der letzten Spalte der zu löschenden Zeile klicken.

Bewirtschaftungsvorschlag

Über die Tabelle des Soll-Ist-Vergleiches ist es möglich, für jeden Bestand eine Behandlungsempfehlung zu erhalten. Diese Empfehlung richtet sich nach den Grundsätzen des LÖWE-Programms¹⁴.

Wenn Sie neben der *Maßnahme* in der Spalte *Vorschlag* auf das Glühbirnensymbol klicken, öffnet sich ein neues Fenster. In diesem wird Ihnen für die jeweilige Maßnahme (Durchforstung, Endnutzung oder Pflanzung) ein Vorschlag angezeigt (vgl. Abbildung 45), ob und in welchem Umfang Sie in den Bestand eingreifen sollten, um eine langfristige Waldentwicklung zu erzielen.

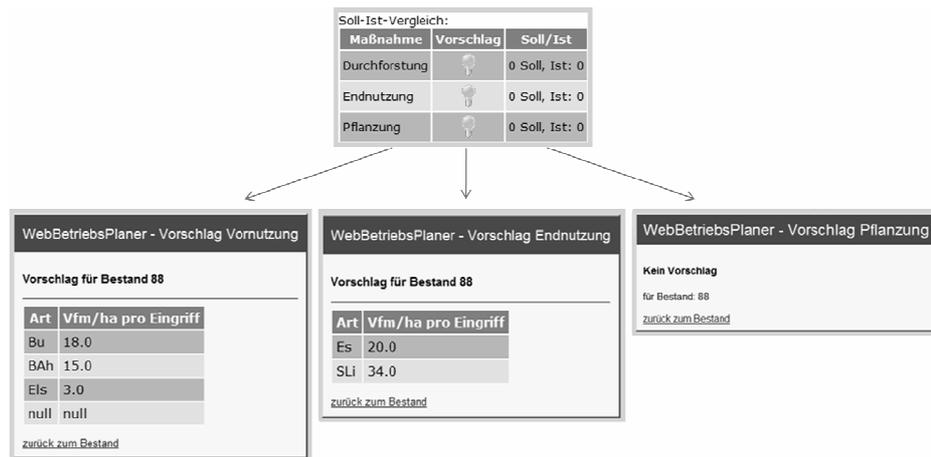


Abbildung 45: Vorschläge zur Bewirtschaftung des Bestandes Nr.88

Extras

¹⁴ LÖWE = Langfristige Ökologische WaldEntwicklung, niedersächsisches Waldbauprogramm

Das Bestandeslagerbuch bietet Ihnen noch drei Zusatzfunktionen, welche Sie unterhalb des Kartenausschnittes finden.

Drücken Sie auf das Symbol , um eine Kronenkarte des Modellbestandes zu erhalten (vgl. Abbildung 46). Der Modellbestand wird dynamisch aus den hinterlegten Forsteinrichtungsdaten generiert. Die einzelbaumbasierten Modellbestände werden vom System u. a. benötigt, um das Bestandeslagerbuch ein Jahr unter Berücksichtigung der Vollzüge fortzuschreiben.

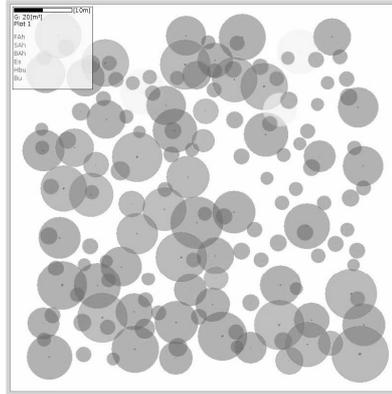


Abbildung 46: Kronenkarte eines Modellbestandes

Über  können Sie die Bestandesdaten im TreeGrOSS-XML-Format herunterladen. Diese Datei kann z. B. in den *ForestSimulator* eingelesen werden (siehe Kapitel *ForestSimulator*), um dann in dieser bestandesorientierten Software manuell verschiedene Waldbauoptionen abzubilden und die resultierenden Konsequenzen abzuschätzen. Ein solches Variantenstudium kann bei einer unsicheren Entscheidungslage die Maßnahmenplanung unterstützen.

Nutzen Sie das Druckersymbol, wenn Sie einen Ausdruck der Bestandesdaten erstellen möchten.

Betriebskarte

Eine raumbezogene Darstellung Ihres Betriebes erhalten Sie über die *Betriebskarte* (vgl. Abbildung 47). Die einzelnen Funktionen der Werkzeugleiste, mit denen Sie die Ansicht der Karte einstellen können, werden in Tabelle 22 erläutert.

Die gewünschte *Breite* und *Größe* des Kartenbereiches kann in den entsprechenden Textfeldern manuell eingegeben werden. Alternativ können Sie die größtmögliche Kartengröße vom System bestimmen lassen. Klicken Sie hierzu auf das Symbol . Daraufhin werden die maximale Breite und Höhe in die Textfelder eingetragen und nach Bestätigen über [ok] wird die Größeneinstellung vorgenommen.



Abbildung 47: Betriebskarte

Tabelle 22: Werkzeuge der Betriebskarte

Symbol	Funktion
	Punkte durch Klicken einfügen
	Auswahl
	Information
	Zentrieren
	In Ausschnitt zoomen
	Komplette Karte anzeigen
	Zur Auswahl zoomen
	Vergrößern/ Verkleinern
	Karte an Fenstergröße anpassen

Je nachdem, welche Information Sie der Karte entnehmen möchten, können Sie ein *Thema* auswählen, wie z. B. den Betriebstypen oder den Zuwachs. Die Flächen werden dann, ihrer Zugehörigkeit entsprechend, unterschiedlich gefärbt.

Mit dem Informationswerkzeuges können Sie einzelne Flächen auswählen, wodurch Sie, über ein kleines Info-Fenster, die Flächen-ID und dem Thema entsprechende Informationen zu erhalten. Sollten Sie das Thema *BT/Alter* gewählt

haben, erhalten Sie in den Informationen eine entsprechende Angabe zum Betriebstyp und dem nach den Vorratsanteilen gewichteten mittleren Alters des Bestandes. Einen Schlüssel für das Thema *Status* finden Sie in Tabelle 23.

Wenn Sie einen Bestand markiert haben (grüne Umrandung), gelangen Sie über das Buchsymbol  direkt zum Bestandeslagerbuch, wo Ihnen die zugehörigen Flächeninformationen angezeigt werden.

Über das Symbol  (*Punkte bearbeiten*) kommen Sie zur Übersicht Ihrer Geopunkte. Hier erhalten Sie die genauen Koordinaten und können eine Benennung oder Beschreibung der Punkte vornehmen. Punkte werden durch Aktivierung des entsprechenden Symbols (vgl. Tabelle 22) und Klicken in die Karte hinzugefügt. Das System fragt Sie nach dem Klick in die Karte nach Typ und Namen des neu hinzugefügten Punktes.

Tabelle 23: *Kodierung des Flächenstatus*

Status	Kodierung
Wirtschaftswald	1
Naturschutzgebiet	2
Nationalpark	3
Landschaftsschutzgebiet	4
FFH	5
Vogelschutzgebiet	6

Jahresübersicht der Planungen

In der Jahresübersicht erhalten Sie einen Überblick über die geplanten Eingriffe des gewählten Jahres. Die Auswahl des Jahres erfolgt über die beiden Pfeile neben der Jahreszahl (vgl. Abbildung 48).

Hier erfahren Sie, in welchem Monat und auf welcher Fläche ein Eingriff durchgeführt werden soll. Der Umfang der Maßnahme wird hier nicht mehr wie im Lagerbuch in Vfm/ha angegeben, sondern in der absoluten Größe (Vfm), die anhand der jeweiligen Fläche berechnet wird.

Zudem werden die anfallenden Massen und die bearbeiteten Flächen der einzelnen Bestände, die im selben Monat behandelt werden, aufaddiert. Die Jahressumme wird in der letzten Spalte ausgegeben.

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Summe
Bestände:												
125	134	6								140		
Nutzung [Vfm]												
595.6	1814.2	55.578	0	0	0	0	0	0	0	120.0	0	2585.378
Fläche [ha]												
16.72	18.02	9.42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	45.36

Abbildung 48: Jahresübersicht der Planungen

Bestandesdaten filtern

Die Filterfunktion (vgl. Abbildung 49) können Sie entweder über das Hauptmenü (*Filter definieren*) erreichen oder über die Bestandesübersicht, bzw. das Bestandeslagerbuch, falls Sie sich in diesen Ansichten nur bestimmte Flächen anzeigen lassen wollen.

Filter setzen

Die Eingabe der Filterfunktion erfolgt in der Datenbanksprache SQL. Zur Vereinfachung der Abfrage stehen Ihnen drei Auswahlfelder zur Verfügung. Im Steuerelement *Feld* geben Sie ein, nach welcher Kategorie die Filterung erfolgen soll. Über den *Operator* und den *Wert* geben Sie an, welche Bedingungen die Kategorie erfüllen muss, um in die Abfrage aufgenommen zu werden.

Die Auswahl Fläche ≥ 20 würde beispielsweise bewirken, dass nur noch Bestände angezeigt werden, die eine Mindestgröße von 20ha aufweisen.

Wenn Sie Ihre Auswahl getätigt haben, müssen Sie den Button [ersetzen] drücken. Ihre Filterfunktion erscheint dann in der SQL-Zeile. Mit [anfügen mit UND] oder [anfügen mit ODER] können Sie Ihre Abfrage eingrenzen oder erweitern.

„Fläche ≥ 20 und BT = 23“ würde zu einer Auswahl aller Bestände, die mindestens 20ha groß sind und zudem den Betriebstyp 23 aufweisen führen.

Steht die vollständige Funktion in der SQL-Zeile, bestätigen Sie diese über den Button [Filter setzen].



Abbildung 49: Bestandesfilter

Filter entfernen

Einen gesetzten Filter können Sie aufheben, indem Sie wie oben beschrieben im WebBetriebsPlaner in das Fenster *Filter* wechseln. In der unteren, rechten Ecke befindet sich der Button [Filter entfernen]. Wenn Sie diesen betätigen, werden alle Filterungen aufgehoben.

Optimierung

Eine weitere Funktion, die Ihnen der WebBetriebsPlaner bietet, ist die *Optimierung* Ihrer Bestände. Mit Hilfe dieser Funktion ist es möglich Bestände zu suchen, welche eine hohe Pflegebedürftigkeit aufweisen, dicht beieinander liegen und ein vorgegebenes Volumen bereitstellen (vgl. Abbildung 50).

Hierzu muss zunächst ein Sortiment definiert werden, welches im Betrieb eingeschlagen werden soll. Zu diesem Zweck können Sie in den Textfeldern unter *Ziel-Sortiment* genaue Angaben über *Art*, *Mittendurchmesser*, *Länge* und *Zopf* festlegen, welche das Sortiment erfüllen muss. Für die Angaben der Länge und des Mittendurchmessers werden Minimal- und Maximalwerte gesetzt. Für jedes Feld muss ein Eintrag erfolgen, da das Programm ansonsten fehlerhaft abläuft und kein Ergebnis erstellen kann. Sollten Sie an einer Stelle keine Einschränkung festlegen wollen, können Sie dies regeln, indem Sie einen Wert angeben, der ohnehin nicht überschritten werden kann, wie etwa eine Länge von 999m.

Im vorliegenden Beispiel (vgl. Abbildung 50) wurde ein Sortiment erstellt, das alle Eichenarten (Nds.-Code: 111 – 115) umfasst, einen Mittendurchmesser zwischen 30 und 40cm, eine Länge von mindestens 5m und einen Zopfdurchmesser von 7cm aufweist.

Wenn Sie alle Felder ausgefüllt haben, müssen Sie das kleine, blaue Plus drücken, woraufhin Ihr Zielsortiment der *aktuellen Auswahl* hinzugefügt wird. Sie können Ihre Auswahl um weitere Sortimente ergänzen. Diese müssen Sie, wie zuvor, wieder definieren und dann über das Plus zur Auswahl hinzufügen.

Über das Mülleimersymbol wird Ihre gesamte, bisher getätigte Auswahl aus dem Auswahlfeld entfernt.

Nachdem Sie Ihr Sortiment erstellt haben, müssen Sie festlegen, in welchem Umfang der Eingriff erfolgen soll. Unter *Ziel-Gesamtvolumen* geben Sie an, wie viel Vorratsfestmeter Sie insgesamt entnehmen möchten.

Die Einstellungen *minimales* und *maximales Eingriffsvolumen/Bestand*, geben an, wie viel Vorratsfestmeter pro Hektar ein Bestand mindestens/maximal aufweisen soll, damit er für die Optimierung in Betracht kommt. Dadurch soll die Wirtschaftlichkeit des Eingriffs gewährleistet werden, da sich Eingriffe in Bestände mit einem zu geringen Vorrat nicht rentieren.

Zuletzt können Sie angeben, nach welchen Kriterien die Bestände herausgesucht werden sollen. Hierzu stehen Ihnen drei Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung: *Aggregation und Eingriffsdringlichkeit*, *nur Aggregation* oder *nur Eingriffsdringlichkeit*.

Gestartet wird die Optimierung über den Button [starten].

Abbildung 50: Einstellungsfenster der Eingriffsoptimierung

Wenn Sie die Optimierung gestartet haben, öffnet sich ein *Pop-up-Fenster*, in welchem Ihnen angezeigt wird, wann die Optimierung fertig gestellt ist und über welches Sie anschließend über den Link *zu den Ergebnissen* (vgl. Abbildung 51) zu den Ergebnissen gelangen.

Wichtig: Achten Sie darauf, dass Ihr Internetexplorer Pop-ups dieser Seite nicht blockiert, da Sie ansonsten das Ergebnisfenster nicht sehen können.



The screenshot shows a window titled 'WebBetriebsPlaner - Optimierung'. Below the title bar is a section labeled 'Optimierungsergebnisse'. This section contains a table with two columns: 'Parameter' and 'Wert'. The table lists several optimization parameters and their corresponding values.

Parameter	Wert
Zeit	0ms
Iterationen	558301
Optimum	0.9514738231625506
Teilergebnisse	Vfm ges: 1042.5145529541587
Bestände	16
	18
	20
	31
	34
	70
96	
Beste Reihenfolge	

Abbildung 51: Ergebnis der Optimierung

Nachdem die Optimierung abgeschlossen ist, können Sie entweder zum Hauptmenü, zum Lagerbuch, zur Betriebskarte oder zur Betriebsübersicht wechseln. In der Betriebskarte sind nun die Bestände markiert, die durch die Optimierung herausgesucht wurden.

Zudem bietet sich Ihnen in der Filterfunktion jetzt die Möglichkeit, über das Steuerelement *Feld* direkt alle von der Optimierung ausgewählten Bestände herauszufiltern.

12 Softwarekonzeption und Modelle

12.1 Wahl der Programmiersprache

Eine wichtige Entscheidung bei der Umsetzung eines Softwareprojektes ist die Wahl der Programmiersprache. Denkbar wären die klassischen Sprachen wie C/C++, Pascal oder Basic. Zur Implementierung der vorgestellten Entscheidungsunterstützungssysteme wurde die Programmiersprache Java gewählt, da diese mehrere Vorteile bietet.

Java basiert auf dem JIT-Prinzip (Just-In-Time Compiler). Dies bedeutet, dass beim Erstellen eines Java-Programms zunächst der Quellcode in einen maschinen-nahen Java-Bytecode übersetzt wird. Erst auf der Zielmaschine wird dieser Bytecode in der JRE (Java Runtime Environment) dem System angepasst. Der wichtigste Bestandteil der Java-Laufzeitumgebung (JRE) ist die Java Virtual Maschine (JVM), die die Programme ausführt, indem sie den Bytecode interpretiert und bei Bedarf kompiliert (Hotspot-Optimierung)(ULLENBOOM 2007). Dies hat zwar den Nachteil, dass das Starten eines Java-Programms länger dauert, bietet aber den großen Vorteil, dass ein Java-Programm grundsätzlich auf jedem Rechner mit einer JRE läuft und somit plattformunabhängig ist. Weiterhin kann die Java-Runtime Umgebung Fehler während der Laufzeit abfangen und behandeln. Der Vorteil der Hotspot-Optimierung liegt darin, dass die JVM immer den gesamten Bytecode kennt und anhand dessen Optimierungsentscheidungen treffen kann, welche die Laufzeitgeschwindigkeit des Programms erhöhen und gerade bei langlaufenden Anwendungen die längere Startzeit wettmachen kann.

Ein weiterer Vorteil von Java ist die Umsetzung und Unterstützung der objektorientierten Programmierung (OOP). Die objektorientierte Programmierung ist ein Programmierparadigma, welches die Flexibilität und Wiederverwendbarkeit von Programmen verbessert. Daten und Funktionen werden möglichst eng in einem so genannten Objekt zusammengefasst und nach außen hin gekapselt, so dass Methoden fremder oder ausgeschlossener Objekte diese Daten nicht versehentlich manipulieren können. Neben dem OOP wird von Java das sog. Multithreading unterstützt und die Entwicklung parallel-verarbeitender Programme mit verschiedenen vordefinierten Funktionen vereinfacht. Gerade moderne PC-Systeme mit Multi-Core-Prozessoren machen den Einsatz dieser Technologie interessant und notwendig, um die volle Leistung des Systems ausnutzen zu können.

Ein weiterer Aspekt, welcher für den Einsatz von Java spricht, ist die Front-End-Konzeption. Die hier vorgestellte Software, soll u. a. mit einer webbasierten Nutzeroberfläche versehen werden. Zur Realisierung eines solchen servergebundenen Systems sind verschiedene kostenlose Softwarelösungen verfügbar, welche Java-basiert sind (Tomcat (THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION 2009), Glass-

fish (SUN 2009) etc.). Diese Softwarelösungen stellen eine Architektur zur Verfügung, um dynamisch Web-Inhalte zu erstellen und über einen Web-Server zur Darstellung an einen clientseitigen Browser zu senden.

Über die Java-immanenten Vorteile hinaus, vereinfacht die Verwendung von Java die Integration der ebenfalls in Java implementierten Simulationssoftware TreeGrOSS. Das TreeGrOSS-Modul wird von allen vorgestellten Systemen (*ForestSimulator*, *WaldPlaner*, *WebBetriebsPlaner*) verwendet.

12.2 Simulationssoftware TreeGrOSS

12.2.1 Einleitung

Auf Basis der vorhandenen Versuchsflächendaten der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA), 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 zur waldwachstumskundlichen Simulation überarbeitet und auf der Basis des Projekts TreeGrOSS (Tree Growth Open Source Software) in der Programmiersprache Java (Sun 2 Plattform, Standard Edition 1.5.0) unter der Entwicklungsoberfläche NetBeans 6.5 neu programmiert (NAGEL 2002). Die Umstellung auf die Programmiersprache Java brachte den Vorteil, dass die Software seitdem auf allen Betriebssystemen eingesetzt werden kann, für die es eine Java Virtual Machine in Form der Java Runtime Environment (JRE) 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 jedem kostenfrei zugänglich sind. Dies betrifft auch die integrierte Entwicklungsumgebung NetBeans, die verwendeten Grafikpakete, die benötigten Softwaretools, sowie die für einige Applikationen notwendigen Datenbanken und -treiber. Als Lizenzmodell wird die General Public License (GPL) eingesetzt. Dieses Open Source Lizenzmodell sichert den Entwicklern das Copyright und bedeutet weniger Büro-

kratie, keine Reklamationsmöglichkeiten und eine schnellere Verbreitung der waldwachstumskundlichen Erkenntnisse. Für die Nutzer bietet das Lizenzmodell den Vorteil, dass die Software kostenfrei und der Sourcecode einsehbar ist. Die Benutzer können das Programm leicht verwenden und an ihre speziellen Bedürfnisse anpassen. Zudem erleichtert die GPL die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen.

Die jetzige Version 7.7 ist objektorientiert und besteht aus mehreren Paketen, mit denen eine Trennung von Programmoberfläche, Wachstumsmodell und 3D-Grafik für die Visualisierung erreicht wurde. Mit der Simulationssoftware 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
- **WebBetriebsPlaner** als dynamisches Bestandeslagerbuch 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 Simulationssoftware seitens der NW-FVA in einigen Projekten zur 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.

12.2.2 Genereller Aufbau

Die Simulationssoftware TreeGrOSS wurde in erster Linie für das Waldwachstumsmodell BWINPro erstellt (NAGEL 1999, NAGEL et al. 2006). Hierbei handelt es sich um ein statistisches Modell, bei dem jeder einzelne Baum eines Bestandes in seiner Entwicklung beschrieben wird. Dieser so genannte Einzelbaumansatz ermöglicht es, nahezu jede 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 den Zuwachs beeinflussende Größen werden das Alter, die Kronenmantelfläche, der Kronenkonkurrenzindex und dessen Veränderung bei Durchforstungen verwendet. Über den spezifischen Standraumbedarf der Baumarten, welcher 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 Paraboloiden 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 anhand der Funktionen von DÖBBELER (2004) zur maximalen Dichteschätzung in Verbindung mit den Kronenbreitenfunktionen bestimmt.

Neben diesen grundlegenden Funktionen benötigt man für einen vollständigen 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 7.7 ist in aufeinander aufbauende Java Pakete untergliedert (Abbildung 52). Das Paket `treegross.base` beinhaltet das eigentliche Waldwachstumsmodell und kann in Verbindung mit der JRE (Java Runtime Engine 1.6.0 oder höher) eingesetzt werden. Für eine einfache Wachstumssimulation ist dieses Paket allein bereits 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 *ForestSimulator* enthalten.

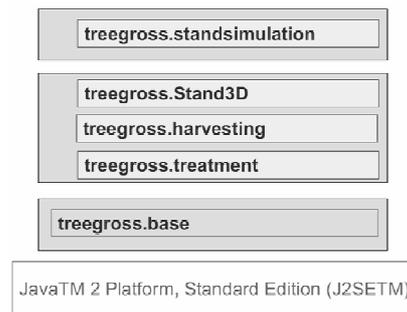


Abbildung 52: TreeGrOSS Java-Pakete

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 andere Modellregionen eingestellt werden. Alle Baumarten, die simuliert werden sollen, müssen in der XML-Einstellungsdatei definiert sein. Hier kann ein eigener Baumartenschlüssel verwendet werden. Die XML-Einstellungsdatei kann darüber hinaus im *ForestSimulator* 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 etwa für die Berechnung der Konkurrenz, der Mortalität oder des Einwuchses, welche 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 JEP¹⁵ (Java Equation Parser) ausgewertet.

12.2.3 Bestandesobjekt

Die Java Klasse `Stand` aus dem `treegross.base` Paket ist das elementare Objekt für die waldwachstumkundliche Simulation eines Bestandes oder einer Probe- fläche. 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. Danach muss eine Verbindung zu der XML-Einstellungsdatei hergestellt werden. Dies geschieht mit Hilfe der Klasse `Stand-`

¹⁵ <http://sourceforge.net/projects/jep/>

DefMap, welcher 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 die XML-Einstellungsdatei nur einmal gelesen werden muss und danach im Speicher vorgehalten wird. Dies bringt insbesondere bei der Simulation von Inventuren mit vielen Probekreisen Performancevorteile.

Die Bestandesfläche wird in der Software über Eckpunkte definiert. Die Anzahl der möglichen Eckpunkte ist auf 200 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 Probeflächen werden ebenfalls durch einen Polygonzug dargestellt. Die Bestandesaußengrenzen sind für die grafischen Darstellungen und einige Berechnungen notwendig. Außerdem akzeptiert das Programm nur solche Bäume, die 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, 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 dies nicht der Fall ist, prüft die Software, ob die Art in der `SpeciesDefinitionMap` vorkommt 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 und Kronenbreite bekannt sein. Darüber hinaus werden seit der Version 7.0 die Lagekoordinaten `x`, `y` und `z` für die Berechnung der maximalen Dichte, für den Konkurrenzindex einer definierten Einflusszone, für die Bestandesbehandlung und für die grafischen Darstellungsmöglichkeiten benötigt.

Der Simulator lässt sich theoretisch nur einsetzen, wenn ein kompletter Datensatz eines Bestandes 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 Durchbeiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

messerverteilungsgenerierung und zur Datenergänzung findet sich in einem späteren Abschnitt (vgl. Kapitel Erzeugung von Durchmesservertellungen).

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 mit der Software aber auch kleinere Zeitintervalle simulieren. Ein Zeitschritt wird mit der Methode `grow()` der Klasse `Stand` ausgelöst und es werden von der Software die folgenden Schritte durchlaufen

1. Überprüfung der altersbedingten Mortalität
2. Überprüfung der konkurrenzbedingten Mortalität
3. Schätzung des Höhen- und Grundflächenzuwachses
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()`

12.2.4 Datenergänzung

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

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

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 nach dem Ansatz von NAGEL und BIGING (1995) kann man zum Beispiel eine Durchmesserverteilung generieren. Mit 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 Weibullfunktion 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 anhand der 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:

- Parabel $h = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2$

- Prodan
$$h - 1,3 = \frac{d^2}{a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2}$$
- Petterson
$$h = 1,3 + \left(\frac{d}{a_0 + a_1 \cdot d}\right)^{3,0}$$
- Korsun
$$h = e^{\left[a_0 + a_1 \cdot \ln(d) + a_2 \cdot \ln^2(d^2)\right]}$$
- 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 (GAFFREY, 1988) 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 der nächstgelegene Art entspricht.

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, welcher 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 möglichst gleichmäßige Besetzung der Bestandesfläche mit Baumkronen angestrebt. Mit Hilfe von zwei Zufallszahlen werden Koordinaten für die Bäume bestimmt. Dabei werden die Koordinaten mit Hilfe von zwei Zufallszahlen bestimmt. Einem Baum wird eine zufällige Koordinate zugewiesen, wenn sich seine Krone nicht mit Kronen von anderen Bäumen überschneidet. Sollte diese Bedingung nicht erfüllt sein, wird eine neue Koordinate gezogen. Wenn nach 25 Versuchen noch keine Koordinate gefunden wurde, wird eine gewisse Überschneidung toleriert und der Toleranzwert mit jedem neuen Versuch erhöht, bis dem Baum eine Koordinate zugewiesen werden konnte. Mit der Methode `setgroupRadius()` lassen sich neben einzelstammweisen Baumverteilungen auch gruppen-, horst- und truppweise Strukturen erzeugen. Grundsätzlich empfiehlt es sich, 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.

12.2.5 Mortalität

In der TreeGrOSS Software wird die 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 m^2/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

$$dg = \frac{1}{a_0 h 100^{a_1} N h a + b_0 h 100^{b_1}}$$

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

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

wobei $A' = a_0 \cdot h 100^{a_1}$ und $B' = b_0 \cdot h 100^{b_1}$

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

$$N h a_{G_{max}} = \frac{B'}{A'}$$

und durch Einsetzen der Stammzahl

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

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 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, bei dem noch 95% oder 99% der Bäume überleben können. Der Kronenschlussgrad kann mit der Kronenbreitenfunktion bei den beobachteten Durchmessern in die maximale Grundfläche umgerechnet werden.

Das `treegross.base` Paket enthält die Adapterklasse `PlugInMortality` mit der Methode `mortalityByInfluenceZone()`. Über diese Adapterklasse ist die standardmäßig vorhandene Java Klasse `Mortality()`, die zur Berechnung der dichteabhängigen Mortalität dient, mit der Software gekoppelt. Der standardmäßige Mortalitätsalgorithmus arbeitet positionsabhängig, das heißt, dass er die Koordinaten der Bäume berücksichtigt. Er ermittelt aus allen Bäumen denjenigen, bei dem in seiner Einflusszone, der aus der maximalen 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 Mortalitätsauswahl berücksichtigt, deren `c66xy`-Wert bei der Berechnung größer als der kritische Kronenschlussgrad war. Der kritische Kronenschlussgrad (`kritKS`) wird aus dem Wert der maximalen Dichte (G_{\max}) 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, maximales Alter überschritten haben. Die Überlebenswahrscheinlichkeit ($alive_{age}$) errechnet sich aus dem Quotienten des Baumalters (age) geteilt durch das maximale Alter (age_{\max}) der Baumart minus 1.0.

$$alive_{age} = \left(\frac{age}{age_{\max}} - 1 \right)$$

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.

12.2.6 Höhenzuwachs

In den meisten Einzelbaummodellen ist die Schätzung des Höhenzuwachses mit der größten Modellunsicherheit behaftet. Selten haben Höhenzuwachsmodelle Bestimmtheitsmaße, die über 0,4 liegen. Dies hängt zu einem Großteil 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 (1987), in einem Alter von 120 Jahren einen durchschnittlichen Höhenzuwachs von 0,6 m bei einer Mittelhöhe von 30,5 m. 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 bei einer einmaligen Messung mit 0,92 m 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 aus Ertragstafeln oder Bestandesmodellen berechnet werden.

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

In der TreeGrOSS Software erfolgt die Höhenzuwachsrechnung 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.

12.2.7 Durchmesserzuwachs

Im Modell BWINPro wird der Durchmesserzuwachs aus der Schätzung des Grundflächenzuwachses errechnet. Der Grundflächenzuwachs wird über die Variablen Alter, Kronenmantelfläche, Kronenkonkurrenzindex und die Veränderung des Kronenkonkurrenzindex bestimmt. Die Kronenmantelfläche wird aus dem

Kronenansatz und der Kronenbreite nach der Formel eines quadratischen Paraboloiden 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, welche für das Element *Diameter increment* eingegeben ist. In der Software wird der Durchmesserzuwachs der Variablen `bhhinc` der Klasse `Tree` zuerst zugewiesen.

12.2.8 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 *crownbaseXML* und *crownwidthXML* der *XML-Einstellungsdatei* gespeichert.

12.2.9 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 aus reinen 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), 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, da die beiden wichtigsten Baumarten, Buche und Fichte, an der Derbholzgrenze von 7 cm in etwa eine solche Kronenbreite aufweisen 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 von der Bestockung und einer Kronenschlussgradklasse (c66Kl). Da die Daten von 500 m² großen Probekreisen stammen und auch hete-

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

rogene Bestandesverhältnisse in der Simulation berücksichtigt werden sollen, wird der Einwuchs an Verjüngungsbäumen für 500 m² große, rechteckige Teilflächen eines Bestandes geschätzt. Die Bestandesfläche wird mit einem Raster von 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 c66-Klasse (c66Kl) – dem Lichtangebot - geschätzt. Für die Berechnung der c66Kl wird die Kronenschirmfläche aller Bäume, welche 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 einwachsenden Bäume geschätzt. Im anderen Falle wird die Einwuchsroutine für die spezielle Rasterzelle abgebrochen.

Die Anzahl der einwachsenden Bäume (nE) wird für jede 500 m² 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 500 m² 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 die Baumart gewählt, die mit der kumulierten Wahrscheinlichkeit aller möglichen Arten den Zufallswert überschreitet. 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 7 cm eingegeben wird. In diesem Fall sollte die Kronenbreite auf 2,52 m 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 `predicIngrowth()` verwendet.

Die automatische Berechnung des Einwuchses 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 Anhang zusammengestellt.

12.2.10 Totholz

Die entnommenen 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, sowie 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 das Totholz werden in der Software mit dem Java-Paket `treegross.harvesting`, in Verbindung mit dem Sortiermodul, berechnet. Zudem lassen sich die Mengen an Holz- und Nährstoffentnahme durch die Vorgabe von Sortimenten schätzen. Das Paket ist im Prinzip unabhängig vom Simulator, nutzt aber seine Struktur und erfordert daher das `treegross.base` Paket. Derzeit besteht keine Rückkopplung zwischen der Nährstoffentnahme und dem Zuwachs. Die Bewertung der Nährstoffentzüge kann für denselben 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 darüber hinaus
- alle Bäume der genannten Arten oder nur Z-Bäume
- Wertigkeit

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

- 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 nachdem, 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 24 dargestellten Elemente.

Tabelle 24: Elemente der Dateien loggingSortiment.xml und deadwoodSortiment.xml. Das Beispiel zeigt die Einstellungen für ein Sortiment: Nadelholz, 3m Abschnitte, keine Zugabe, Zopf 6,5 cm

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/m ³]
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)
ausgewaehlt	B	true	Sortiment ist für Auswertung ausgewählt (true/false)

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

Im ForestSimulator werden für die Eingabe und Auswahl der Sortimente die Java Klassen `SortingDialog` und `LoggingPanel` aus dem Paket `treegross.harvesting` verwendet. Die Sortierung des gesamten Bestandes, inklusive 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` Paket verwendet. Mit der Methode `getAssortment()` werden einerseits die Sortimentsentstellungen übergeben (s. Tabelle 24) und andererseits wird 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 `PluginTaperFunction` 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 die Einschätzung des Nährstoffexports verwendet werden. Da für Nordwestdeutschland zur Zeit 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 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 von der Baumart, des BHDs und der Höhe. In der Java Klasse `BiomassFaktoren` sind die Holzdichtefaktoren von KNIGGE und SCHULZ (1996) und die Nährstofffaktoren von JACOBSEN et al. (2003) enthalten. Die Faktoren werden über `get`-Methoden aus der Klasse abgefragt, wozu die entsprechende Baumart angegeben werden muss. Beide Java Klassen befinden sich im Paket `treegross.harvesting` und erfordern, dass der niedersächsische Baumartenschlüssel verwendet wird.

12.2.11 Bestandesbehandlung

Konzept

Die Wuchsleistung der Bäume und des gesamten Bestandes kann durch forstliche Eingriffe erheblich beeinflusst werden. Aus diesem Grund muss ein Waldwachstumssimulator auch über Eingriffsmöglichkeiten 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 die 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 in Bezug auf die Software komplett überarbeitet und sind im Java Paket `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 ausge-

führt 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 *XML-Einstellungsdatei* definierten Standardwerte für die Höhe der ersten 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 es sich jedoch, die Methode `executeManager2()`, die auch von der Dialogklasse `TgTreatmentMan3` des Paketes `treegross.simulation` im `ForestSimulator` verwendet wird, zu nutzen.

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 Habitatbäume zu verzichten, da dem Waldwachstumsmodell kaum Daten von sehr alten und großen Bäumen zugrunde 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 beispielsweise mehr Z-Bäume ausgewählt sind, als beim Erreichen der Zielstärke auf der Fläche Platz finden könnten. Z-Bäume werden mit dem Erreichen der Zielstärke, mit der Aktivierung des Schirmschlags und des Kahlschlags geerntet. Die Auswahl von temporären Z-Bäumen gilt jeweils nur für einen Durchforstungszeitpunkt und wird aus programmieretechnischer 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 jeweilige Baumart vorgegebenen Zielstärkendurchmesser überschritten haben. Weiterhin 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 aufeinander folgenden 5-Jahresperioden an (KRAMER 1982). Die Bäume unterhalb eines Durchmessers 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 sein sollte und die vorgegebenen Nutzungsmengen noch nicht erreicht sind. Wie viel Grundfläche (G_{aus}) im Rahmen einer Durchforstung entnommen werden soll, wird über die Differenz der tatsächlichen Grundfläche (G_{real}) und der gewünschten Grundfläche hergeleitet. Die gewünschte Grundfläche ergibt sich, baumartenweise gewichtet, aus der maximalen Grundfläche, welche mit Hilfe des Hgs aus der maximalen Dichtefunktion (G_{max}) bestimmt wird. Die maximale Grundfläche wird über den vorgegebenen natürlichen Bestockungsgrad (nB°) und der vorgegebenen Durchforstungsintensität (D_{fin}) 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 über den Faktor *Durchforstungsintensität* (Klasse `stand.trule`, Eigenschaft `thinningIntensity`) variieren. Bei einer Durchforstungsintensität von 1,0 wird der vorgegebene natürliche Bestockungsgrad eingehalten.

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

$$G_{\text{aus}} = G_{\text{max}} \cdot nB^\circ \cdot D_{\text{fin}} - G_{\text{real}}$$

- 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 diejenigen Bäume entfernt, die den höchsten Konkurrenzdruck auf die übrigen Bäume ausüben. Mit anderen Worten, es 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. Eine *Durchforstungsintensität* von beispielsweise 0,9 führt zu einer Grundflächenabsenkung um den Faktor 0,9. Die Durchforstung lässt sich schließlich auch mit der Vorgabe der minimalen und maximalen Eingriffsmengen begrenzen.

- Die *Naturschutzrestriktionen* haben einen Einfluss auf die Durchforstungen und die Holzernte. In der Methode können Sie festlegen, wie viele Habitatbäume pro Hektar ausgewählt werden sollen. Zudem können Sie einstellen, ob die Habitatbäume aus allen Bäumen, nur den Laubbäumen oder aus den Buchen und Eichen gewählt werden sollen. 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 (s. Behandlungselemente: 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 Option der *Pflanzung* gehört ebenfalls zu einem waldbaulichen Behandlungskonzept. Diese kann notwendig sein, wenn der Bestand umgebaut werden soll oder die vorhandene Verjüngung keine ausreichende Aussicht auf Erfolg aufweist. 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 so genannte Verjüngungsplatzhalter gepflanzt, die gewissermaßen jeweils einen Baum zum Zeitpunkt des Einwuchses ($BHD \geq 7$ cm) darstellten. Das Wachstum der Verjüngungsplatzhalter folgt einer exponentiellen Funktion, die im Alter 30 die Höhe der Bonitätskurve schneidet. Der dazugehörige BHD wird mit Hilfe vorgegebener h/d- Werte bestimmt. Ist der Konkurrenzindex C66 eines Verjüngungsplatzhalters 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 25 aufgeführten Methoden für die Einstellung der Bestandesbehandlung.

Tabelle 25: Methoden zur vereinfachten Einstellung der Bestandesbehandlung

Methodenname	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 26 zeigt den Ablaufplan. Als erstes wird geprüft, ob Erschließungslinien im Bestand angelegt werden sollen. Danach werden Bäume, die nach ihrem BHD als schutzwürdig eingestuft werden, als Habitatbäume markiert. Der Minderheitenschutz wird anschließend dadurch realisiert. Es wird pro Baumart, ein Baum als Z-Baum ausgewählt. An vierter Stelle wird die Habitatbaumwahl abgearbeitet. Habitatbäume werden festgelegt, wenn deren Anzahl auf der Fläche bisher unter der angestrebten Anzahl liegt. Im Anschluss wird geprüft, ob im Bestand Holzerntemaßnahmen notwendig sind. Für den Fall, dass ein vorgegebener Kronenschlussgrad unterschritten sein sollte, werden alle Bäume des Oberstandes genutzt (Ifd. Nr. 5). Holzerntemaßnahmen im Rahmen der Zielstärkennutzung, des Schirm- und Kahlschlages, werden unter den laufenden Nummern 5a bis 5c ausgeführt, sofern der Bestand die dafür notwendigen Merkmale aufweist. Ist die Menge an geerntetem Holz geringer als vorgegebene, werden alle bisher geernteten Bäume wieder in ihrem Status zurück gesetzt. Dadurch kann zum Beispiel in der Simulation sichergestellt werden, dass eine spezielle Maschine nur dann in einem Bestand eingesetzt wird, wenn auch ein ausreichender Arbeitsanfall vorhanden ist. Nach der Holzernte wird die Z-Baumauswahl überprüft. Wurde die Zahl der Z-Bäume 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 ausfallen sollte, werden die als durchforstet markierten Bäume zurückgesetzt. Zuletzt wird geprüft, ob eine Pflanzung in dem Bestand vorgesehen ist und im gegebenen Falle auch ausgeführt.

Tabelle 26: *Aufruf der Bestandesbehandlungselemente nach der Methode executeManager2() der Klasse Treatment2*

Lfd. Nr.	Behandlungselement	Bedingungen für die Ausführung	Methode der Klasse TreatmentElements2 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 Behandlungselementen, welche im Folgenden beschrieben werden, können die meisten in Deutschland praktizierten, waldbaulichen Behandlungsprogrammen abgebildet werden.

- *Anlage der Rückegassen* `createSkidtrails()`: Diese Methode ermittelt die minimale x-Koordinate (xmin). Die erste Rückgasse wird bei $xmin + 0,5 * \text{Gassenabstand}$ angelegt. Alle Rückgassen verlaufen in y-

Richtung. Alle Bäume die auf den Rückgassen stehen, werden entnommen und als Durchforstungsbäume markiert.

- *Schutz von Bäumen ab einem vorgegebenem BHD* `markTreesAsHabitatTreesByDiameter()`: Aus Naturschutzgründen ist es möglich, Bäume ab einem bestimmten Durchmesser unter Schutz zu stellen. Die Methode markiert alle Bäume, deren BHD größer ist 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, indem 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 einen 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 ($h > Species.trule.minCropTreeHeight$). Bereits ausgesuchte Z-Bäume bleiben dabei unberücksichtigt. Es wird versucht, Habitatbäume mit einem möglichst großen Mindestabstand zu den ausgesuchten Z-Bäumen zu platzieren, 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 über eine Zufallszahl 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 könnten, 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 bei Zielstärke, kein Z-Baum die Krone eines anderen Z-Baumes berühren darf. 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. 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 Zielstärkenutzung 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 weitesten überschritten haben.
- *Holzernte Schirmschlag* `harvestSchirmschlag()`: Die Methode bildet virtuell die Holzernte nach einem Schirmschlagverfahren nach. Dabei werden alle Bäume des Oberstandes nach der vorgegebenen Verjüngungs-

gangzahl 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 der Bestand in der Verjüngungsphase ist und in welcher Verjüngungsperiode er sich befindet. Der Schirmschlag wird begonnen, wenn 30% der Grundfläche der Z-Bäume im zielstarken Bereich liegen.

- *Holzernte Kahlschlag* `harvestClearCut()`: Der Kahlschlag erfolgt, wenn sich 30% der Grundfläche der Z-Bäume im zielstarken Bereich befinden. In diesem Fall werden alle Bäume, außer den Geschützten, 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 Auslese-durchforstung wird nach den oben beschriebenen Verfahren zunächst die Grundfläche festgelegt, die bei 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 freigestellt, sodass 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 wurde. Der Kronenkonkurrenzindex `c66xy` wird für eine Einflusszone der doppelten Kronenbreite des Bezugsbaumes berechnet. Wie viele Z-Bäume letztendlich entnommen werden, hängt von der zu entnehmenden Grund-

fläche ab (siehe oben). Darüber hinaus kann das Durchforstungsvolumen für einen Eingriff über einen 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 das beschriebene Behandlungselement *Z-Bäume freistellen*. Der einzige Unterschied liegt darin, dass hier 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, werden von dieser Methode zusätzlich Füllbäume zum Erreichen der Zielgrundfläche entfernt. Iterativ wird jeweils der Füllbaum entfernt, welcher 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 vom 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 sein kann. 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.

12.2.12 Modellgrenzen

Die Güte eines Wachstumsmodells hängt im Wesentlichen von dem vorhandenen Datenmaterial ab. Das Datenmaterial ist häufig sehr heterogen, d.h. Durchmesser, Höhe, Kronenbreite und Kronenansatz wurden an Einzelbäumen mit unterschied-

licher 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 werden. Sofern Fehlerrahmen angegeben sind, gelten diese 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, in denen sie nur mit sehr geringem oder gar keinem Umfang im Datenmaterial vorkamen, 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.

12.3 WPENGINE

In diesem Kapitel werden verschiedene Modelle und Berechnungsverfahren vorgestellt, welche nicht im TreeGrOSS-Modul enthalten sind, aber in den Systemen WaldPlaner und WebBetriebsPlaner zum Einsatz kommen. Beide Systeme greifen auf eine gemeinsame Bibliothek zurück, welche neben Datenbank- und GIS-Funktionen auch die zusätzlichen Modelle und Algorithmen zur Berechnung verschiedener, fortlich relevanter Indikatoren beinhaltet. Diese Bibliothek, die *WPENGINE*, ist in mehrere Pakete untergliedert. Abbildung 53 verdeutlicht den Aufbau der WPENGINE.

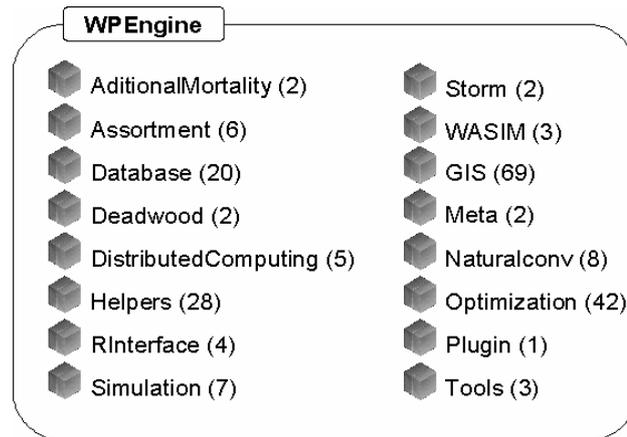


Abbildung 53: Pakete der Bibliothek WP Engine, in Klammern die Anzahl der einzelnen Klassen in den jeweiligen Paketen

Die Pakete *AdditionalMortality*, *Assortment*, *Deadwood* und *Storm* beinhalten verschiedene, zusätzlich implementierte Modelle zur Abschätzung von Absterbeprozessen bzw. Risikosituationen. Die Berechnungsroutinen für die meisten Auswertungsindikatoren sind in den Klassen des Pakets *Helpers* implementiert. Die Routinen zur Berechnung räumlicher Indikatoren befinden sich in dem Paket *GIS*, welches zudem die gesamte Funktionalität zum Lesen, Darstellen und Auswerten raumbezogener Daten beinhaltet. Mit insgesamt 69 einzelnen Klassen ist dies das umfangreichste Paket. Mit 42 Klassen ist das Paket *Optimization* das zweit umfangreichste. Es stellte alle, für die in den Programmen WaldPlaner und WebBetriebsPlaner zum Einsatz kommenden Optimierungsverfahren benötigten Klassen zur Verfügung. Eine Anbindung an die Statistiksoftware R ist in dem Paket *RInterface* realisiert. Das Paket *Simulation* fasst alle Klassen zusammen, welche für die Simulation (Wachstum, Eingriffe, Mortalität) der einzelbaumbasierten Modellbestände (→ Klasse *Stand* im *TreeGrOSS* Paket *base*) benötigt werden.

Die Datenbankanbindung sowie der Datenimport werden in den Paketen *Database* und *Plugin* organisiert. Das Paket *Plugin* beinhaltet lediglich die Klassen *StandFactoryPluginLoader*. Diese Klasse übernimmt das Laden der als Plugin realisierten Importroutinen für verschiedene Rohdatenformate.

12.3.1 Import-Plugins - StandFactory

Alle im WaldPlaner mitgelieferten Plugins implementieren das im Paket *Database* beinhaltete Interface *StandFactory*. Möchten Sie eigene Plugins zum Datenimport entwickeln, müssen Sie die angepassten Routinen in einer Klassen organisieren, welche sich ebenfalls von der *StandFactory* ableitet. Dieses Interface „erzwingt“ folgende Methoden:

```
public void initFactory(Connection read, StandQueries write, double modelstandsize, String modelregion, boolean correctdg, MetaDataManager mdm)
```

Die Methode *initFactory(...)* initialisiert die StandFactory. Übergeben werden u. a. eine Datenbankverbindung (*Connection read*) und ein Objekt vom Typ *StandQueries* (*write*). Alle Objekte bzw. Parameter stellt der WaldPlaner zur Verfügung, welcher die Initialisierung aufruft. Das Objekt *read* stellt die Verbindung zu der Rohdatenquelle her. Das Objekt *wirte* beinhaltet ebenfalls eine Datenbankschnittstelle (zu der Zieldatenbank) und beinhaltet darüber hinaus verschiedene Methoden, um vom WaldPlaner benötigte Tabellen anzulegen und die generierten Modellbestände zu speichern. Die Größe der zu generierende Modellbestände wird über den Parameter *modelstandsize* in Hektar übergebenen. Die Modellregion (String *modelregion*) sollte immer „default“ sein und wird ebenfalls vom WaldPlaner dem Interface übergeben. Der Parameter *correctdg* zeigt an, ob der Anwender im WaldPlaner eine Durchmesserkorrektur der durch Forsteinrichtungsdaten zur Verfügung gestellten dg-Informationen durchführen soll. Das Objekt *MetaDataManager* beinhaltet Informationen zu den hinterlegten Modelldaten (baumartenspezifische Parameter, Hilfstafeln etc.).

```
public void setMetaData(MetaDataManager mdm)
```

Diese Methode ist nur noch aus Kompatibilitätsgründen vorhanden. Der *MetaDataManager* wird bei der Initialisierung der StandFactory aufgerufen.

```
public int buildStands(String newtablename, String[] sourceables, String source_id_column)
```

Diese Methode wird vom WaldPlaner aufgerufen, um den Generierungsprozess einzuleiten. Die Methode muss dafür sorgen, dass ein Vector erstellt wird, welcher alle zu simulierenden IDs beinhaltet und an die folgende Methode übergeben wird.

```
public int buildStands(String newtablename, String[] sourceables, Vector<Integer> ids)
```

Diese Methode sollte so implementiert werden, dass sie die Steuerung des gesamten Generierungsablaufs übernimmt. Hier sollten die Zieltabellen erstellt werden und der Vector mit den Bestandes-IDs durchlaufen werden und unter Berücksichtigung der übergebenen Rohdaten jeweils ein Modellbestand generiert und in die erstellten Zieltabellen gespeichert werden.

```
public double getPercentageDone()
```

Der WaldPlaner zeigt dem Anwender einen Prozentbalken an, welcher über den Generierungsfortschritt informiert. Damit dieser korrekt funktioniert, muss die Methode *getPercentageDone()* implementiert werden. Diese sollte eine Zahl zwischen Beiträgen der NW-FVA, Band xyz, 2010

0 und 1 zurückgeben, wobei 1 bedeutet, dass 100 Prozent aller Bestände generiert und gespeichert wurden.

```
public void forceStop()
```

Diese Methode muss so implementiert werden, dass bei ihrem Aufruf der Generierungsprozess abgebrochen wird. D. h. es muss eine Zeigervariable definiert werden, welche der laufende Generierungsprozess ständig prüft und bei einem entsprechenden Wert abbricht. Die Methode *forceStop()* setzt lediglich die Zeigervariable auf den Wert, welcher das Abbruchkriterium erfüllt.

```
public String[] getTablesNeeded()
```

Die Methode gibt ein String-Array zurück. Das Array zeigt welche Rohdatentabellen von der *StandFactory* erwartet werden (z. B. Einzelbaumdaten und Plotinformationen) Diese Methode ruft der WaldPlaner vor dem Generierungsprozess auf. Der Anwender spezifiziert dialogbasiert die konkreten Tabellennamen, welche der factory über die Initialisierungs-Methode übergeben werden.

12.3.2 Totholzmodell

Da mit dem ausgewählten Wuchsmodell TreeGrOSS Bestände einzelbaumweise modelliert werden, ist es in Kombination mit der im TreeGrOSS-Paket mitgelieferten Sortieroutine und dem o. g. Nutzungsmodell möglich, die Auswirkungen verschiedener Sortierungsvorgaben und Nutzungs- bzw. Pflegestärken auf die Entwicklung des Totholzes (stehend und liegend) abzubilden.

In der *WPENGINE* wurden die hierzu benötigten Methoden in der Klasse *DeadWoodVariant* gekapselt.

Das Modell kann Totholz aus natürlicher Mortalität abbilden. Darüber hinaus kann Totholz „aktiv“ angereichert werden. Dies wird erreicht, indem definierte Abschnitte eines Stamms, welcher im Rahmen eines modellierten Eingriffs entnommen und sortiert wurde, im Modellbestand belassen werden. Die Zersetzung des liegenden Totholzes wird baumartengruppenspezifisch nach dem von Meyer (MEYER et al. 2009) vorgestellten Verfahren modelliert, welches den Volumenabbau ähnlich schätzt, wie das bisher in BWINPro verwendete Modell von Müller-Using (MÜLLER-USING 2005), jedoch auf einer breiteren Datengrundlage parametrisiert wurde und zusätzlich die Bruchwahrscheinlichkeiten von stehenden Bäumen oder Hochstümpfen abschätzen kann. Die Zersetzung bzw. Volumenreduktion wird dabei mittels einer linearen Abbaufunktion geschätzt (**Gl. 1**). Aufgrund des Modelltyps (linear) kann V_t für kleine t geringfügig größer als V_0 werden. In diesen Fällen wird V_t gleich V_0 gesetzt.

$$V_t = \begin{cases} V_0 & V_t > V_0 \\ V_0 - k \cdot t & \text{sonst} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{wobei:} \\ V_t = \text{Volumen zum Zeitpunkt } t \\ V_0 = \text{Ausgangsvolumen} \end{array} \quad \text{Gl. 1}$$

k = Abbaurrate (baumartengruppenspezifisch)
t = Zeit in Jahren

Durch eine entsprechende Definition der Sortierungsvorgaben kann gezielt Totholz mit gewünschter Dimension angereichert werden. Dies kann zum einen ökologisch bedeutsam sein, aber auch einen finanziellen¹⁶ Hintergrund haben.

Neben der Zersetzung liegenden Totholzes, kann das Modul auch stehendes Totholz abbilden. Dieses entsteht z. B. durch konkurrenzbedingte Mortalität und vor allem durch Extremereignisse (Stürme, Kalamitäten). Wobei letztere in dem gewählten Wachstumsmodell noch nicht umgesetzt sind. In diesem System fällt stehendes Totholz lediglich durch die konkurrenz- bzw. altersbedingte Mortalität an. Für das stehende Totholz wird nach jedem Wachstumszyklus eine Bruchwahrscheinlichkeit berechnet.

$$P_{Bruch} = 1 - e^{-\left(\frac{t-\theta}{\sigma}\right)^c} \quad \text{wobei:} \quad \text{Gl. 2}$$

P_{Bruch} = Bruchwahrscheinlichkeit
 θ = Schwellenwert Parameter
 σ = Maßstabs-Parameter (charakteristische Lebensdauer)
 c = Form-Parameter
 t = Zeit in Jahren

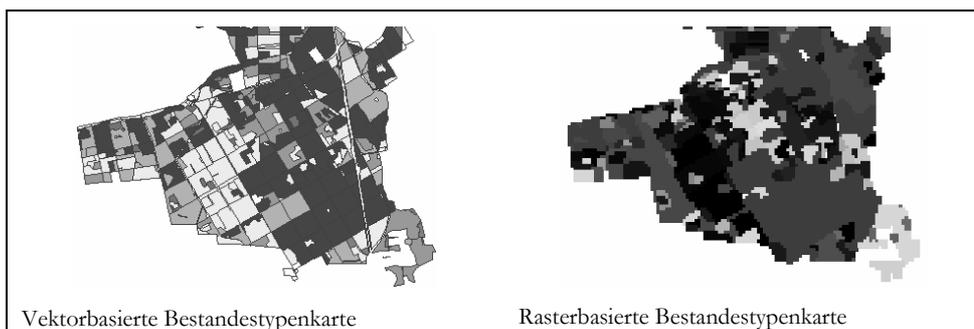
Dieser Wert gibt an, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass der jeweilige stehende Stamm oder Stumpf umbricht. Stehendes Totholz wird nicht wie das liegende Totholz modellhaft zersetzt. Erst nach dem Umbrechen greifen die oben beschreibenden Funktionen zur Schätzung der Volumenabnahme. Um den Zeitpunkt des Umfallens zu bestimmen, kommt eine baumartengruppenspezifische Weibullfunktion zum Einsatz. Mit dieser Funktion wird für alle stehenden und toten Bäume nach jedem Simulationsintervall berechnet, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass der entsprechende Baum umfällt. Diese Wahrscheinlichkeit wird mit einer Zufallszahl verglichen. Ist die Bruchwahrscheinlichkeit höher, wird der Baum dem Pool des liegenden Totholzes zugefügt und im Verlauf der weiteren Simulation die Volumenabnahme modelliert.

12.3.3 BT-Durchmischung

Über die Baumartenanteile oder den Baumarten-Shannon-Index eines Betriebes können Aussagen über die Artenvielfalt getroffen werden. Der Index Bestandestypendurchmischung hingegen sagt etwas über die räumliche Verteilung und somit die landschaftliche Vielfalt oder den Abwechslungsreichtum der Landschaft aus. Der hier vorgestellte Ansatz basiert auf der Berechnung des Mischungs-Index nach FÜLDNER (FÜLDNER 1995). Dieser Index wird zu Quantifizierung der räumlichen Baumartenmischung in einzelnen Beständen verwendet. Es wird für jeden Baum der Anteil seiner n nächsten Nachbarn mit derselben Art des Bezugsbaums be-

¹⁶

rechnet. Aus den einzelnen Anteilen wird ein Index für den gesamten Bestand aggregiert. Ein ähnliches Vorgehen wird in dem vorgestellten System zur Berechnung der Bestandestypendurchmischung verwendet. Die vektorbasierte (Shapefile) Bestandestypenkarte (vgl. Abbildung 54 oben links) wird von der Methode *calculateMixKoeff(...)* der Klasse *RasterTools* im GIS-Paket in Rasterzellen (50x50 m) umgewandelt (vgl. Abbildung 54 oben rechts). Anschließend wird für jede Rasterzelle geprüft, wie viele der direkt angrenzenden acht Rasterzellen einen anderen BT aufweisen (vgl. Abbildung 54 unten links). Geostatistische Verfahren arbeiten oft mit einem sog. Moving Window, welches über die direkten Nachbarn hinaus noch weitere Rasterzellen abstandsgewichtet berücksichtigt (LEITÃO et al. 2006). Der Mittelwert über alle Rasterzellen des Untersuchungsgebiets bzw. des Betriebes kann als sog. Durchmischungskoeffizient bezeichnet werden und charakterisiert die landschaftliche Vielfalt anhand des Abwechslungsreichtums der Bestandestypen. Um die Interpretation und die Vergleichbarkeit dieses Koeffizienten zu verbessern, wird der Wert durch die maximal mögliche Durchmischung geteilt. Diese wird ähnlich wie der Durchmischungskoeffizient berechnet. Der einzige Unterschied besteht darin, dass jedem Bestand nicht der tatsächliche Bestandestyp zugewiesen wird, sondern eine nur einmal vergebene Ziffer. Dadurch ist sichergestellt, dass alle Nachbarn eines Bestandes einen anderen, fiktiven Bestandestyp aufweisen. Die Berechnung des Durchmischungskoeffizienten auf Basis der fiktiven Bestandestypen ergibt den maximal möglichen Durchmischungswert. In Abbildung 54 (unten links) ist zu erkennen, dass die hell eingefärbten Rasterzellen, welche eine hohe Durchmischung aufweisen, im Bereich der Bestandesgrenzen liegen, da alle Nachbarn eines Bestands einen anderen (fiktiven) BT aufweisen. Durch Normieren mit der maximal möglichen Durchmischung wird der einfache Durchmischungskoeffizient direkt vergleichbar und interpretierbar. Ein Wert von 1 bedeutet, dass die maximal mögliche Durchmischung vorliegt. Bei der Interpretation ist jedoch zu beachten, dass ein hoher Durchmischungswert nicht zwangsläufig auch auf eine große Anzahl verschiedener Bestandestypen schießen lässt. Die Durchmischung in einem Betrieb mit nur drei verschiedenen Bestandestypen kann beispielsweise größer als in einem Betrieb mit sechs verschiedenen Bestandestypen sein. Ausschlaggebend ist die räumliche Verteilung der Bestandestypen.



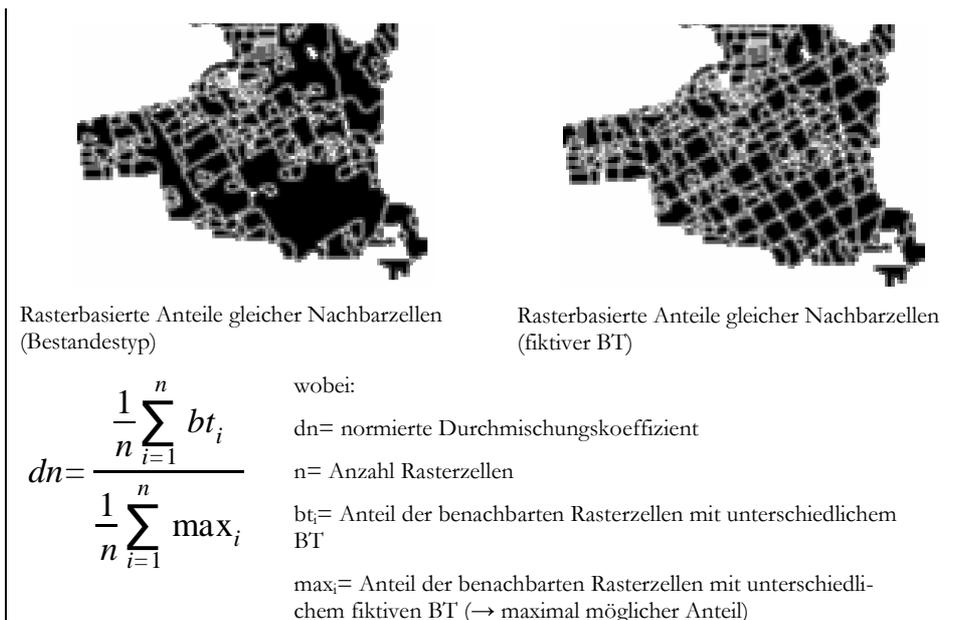


Abbildung 54: Darstellung der einzelnen Schritte zur Berechnung des normierten Durchmischungskoeffizienten. In den beiden unteren Abbildungen deuten dunkel Schattierungen auf einen geringen Anteil von Nachbarzellen mit anderem Bestandestyp hin. Je heller die Schattierung wird, desto mehr benachbarte Zellen weisen einen anderen BT auf.

12.3.4 Ökonomischer Erfolg

Zur Bewertung des ökonomischen Erfolgs (*oet*) eines Szenarios oder einer Variantenkombination im Rahmen eines Optimierungslaufes werden der Abtriebswert (*A*) und die Summe der verzinnten Erlöse aus Eingriffen der jeweiligen Simulationsperiode (*e*) gleich gewichtet verknüpft. Durch Kombination des Abtriebswertes und der Erlöse wird sowohl die Vermögenssphäre als auch die Finanzsphäre der Variantenkombination (des waldbaulichen Handelns) berücksichtigt (Gl. 3). Sowohl der Abtriebswert als auch die Erlöse werden unter Berücksichtigung der Erntekosten berechnet. Zur Berechnung der Erlöse kommen baumartenspezifische, vom BHD und dem Z-Baum-Status abhängige Bewertungsfunktionen zum Einsatz (DUDA 2006, S. 87-88). Da die Modellbäume keine Qualität zugeordnet bekommen, wird verallgemeinernd davon ausgegangen, dass die ausgewählten Z-Bäume durch einen besseren Pflegezustand eine bessere Qualität und somit höhere Erlöse erreichen.

$$oet = A_{t_1} + \sum_{i=1}^n e_i (1 + p)^{n-i} \tag{Gl. 3}$$

wobei:

- oet= ökonomischer Erfolg
- A_{t1}= erntekostenfreier Abtriebswert zum Zeitpunkt t₁
- e_i= erntekostenfreie Erlöse zum Simulationsjahr i

p= Zinssatz/100
n= Simulationsdauer in Jahren

Ein weiterer geeigneter Indikator wäre z. B. der Holzproduktionswert (MÖHRING et al. 2006). Dieser Wert berücksichtigt in einer annuisierten Darstellung ebenfalls beide Sphären. Die Vermögenssphäre wird über die diskontierte Veränderung des Abtriebswertes (t_0 bis t_n) abgebildet. Da bei dem vorliegenden Optimierungsproblem für alle Variantenkombination der Ausgangsabtriebswert (t_0) identisch ist, wird auf die oben beschriebene Berechnung des ökonomischen Erfolgs zurückgegriffen.

12.3.5 Handlungsdringlichkeit

Dieser Index dient der Bestimmung der Dringlichkeit, in einem Bestand eine Pflegemaßnahme oder Endnutzung durchzuführen. Wichtig dabei ist die Relation der ermittelten Werte zueinander und nicht die absolute Aussagekraft. Dieser Index wird im Rahmen Optimierung eingesetzt, wobei u. a. eine Unterauswahl an möglichst pflege- bzw. nutzungsdringlichen Beständen getroffen werden soll bzw. die ermittelte Nutzungsstrategie mittelfristig zu einer geringen Handlungsdringlichkeit führen soll. Die beiden Komponenten *Endnutzungsdringlichkeit* und *Pflegedringlichkeit* werden aber auch im Rahmen einer nutzergesteuerten Szenariosimulation berechnet und gespeichert, so dass diese im Rahmen eines Variantenstudiums zur Verfügung stehen. Die Methoden zur Berechnung der Dringlichkeiten sind in der *WPENGINE* im Paket *Helpers* abgelegt.

Die Bestimmung und Quantifizierung der Eingriffsdringlichkeit für einzelne Bestände ist ein wichtiger Indikator im Rahmen der Entscheidungsunterstützung. Verbleiben Bestände zu lange in einem ungepflegten Zustand, ist mit Einbußen der zu erwartenden Qualität und Masse des Endnutzungsbestandes und sinkender Bestandesstabilität zu rechnen. Ledermann u. Neumann (LEDERMANN u. NEUMANN 2009) bestimmen die Eingriffsdringlichkeit für Vornutzungsbestände über die Bestandesdichte und die Endnutzungsdringlichkeit mittels geschätzter Wertzuwächse. Je geringer der Wertzuwachs ausfällt, umso dringlicher ist die Durchführung der Endnutzung eines Bestandes.

Pflegedringlichkeit

Die Pflegedringlichkeit drückt die besondere Notwendigkeit zur Durchführung von Pflegemaßnahmen in Vornutzungsbeständen aus. Pflegemaßnahmen verfolgen vor allem das Ziel den Wertzuwachs zu fördern, die Bestandesstabilität zu sichern und die Baumartenmischung zu regulieren (DENGLER 1992). Oft wird die Pflegedringlichkeit einer Behandlungseinheit am Bestockungsgrad oder gar am Zeitraum bis zur letzten durchgeführten Maßnahme festgemacht. Dies sind Indikatoren, die nur zum Teil oder keine objektive Einschätzung der tatsächlichen Pflegedringlichkeit zulassen.

Zur quantitativen Bestimmung der Pflegedringlichkeit eines Modellbestandes werden, um dem Ziel der Vornutzung gerecht zu werden, folgende Indikatoren berücksichtigt:

- Bedrängung der Z-Bäume
- Zielerreichungsprozent nach Duda (DUDA 2006)
- Bestandesdichte

Die Bedrängung der Z-Bäume wird über die auf der Arbeit von Döbbeler (DÖBBELER 2004) basierende maximale Dichte hergeleitet. Für jeden Z-Baum eines modellhaft abgebildeten Vornutzungsbestands wird der Konkurrenzdruck (C_{66}) hergeleitet. Weiterhin wird für jeden Z-Baum die maximal erträgliche Konkurrenz berechnet (C_{66max}). Diese wird aus der maximalen Stammzahl eines Bestandes abgeleitet, dessen hg und dg dem BHD und der Höhe des jeweiligen Z-Baums entsprechen. Das Verhältnis von tatsächlichem und maximalem Konkurrenzdruck beschreibt die Dringlichkeit den jeweiligen Z-Baum freizustellen. Je größer das Verhältnis wird, umso stärker ist der Konkurrenzdruck auf den Bezugsbaum. Das so berechnete Verhältnis kann minimal den Wert 0 annehmen, welcher gleichzeitig den kleinstmöglichen Konkurrenzdruck beschreibt. Werte über 1 sind eher unwahrscheinlich, da ab dieser Konkurrenzsituation der Baum modellbedingt abstirbt. Das Mittel der Einzelbaumwerte ergibt einen Indikator zur Beschreibung der Bedrängungssituation der Z-Bäume auf Bestandesebene (vgl. Gl. 4).

Nach der gleichen Vorgehensweise wird der Bedrängungszustand für den Füllbestand hergeleitet, um eine Aussage über die gesamte Bestandesdichte zu erhalten. Wurde für den Bestand eine Zielbestockung zugewiesen, geht neben den beiden konkurrenz-basierten Teil-Indizes zusätzlich das Zielerreichungsprozent in die Berechnung der Pflegedringlichkeit ein. Dieser Wert beschreibt den Grad des bereits erreichten Zielbaumartenzusammensetzung (DUDA 2006).

$$pd_i = \begin{cases} 0.6 \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{C_{66j} ist}{C_{66j} max} \right) + 0.25 \left(\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \frac{C_{66l} ist}{C_{66l} max} \right) + 0.15(1 - zp_i) & \text{?p bekannt} \\ 0.7 \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{C_{66j} ist}{C_{66j} max} \right) + 0.3 \left(\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k \frac{C_{66l} ist}{C_{66l} max} \right) & \text{?p unbekannt} \end{cases} \quad \text{Gl. 4}$$

wobei:

pd_i = Pflege-Dringlichkeit von Bestand i

n = Anzahl Z-Bäume im Bestand i

k = Anzahl Füllbäume im Bestand i

zp_i = Zielerreichungs-Prozent (DUDA 2006)

Die zwei bzw. drei Teil-Indikatoren werden verschieden stark gewichtet und additiv verknüpft. Liegt das Zielerreichungsprozent nicht vor, wird diese Komponente aus der Gleichung zur Bestimmung der Pflegedringlichkeit eliminiert und die Gewichte für die Teilkomponenten *Bedrängungszustand Zukunftsbäume* und *Bedrängungsbeiträge der NW-FVA*, Band xyz, 2010

z ustand Füllbestand auf 0,7 und 0,3 festgelegt. Liegen alle drei Indikatoren vor, verteilen sich die Gewichte wie folgt: 0,6 *Bedrängungszustand Zukunftsbäume*, 0,25 *Bedrängungszustand Füllbestand* und 0,15 *Zielerreichungsprozent*.

Nutzungsdringlichkeit

Zur der Quantifizierung der Endnutzungsdringlichkeit (ed) werden zwei Terme gleich gewichtet, additiv verknüpft (Gl. 14). Der erste Term beschreibt die Vorratsanteile zielstarker Bäume am Gesamtvorrat. Die Vorratsanteile werden für drei Durchmesserklassen berechnet. Die erste Klasse z_1 beinhaltet alle Bäume mit einem BHD ab Zielstärke bis einem BHD kleiner Zielstärke zuzüglich 5cm. Die zweite Klasse (z_2) beinhaltet Bäume mit einem Durchmesser im Intervall Zielstärke+5cm \leq BHD $<$ Zielstärke+10cm. In die letzte Klasse z_3 fallen alle Bäume mit einem Durchmesser gleich oder größer der baumartenspezifischen Zielstärke+10cm. Die Vorratsanteile der einzelnen Klassen werden unterschiedlich gewichtet aufsummiert. Dadurch wird erreicht, dass der Anteil der Bäume, welche den Zieldurchmesser am stärksten überschreiten, die Endnutzungsdringlichkeit stärker erhöht. Der zweite Term beschreibt den relativen jährlichen Zuwachs aller zielstarken Bäume für eine 10-jährige Wachstumsperiode.

Gl. 5

$$ed_i = 0.5 \left(0.2 \frac{v_{z1}}{v_{ges}} + 0.3 \frac{v_{z2}}{v_{ges}} + 0.5 \frac{v_{z3}}{v_{ges}} \right) + 0.5 \left(1 - f \left(\frac{\Delta v_z}{v_z} \right) \right)$$

wobei:

ed_i = Endnutzungsdringlichkeit des i -ten Bestandes

v_{ges} = Vorrat aller Bäume

v_{z1} = Vorrat Bäume mit Zielstärke \leq BHD $<$ Zielstärke+5cm

v_{z2} = Vorrat Bäume mit Zielstärke+5cm \leq BHD $<$ Zielstärke+10cm

v_{z3} = Vorrat Bäume mit BHD \geq Zielstärke+10cm

Δv_z = Zuwachs zielstarker Bäume

v_z = Vorrat zielstarker Bäume

f = Skalierungsfunktion für den relativen Zuwachs

Zur Berechnung muss der jeweilige Bestand i folglich zehn Jahre fortgeschrieben werden. Der relative Zuwachs wird über eine Funktion f transformiert. Dadurch wird erreicht, dass ein relativer Zuwachs ab ca. 10 Prozent einem Wert von 1 entspricht. Ein Zuwachs von 0 entspricht einem Wert von ebenfalls ungefähr 0. Für f wird eine sigmoide Funktion gewählt, welche in den Grenzbereichen (nahe 0 und nahe 1) einen flacheren Verlauf aufweist, so dass Zuwachswerte im Grenzbereich zu relativ ähnlichen Transformationswerten führen (Abbildung 55). Dadurch werden schwachen Zuwächsen geringere Werte zugewiesen, so dass eine schwache Zuwachssituation durch die Transformation „strenger“ bewertet wird.

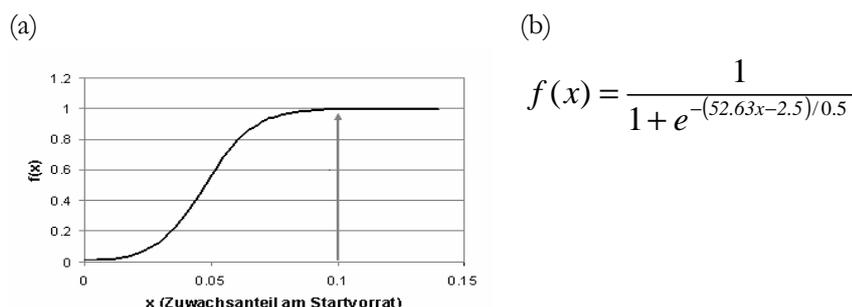


Abbildung 55: (a) Plot der verwendeten sigmoiden Funktion zum Transformieren der relativen jährlichen Zuwächse, (b) Sigmoidale Transformationsfunktion

Der transformierte Zuwachswert wird von 1 subtrahiert, so dass der zweite Term für hohe Zuwachswerte klein und für geringe Zuwachswerte groß bzw. maximal 1 wird, da in diesem Fall der Index zur Beschreibung der Endnutzungsdringlichkeit ebenfalls einen hohen Wert annehmen soll. Bestände mit zielstarken Bäumen, welche einen vergleichsweise höheren zukünftig zu erwartenden Zuwachs aufweisen, werden so als weniger eingriffsdringlich eingestuft als Bestände auf denen die zielstarken Bäume geringere oder keine Zuwächse leisten. In letzteren Beständen sollte eher die Endnutzung eingeleitet werden, da hier für die erntereifen Bäume das Risiko einer Entwertung steigt.

12.3.6 Aggregation

Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten die räumliche Nähe von Beständen zu definieren (BAILEY u. GATRELL 1995, CHEN u. v. GADOW 2002). Beispielsweise könnte die Länge gemeinsamer Grenzen zur Beschreibung der Aggregation verwendet werden (KURTILLA et al. 2002). Eine weitere Möglichkeit beruht auf dem euklidischen Abstand bzw. der Distanz zwischen den Beständen oder es werden einem Bestand Bestände als direkte Nachbarn zugewiesen, wenn sie innerhalb eines definierten Buffers um den Bezugsbestand liegen (HURME et al. 2007).

In dem WaldPlaner und dem WebBetriebsPlaner wird die räumliche Nähe bzw. die Klumpung über zwei untergeordnete Indikatoren definiert. Zum einen wird die minimale Wegstrecke zwischen allen ausgewählten Beständen berechnet, zum anderen wird ein Wert hergeleitet, welcher die Klumpung der ausgewählten Bestände beschreibt. Die benötigten räumlichen Rechenoperationen (minimale Wegstrecken ermitteln, direkte Nachbarn bestimmen usw.) werden nicht in einem externen GIS durchgeführt, sondern direkt mit der implementierten GIS-Komponente der *WP Engine* realisiert. Dies erhöht die Performance und die Prakti-

kabilität, da ein zusätzlicher Datenaustausch und die zusätzliche Installation eines GIS entfallen.

Die kürzeste Wegstrecke zwischen allen Beständen wird, je nach Verfügbarkeit von Geoinformationen, über zwei verschiedene Vorgehensweisen bestimmt. Liegen keine Geoinformationen zur Erschließung und zum Wegenetz vor, wird der euklidische Abstand zwischen zwei Beständen verwendet (Gl. 6).

$$d_{ij} = \sqrt{(v_{i1} - v_{j1})^2 + (v_{i2} - v_{j2})^2}$$

wobei: Gl. 6
 d_{ij} = Distanz zwischen Bestand i und Bestand j
 \vec{v}_i, \vec{v}_j = Ortsvektoren der Centroide von Bestand i und j

Liegen Geoinformationen zum Wegenetz vor, wird die kürzeste Route zwischen den einzelnen Beständen berechnet und anschließend die optimale Eingriffsreihenfolge bestimmt (vgl. Abbildung 56 a). Zur Berechnung der kürzesten Route zwischen zwei Beständen wird die modifizierte Variante des Dijkstra-Algorithmus (DIJKSTRA 1959) verwendet. Dieser Algorithmus ist ein geeignetes Verfahren, um in einem Wegenetz die optimale (günstigste, kürzeste) Route zwischen einem Start- und einem Zielknoten zu ermitteln. Durch Modifikation eines erweiterten, attribuierten Graphen können weitere Routeneigenschaften, wie Gefälle oder Art der einzelnen Wegstrecken berücksichtigt werden. Das System muss das gegebene Erschließungssystem in einen Graphen¹⁷ übersetzen. Um den zu durchsuchenden Graphen so klein wie möglich zu halten und somit die Suchgeschwindigkeit so schnell wie möglich zu gestalten, wird um alle vom Hauptsuchalgorithmus aktuell ausgewählten Bestände ein rechteckiger Buffer gelegt. Dieser wird mit dem Wegenetz verschnitten und alle in dem Buffer liegenden oder seine Grenze schneidenden Wege zum Aufbau des Graphen ausgewählt. Knotenpunkte, an denen nur zwei Wege (z. B. unterschiedlichen Typs) zusammenlaufen werden automatisch entfernt. Dies ist möglich, da in diesem Fall nur die Wegstrecke und keine weiteren Attribute berücksichtigt werden. Durch dieses Vorgehen wird der Suchraum (der Graph) zusätzlich verkleinert.

(a)

(b)

¹⁷ Graphen sind bestimmte Datenordnungssysteme, die auch für Routing-Probleme verwendet werden.

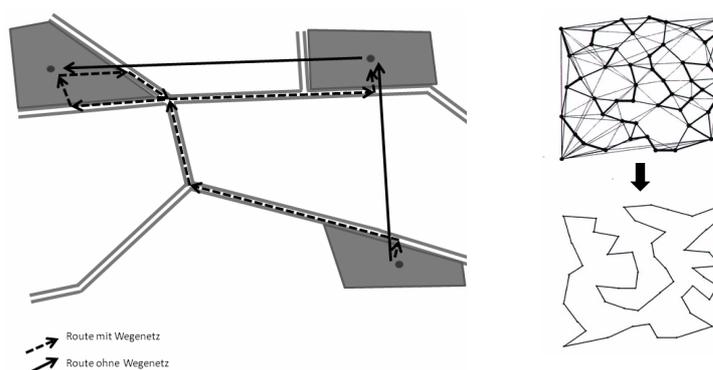


Abbildung 56: a: Euklidische Distanzen (durchgezogen) und kürzeste Route im vorliegenden Wegenetz (gestrichelt). b: Traveling-Salesman-Problem: Ein gegebenes System aus Knoten (Beständen) und Verbindungen, die alle einmal in einer Reihenfolge angesteuert werden sollen, welche die benötigte Gesamtstrecke minimiert sowie ein Lösungsvorschlag des Minimierungsproblems liefert.

Die implementierte Klasse *Graph* erlaubt es, den Startknoten zu verändern, ohne den gesamten Graphen neu aufbauen zu müssen. Dies hat den Vorteil, dass die benötigte Rechenzeit für die Bestimmung der kürzesten Route zwischen zwei Beständen minimiert wird. Das System ist somit in der Lage, die kürzeste Route zwischen zwei Beständen zu berechnen. Die Suche nach der kürzesten Route, die alle ausgewählten Bestände einschließt, stellt ein ähnliches Problem dar, wie es mit dem klassischen Traveling-Salesman-Problem vorliegt (vgl. Abbildung 56 b). Es gilt die Eingriffsreihenfolge so festzulegen, dass die Summe aller Umsetz-Wegstrecken möglichst klein wird. Dieses Problem wird mit einem metaheuristischen Optimierungsverfahren gelöst. Neben der Auswahl von Beständen zur Nutzung wird somit auch die optimale Reihenfolge, in der die einzelnen Bestände abzuarbeiten sind ermittelt. Die Suchraumgröße zu diesem Optimierungsproblems berechnet sich nach Gl. 16.

$$D = (n-1)! / 2$$

wobei:

D= Anzahl möglicher Reihenfolge-Kombinationen,
N= Anzahl ausgewählter (anzusteuender) Bestände

Gl. 7

In der vorliegenden Arbeit wird die Aggregation (\mathcal{A}) der Bestände über einen der Durchmischung (v. GADOW 2003) angelehnten Indikator beschrieben. Zu allen aktuell ausgewählten Beständen (i) wird der Anteil direkter, ebenfalls ausgewählter Nachbarbestände an der maximal möglichen Anzahl ausgewählter Nachbarn (p_i) berechnet (Gl. 8). Übersteigt die Gesamtanzahl ausgewählter Bestände (n), vermindert um 1 die Anzahl der direkten Nachbarn des Bestandes, wird p_i gleich der Anzahl der Nachbarn (m_i) des Bestandes gesetzt. Ansonsten ist p_i gleich der Anzahl aller ausgewählten Bestände minus 1. Das Mittel über alle ausgewählten Bestände beschreibt den Grad der Aggregation. Im vorliegenden System sind zwei Bestände benachbart, wenn die zugehörigen Polygone innerhalb einer Toleranz von 5 Me-

tern einen gemeinsamen Grenzabschnitt besitzen. Um die Ermittlung direkter Nachbarn nicht bei jedem Optimierungslauf erneut durchführen zu müssen, werden diese nur einmal bestimmt und die Bezugsbestands-ID und die IDs der zugehörigen Nachbarn in einer Datenbanktabelle gespeichert.

$$A = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{p_i} \sum_{j=1}^{m_i} g_{ij} & n > 1 \\ 1 & n = 1 \end{cases} \quad \text{Gl. 8}$$

mit
($i \neq j$)
und

$$g_{ij} = \begin{cases} 1 & j \text{ genutzt} \\ 0 & j \text{ nicht genutzt} \end{cases}$$

und

$$p_i = \begin{cases} m_i & m_i \leq n-1 \\ n-1 & m_i > n-1 \\ 1 & m_i = 0 \end{cases}$$

wobei:

n = Anzahl ausgewählte Bestände

i = Bezugsbestand

j = Nachbarbestand von Bestand i

m_i = Anzahl Nachbarbestände von Bestand i

Der so berechnete Aggregations-Index kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je höher der Index ist, umso stärker sind die zur Nutzung vorgeschlagenen Bestände räumlich aggregiert. Wird vom Suchalgorithmus nur ein Bestand ausgewählt, nimmt A immer den Wert 1 an. Abbildung 57 zeigt ein Beispiel für die Berechnung des Aggregations-Indikators für vier verschiedene Auswahl-situationen. In allen dargestellten Situationen werden insgesamt vier Bestände ausgewählt. In der ersten Auswahl-situation (oben links) hat keiner der vier Bestände einen direkten Nachbarbestand, der ebenfalls ausgewählt ist. Der Aggregations-Indikator ist somit 0. Die höchste Aggregation wird in der unten links dargestellten Situation erzielt. Alle ausgewählten Bestände haben laut Definition drei direkte Nachbarn, welche ebenfalls ausgewählt wurden. A ist in diesem Fall $1/4(3/3+3/3+3/3+3/3)=1$. In der unten rechts dargestellten Situation tritt der Fall ein, dass für einen Bestand (dunkler eingefärbt) m_i kleiner ist als $n-1$. Dieser Bestand könnte maximal zwei ebenfalls ausgewählte Nachbarn haben, da er insgesamt nur zwei direkte Nachbarn hat. In diesem Fall ist $p_i = 2$ und die Aggregation berechnet sich wie folgt:

$$1/4(1/2+1/3+1/3+1/3)=0,375$$

Durch diese Vorgehensweise wird verhindert, dass die Aggregation unterschätzt wird, wenn mehr Bestände ausgewählt wurden, als ein einzelner Bestand an Nachbarn aufweisen kann.

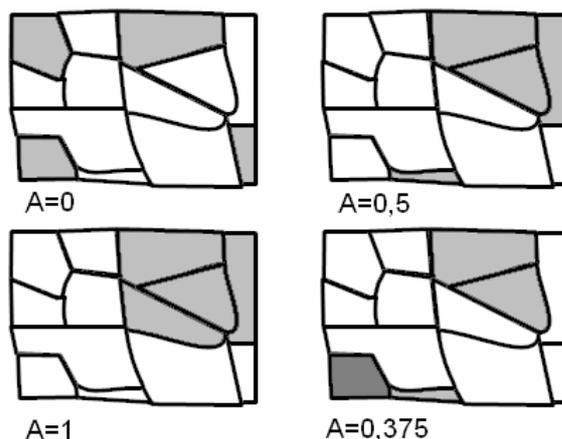


Abbildung 57: Aggregations-Indikator A für vier verschiedene Auswahl-situationen mit jeweils vier ausgewählten Beständen.

12.3.7 Konstante Nutzung

Der Indikator *konstante Holzlieferung* (ef) kommt dann zum Tragen, wenn eine durchgeführte Simulation mehrere Eingriffsintervalle (n) umfasst. Über diesen Indikator wird beschrieben, wie gleichmäßig sich Nutzungsmassen (simuliert oder real) über den betrachteten (Simulations-) Zeitraum verteilen. Die Berechnung dieses Indikators erfolgt in dem Paket *Helpers* der *WPENGINE*.

Zunächst wird der Verteilungsindikator d über die Summe der Beträge der Differenzen aus dem Verhältnis der Erntemassen in den einzelnen Perioden (meist 1 Jahr) zum Gesamteinschlag (p_i) und dem Anteil bei völliger Gleichverteilung ($1/n$) berechnet (Gl. 9). Die Normierung auf das Intervall $[0, 1]$ wird durch Division von d durch d_{max} erreicht. d_{max} ist der maximal mögliche Wert, den d annehmen kann. Er berechnet sich wie d , wobei angenommen wird, dass eine maximale Ungleichverteilung vorliegt, wenn die gesamte Nutzungsmasse nur in einer der n Perioden anfällt. Der Wert für d errechnet sich in diesem Fall wie folgt:

$$d = 1 - (1/n) + ((1/n)(n-1)) = 1 + ((n-2)/n)$$

Konzentriert sich beispielsweise die Holznutzung bei insgesamt zwei möglichen Eingriffsintervallen nur auf das erste Intervall, nimmt ef einen Wert nahe 0 an. Je gleichmäßiger sich die Erntemassen auf die Intervalle verteilen, umso größer wird der ef . Bei völliger Gleichverteilung nimmt der Indikator den Wert 1 an.

$$d = \sum_{i=1}^n \left| \frac{1}{n} - p_i \right| \quad \text{Gl. 9}$$

$$ef = \begin{cases} 1 - \frac{d}{d_{\max}} & n > 1 \\ 1 & n = 1 \end{cases} \quad \text{mit} \quad \begin{cases} d = \sum_{i=1}^n \left| \frac{1}{n} - p_i \right| \\ d_{\max} = 1 + \left(\frac{n-2}{n} \right) \end{cases} \quad \text{Gl. 9}$$

wobei:

n = Anzahl Simulationsperioden

pi = Nutzungsmassenanteil der Periode i an der Summe aller Nutzungsmassen

Die Berechnung von ef ist an die Evenness (E_s) von Simpson (SIMPSON 1949) angelehnt. Diese berechnet sich aus der Summe der Quadrate der einzelnen Anteile aller beobachteten Arten (in diesem Fall der Nutzungsmassen in den Perioden 1 bis n) und dem bei n Arten bzw. Perioden maximal möglichen Wert (Gl. 10). Die Evenness (E_p) nach Pielou (PIELOU 1966) berechnet sich aus dem Verhältnis des Shannon-Index für die Nutzungsmassen zu dem bei p Perioden maximal möglichen Shannon-Index ($\ln(p)$) (Gl. 10). Vergleicht man die berechneten Indizes E_p , E_s und ef für verschiedene Nutzungssituationen, zeigt sich, dass die Evenness (sowohl E_p als auch E_s) für die gleiche Verteilungssituation der Nutzungsmassen auf die einzelnen Intervalle insgesamt höhere Werte aufweist (Mit Ausnahme der oberen und unteren Grenzen 0 und 1).

$$E_p = \frac{-\sum_{i=1}^p e_i}{\ln(p)} \quad \text{mit } e_i = \begin{cases} cr_i \ln(cr_i) & cr_i > 0 \\ 0 & cr_i = 0 \end{cases} \quad \text{Gl. 10}$$

$$E_s = \frac{1 - \sum_{i=1}^p cr_i^2}{1 - \frac{1}{n}}$$

wobei:

p = Anzahl

Simulationsperioden

cr_i = relative

Nutzungsmassen in der

Periode i (Nutzungsmasse

der Periode i /

Gesamtnutzungsmasse)

Weiterhin ist zu beobachten, dass die Evenness schneller ansteigt als der Index ef . Es werden also Situationen geringerer Gleichverteilung verglichen mit Situationen größerer Gleichverteilung höher bewertet als es durch den Index ef geschieht. Dieser „bestraft“ stärkere Ungleichverteilungen somit stärker. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 58 dargestellt. Es sind die Werte der Indikatoren E_p , E_s und ef für verschiedene Nutzungsmassenverteilungssituationen in aufsteigender Reihenfolge aufgetragen.

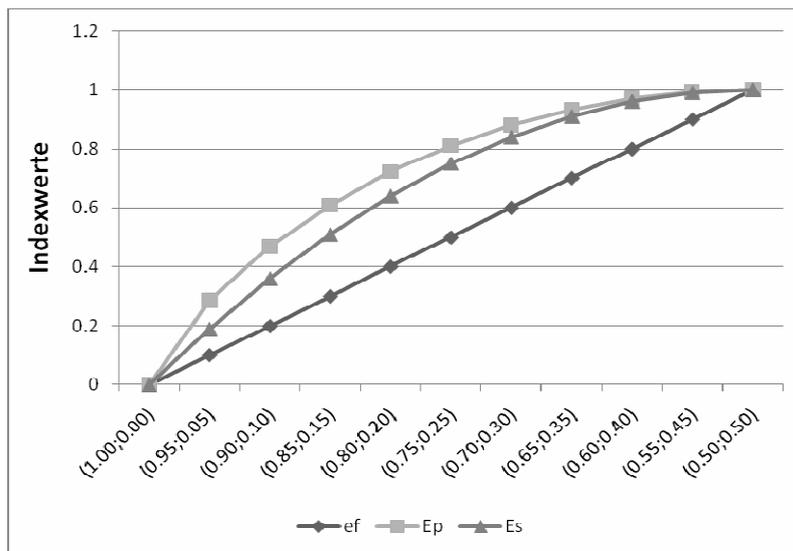


Abbildung 58: Indexwerte E_p , E_s und ef für Nutzungsmassenverteilungen (vereinfacht für zwei Nutzungsintervalle) mit zunehmender Gleichverteilung.

Es werden zwei Nutzungsperioden unterstellt. Auf der X-Achse sind die Anteile am Gesamtschlag in den beiden Perioden aufgetragen. Für die Situation (1; 0) liefern alle Indikatoren einen Wert von 0. Es liegt eine völlige Ungleichverteilung vor. Zu der Situation (0,5; 0,5) berechnen die drei Methoden erwartungsgemäß einen Wert von 1 (völlige Gleichverteilung).

12.4 Externe Bibliotheken

Zu diversen im Kontext professioneller Programmierung benötigter Funktionen sind kostenlos erhältliche und unter den jeweiligen Lizenzbedingungen distribuierbare Java-Bibliotheken verfügbar. Auch in den vorgestellten Softwaresystemen wurden solche Bibliotheken verwendet.

In folgender Tabelle sind alle benutzten Bibliotheken und deren Urheber sowie Funktionen aufgelistet.

Tabelle 27: die wichtigsten verwendeten externen Bibliotheken

Datei(en)	Funktion	Hersteller	verwendet von*
httpclient-4.0-beta2.jar	Aufbau eines http-Client	Apache Software Foundation (ASF)	wp
apache-mime4j-0.5.jar			

httpcore-4.0-beta3.jar httpmime-4.0-beta2.jar aspriseTIFF.jar	TIFF-Bilder laden		wp, wbp
syntax.jar	Syntax-Highlighting (SQL-Editor)	Stephen Ostermiller	wp
iText-2.1.7.jar	PDF-Dateien erstellen (Standardauswertung)	iText Software Corp. (California, USA)	wp
jfreechart-1.0.13.jar	Auswertungsgrafiken erstellen	Object Refinery Limited	wp, fs
javasysmon-0.3.2.jar	Systeminformationen auslesen	GitHub Inc.	wp
jep-2.4.1.jar	Externe Funktionen Interpretieren	Singular Systems	wp, wbp, fs
jdom.jar	XML-Dateien lesen/schreiben	JDOM-Projekt (Jason Hunter)	wp, wbp, fs
JRI.jar JRIEngine.jar REngine.jar	R-Funktionen in JAVA nutzen	RoSuDa (Lehrstuhl für Rechenorientierte Statistik und Datenanalyse)	wp
mysql-connector-java- 5.1.13-bin.jar	Datenbankverbindung zu MySQL	Sun Microsystems Inc.	wp, wbp, fs
ojdbc14.jar	Datenbankverbindung zu Oracle	Oracle Corporation	wp, wbp
postgresql-8.4- 702.jdbc4.jar	Datenbankverbindung zu PostgreSQL	PostgreSQL Global Development Group	wp, wbp,

(*) wp=WaldPlaner, wbp=WebbetriebsPlaner, fs=ForestSimulator

13 Entscheidungsunterstützungssysteme

13.1 Allgemein

Alle vorgestellten Anwendungen (ForestSimulator, WaldPlaner, WebBetriebsPlaner) können als forstliche Entscheidungsunterstützungssysteme eingestuft werden. Diese orientieren sich

an dem allgemeinen Aufbau von Entscheidungsunterstützungssystemen.

Das Fällen von rationalen Entscheidungen ist eine wichtige Managementtätigkeit, die sich durch alle Ebenen eines Betriebs zieht. Mitunter wird der Entscheidungsprozess als die zentrale Managementaufgabe gesehen (HEINEN 1976, HEINEN 1991). In diesem Kontext können die Entscheidungsprozesse als Transformationen von Information in Aktionen (HOLTEN u. KNACKSTEDT 1997) aufgefasst werden. Informationen stellen daher einen wichtigen Wettbewerbsfaktor dar, so dass Ungleichverteilungen von Informationen zwischen Unternehmen deren Erfolg oder Misserfolg mit beeinflussen können (PICOT u. MAIER 1993). Allerdings muss die Information in einem für den Entscheidungsträger erfassbaren Zustand, als zweckbezogenes Wissen (WITTMANN 1959) vorliegen, um als Grundlage für Entscheidungen und damit auch für konkrete Handlungen zu dienen.

Entscheidungsunterstützungssysteme übernehmen die Aufgabe der Informationsaufbereitung durch Selektion, Umwandlung oder Modellierung/Berechnung und bilden eine Komponente der betrieblichen Informationssysteme. Brennan und Elam verstehen unter einem DSS (BRENNAN u. ELAM 1986):

„Decision Support Systems are computer-based systems whose objective is to enable a decision maker to devise high-quality solutions to what are often only partially formulated problems.“

Ein DSS ist nach dieser Definition eine Software, die es dem Entscheidungsträger ermöglicht qualitativ hochwertige Problemlösungen zu entwickeln. Geoffrions (GEOFFRION 1983) Definition setzt sechs Eigenschaften voraus, welche ein DSS aufweisen sollte.

- Lösen von un- bzw. semistrukturierten Problemen
- Ausstattung mit einem leistungsfähigen und leicht bedienbaren User-Interface
- Möglichkeit flexibler Kombination von Daten und Anwendungsmodellen
- Kann dem Anwender/Benutzer helfen, einen Lösungsraum (Alternativenraum) zu entwickeln und zu erforschen, d. h. es soll die Möglichkeit bieten, unter Anwendung geeigneter Modelle, eine Serie von möglichen Alternativen zu generieren

- Unterstützung von vielfältigen Entscheidungsbildungsarten. Leichte Anpassungsfähigkeit und Erweiterung um neue Fähigkeiten, welche den Benutzeranforderungen entsprechen
- Bereitstellen interaktiver und rekursiver Lösungsstrategien(-Prozesse) mit unterschiedlichen Lösungswegen

Werden in den Entscheidungsprozess räumliche Informationen mit einbezogen, kann ein DSS von einem sog. Spatial Decision Support System (SDSS) unterschieden werden (CZERANKA u. EHLERS 1997).

Fasst man die Definitionen eines DSS aus der Literatur zusammen (z. B. ALTER 1980, BONCZEK et al. 1981, KEEN u. SCOTT-MORTON 1978, SPRAGUE u. CARLSON 1982, BRENNAN u. ELAM 1986), kann ein DSS als ein computergestütztes, interaktives Mensch-Maschine-System zur Entscheidungsfindung beschrieben werden, welches den Entscheidungsträger unterstützt und nicht ersetzt sowie auf verschiedene Daten/Informationen und Modelle zurückgreift. Hauptaufgaben eines DSS sind zum einen die Bereitstellung von entscheidungsrelevanten Informationen oder Daten, zum anderen die Unterstützung im Problemlösungsprozess durch entsprechende modellbasierte Planungs- und Entscheidungshilfen.

Üblicherweise besteht ein DSS aus folgenden drei Subsystemen (SPRAGUE u. CARLSON 1982): Dialogmanagement, Datenbankmanagement sowie Modell-, Methoden- und Ergebnismanagement (Abbildung 59).

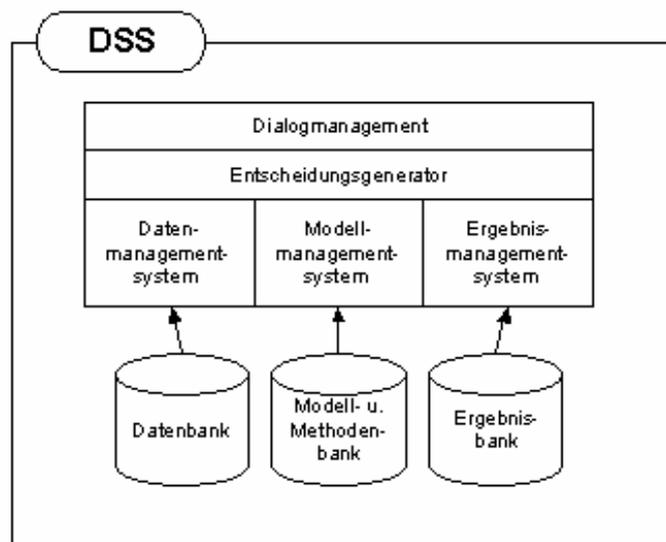


Abbildung 59: Subsysteme eines DSS nach SPRAGUE u. CARLSON, erweitert.

Die Kommunikation zwischen Softwaresystem und Anwender sowie die Ablaufsteuerung und Koordination der einzelnen Komponenten wird über die Dialogkomponente abgewickelt. Das Methodenbankmanagement unterstützt die Definition und Manipulation von problemspezifischen Modellen, die das Kernstück eines Decision Support Systems bilden. Vom Datenbankmanagement werden unabhängig von Modellen und Methoden die Objektdaten gespeichert und verwaltet.

Eine wichtige Aufgabe von Decision-Support-Systemen (DSS) ist es, die Auswirkungen verschiedener Handlungsoptionen und einzelner Maßnahmen auf das Untersuchungssystem transparent darzustellen. Die Entscheidungsfindung kann durch ein Variantenstudium unterschiedlicher Entwicklungspfade oder durch geeignete Optimierungsverfahren unterstützt werden. Für letztere bietet sich die simulationsbasierte Optimierung an.

Der Grundgedanke der simulationsbasierten Optimierung (SBO) beruht darauf, geeignete Simulationsmodelle mit einer Optimierungskomponente zu kombinieren (GOSAVI 2003). Die Optimierungskomponente variiert definierte Variablen eines Simulationsmodells solange, bis das Maximum oder Minimum einer definierten Zielfunktion gefunden wird. Simulationsmodelle dienen zur Prognose komplexer, realer Systeme, die zufälligen Einflüssen unterliegen. Oft werden in gängigen Decision-Support-Systemen Simulationsmodelle genutzt, um die Auswirkungen einzelner Handlungsalternativen zu untersuchen, ohne diese tatsächlich umzusetzen. So können mögliche negative Auswirkungen auf das reale System vermieden werden. Die Anzahl der dabei verwendeten Handlungsalternativen ist bei diesem Vorgehen relativ gering, da die Simulationen zwar computergestützt durchgeführt wird, die Auswahl dann jedoch zum größten Teil durch einen humanen Entscheidungsträger getroffen wird. Die simulationsbasierte Optimierung beruht hingegen darauf, die Auswahl der „besten“ Handlungsalternative systematisch durch einen Algorithmus durchzuführen, der wiederum auf ein bestimmtes Simulationsmodell zurückgreift. Die verschiedenen Handlungsalternativen werden über die Modellvariablen beschrieben. Im Verlauf der Optimumsuche werden diese Variablen durch einen geeigneten Algorithmus variiert und die Auswirkungen auf das System bewertet sowie mit vorhergehenden Lösungen verglichen. Aus den dadurch gewonnenen Erkenntnissen wird entsprechend des gewählten Optimierungsverfahrens eine neue Variablenkombination ermittelt. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt, bis verschiedene Abbruchkriterien darauf hindeuten, dass die bestmögliche Lösung oder eine vergleichbar gute Lösung gefunden wurde. Ein wesentlicher Vorteil dieses Vorgehens gegenüber den klassischen Optimierungsverfahren (z. B. Lineare Programmierung) besteht darin, dass das verwendete Modell keine besonderen Voraussetzungen erfüllen muss. Es können Optima für komplexe Modelle gefunden werden, zu denen das Optimierungsproblem nichtlinear, nichtdifferenzierbar oder nichtstetig ist oder keine geschlossene mathematische Formel der Zielfunktion vorliegt, so dass eine Optimabestimmung (z. B. durch Ableitung) auf mathematischem Wege nicht möglich ist.

13.2 Entwurf eines forstlichen DSS

Im Zuge der Planung waldbaulicher Maßnahmen müssen komplexe Entscheidungen darüber getroffen werden, wie die einzelnen Planungseinheiten (Bestände) eines Betriebes hinsichtlich der Pflege, Nutzung und Verjüngung zu behandeln sind. Oft sind dabei mehrere mögliche Alternativen gegeben, die durch gegebene Rahmenbedingungen mehr oder weniger stark eingeschränkt werden. Für den Entscheidungsträger ergibt sich daraus das Problem, die Alternative auszuwählen, die die betrieblichen Ziele bestmöglich verwirklicht. Es liegt eine klassische Entscheidungssituation vor, die sich aus den Zielen und dem Entscheidungsfeld zusammensetzt. Das Entscheidungsfeld wiederum wird durch die möglichen Handlungsalternativen und durch nicht vom Betrieb beeinflussbare Rahmenbedingungen geprägt (OESTEN u. ROEDER 2002). Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen, multifunktionalen Bewirtschaftung sind die herkömmlichen Verfahren der Forsteinrichtung hinsichtlich ihrer Eignung zu hinterfragen (SODTKE et al. 2004).

Forstliche Entscheidungsunterstützungssysteme sollen den Entscheidungsträger eines forstlichen Betriebes bei der kurz- und mittelfristigen Planung waldbaulicher Maßnahmen unterstützen. Dazu müssen automatisiert Informationen aus verschiedenen Datenquellen aufbereitet, verwaltet und ausgewertet werden können. Darüber hinaus sollten auf Basis dieser Daten waldbauliche Szenarien unter Zuhilfenahme geeigneter Waldwachstums- und Maßnahmenmodelle berechnet und gegenübergestellt werden können. Durch Kombination der verwendeten Modelle mit geeigneten Optimierungs- und Bewertungsverfahren können dem Anwender qualitativ hochwertige Handlungsalternativen aufgezeigt werden.

Da moderne Waldwachstums- und Maßnahmenmodelle oft einen hohen Komplexitätsgrad aufweisen, ist ein simulationsbasiertes Optimierungssystem auf Basis metaheuristischer Verfahren für den Einsatz in einem Entscheidungsunterstützungssystem für die forstliche Planung ein geeigneter Ansatz. Basis eines Systems mit der Möglichkeit zur Generierung optimaler Maßnahmenfolgen zur Erreichung definierter Ziele, ist ein Modell, welches den Zustand der jeweiligen Waldflächen in geeigneter Form erfassen und das Wachstum beschreiben kann. Dies kann in Form eines Einzelbaumwachstumsmodells geschehen. Denkbar sind aber auch aggregierende Modelle, die einen gesamten Bestand bzw. dessen Kenngrößen beschreiben und fortschreiben. Weiterhin wird ein System benötigt, welches waldbauliche Maßnahmen wie Nutzungen, Pflanzungen und Naturschutzmaßnahmen modellhaft abbilden kann. Um die für den Entscheidungsträger optimale Lösung zu finden, müssen die verschiedenen Varianten bzw. Lösungsvorschläge bewertet werden. Hierzu bedarf es eines Verfahrens, welches objektiv die Zielvorstellung der Entscheidungsträger erfasst und in eine systemverständliche Zielgröße übersetzt (ALBERT 2007). Die Forstwirtschaft vieler Betriebe ist zunehmend nicht nur auf die Holzproduktion ausgerichtet, sondern berücksichtigt eine große Bandbreite an unterschiedlichen Waldfunktionen (PUKKALA 2006). Somit existieren z. T. mehrere Ziele und daraus resultierende Zielkonflikte, was häufig zu Unsicherheit

der Entscheidungsträger führt. Die resultierende, komplexe Planungsaufgabe ist selbst durch qualifizierte Entscheidungsträger kaum mehr ohne angemessene Entscheidungsunterstützungssysteme zu leisten (v. TEUFEL et al. 2006). Bei der Optimierung betrieblicher Prozesse ist zunächst zu klären, wie die Ziele des Betriebes definiert sind. In Bezug auf den Wald und die Behandlung der nutzbaren Flächen ist dabei vorab der Planungszeitraum abzugrenzen. Soll im Rahmen der Optimierung kurzfristig, mittelfristig oder langfristig nach einer Lösung gesucht werden? Besonders bei der lang- oder mittelfristigen Planung ist zu klären, was der Forstbetrieb für eine Zielsetzung verfolgt und wie dementsprechend die Zielfunktion konstruiert werden muss. Im einfachsten Fall besteht die Zielfunktion lediglich aus einem Indikator, welcher zu minimieren oder zu maximieren ist. Oft ist es aber erforderlich, die Zielfunktion aus mehreren Indikatoren zusammenzusetzen. Dies führt wiederum zu einem Gewichtungsproblem. Um einen Gesamtnutzen ableiten zu können, muss ermittelt werden, wie die einzelnen Indikatoren zu gewichten sind und wie sie verknüpft werden. Die kurzfristige Optimierung hingegen bezieht sich zumeist auf verfahrenstechnische Probleme, die nicht so stark von dem jeweiligen Leitbild des Betriebes abhängen. Auch die festzulegenden Restriktionen hängen zum Teil von den betrieblichen Zielen ab. Bezüglich solcher multikriterieller Problemstellungen liegen bereits Ansätze zur programmgestützten Ermittlung der jeweiligen Gewichte einzelner Indikatoren vor (ALBERT 2007).

Zum Aufbau eines umfassenden forstlichen Entscheidungsunterstützungssystems werden somit ein Wachstumsmodell, ein Maßnahmenmodell, ein System zur multikriteriellen Bewertung und ein geeignetes Optimierungsverfahren benötigt. Diese Komponenten werden z. B. auch von Sodtke et al. (SODTKE et al. 2004) als grundlegende Bausteine eines forstlichen DSS definiert. Um auf Basis dieser vier Komponenten ein praktikables Softwaresystem aufzubauen, werden diese in den beschriebenen allgemeinen Aufbau eines DSS integriert (Abbildung 60). Entsprechend dieses Aufbaus muss neben den Modellkomponenten ein übergeordnetes Modellmanagement implementiert werden, welches die Steuerung und Koordination der verschiedenen Teilmodelle übernimmt, um automatisiert verschiedene waldbauliche Szenarien simulieren zu können. Die Ergebnisse der Szenariorechnungen werden vom Ergebnismanagement transformiert und in einer für den Nutzer leicht verständlichen und ansprechenden Form dargestellt. Hierzu werden verschiedene Indizes berechnet und in tabellarischer Form oder als Grafik und/oder Karte aufbereitet. Die berechneten Indikatoren sollen dabei möglichst alle Bereiche der wichtigsten Waldfunktionen abdecken, da so erst die Bewertung waldbaulicher Optionen unter Verwendung einer mehrkriteriell ausgerichteten Zielfunktion möglich ist. Ein Bindeglied zwischen dem Modell- und dem Ergebnismanagement stellt die GIS-Komponente dar. Diese Komponente dient beiden Systembausteinen zur raumbezogenen Aufbereitung bzw. Auswertung verschiedener Modell- oder Ergebnisparameter.

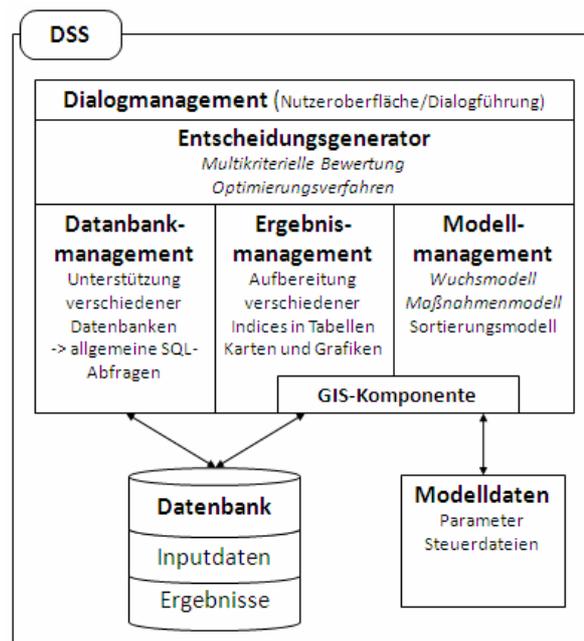


Abbildung 60: Konzept zum Aufbau eines forstlichen DSS

Die Simulationsergebnisse können an den Entscheidungsgenerator weitergegeben werden, welcher die verschiedenen Szenarien nach einer nutzerspezifischen Zielfunktion bewertet oder unter Verwendung eines geeigneten Optimierungsverfahrens unterschiedliche waldbauliche Fragestellungen optimiert. Da gerade bei der simulationsbasierten Optimierung oder auch bei der Simulation verschiedener waldbaulicher Szenarien im Rahmen eines Variantenstudiums, je nach Betriebsgröße und der Auflösung der verwendenden Modelle, große Datenmengen anfallen können, ist die Anbindung des Entscheidungs-Unterstützungs-Systems an eine geeignete Datenbank notwendig, da so schnelle Zugriffszeiten und eine entsprechende Datensicherheit garantiert werden können. Die Schnittstelle zu der Datenbank und die Steuerung des Einlesens von Inputdaten sowie des Speicherns und Einlesens von Ergebnisdaten wird von dem Datenbankmanagement übernommen.

14 Schlussbetrachtung

Die vorgestellten forstlichen Entscheidungsunterstützungssysteme ForestSimulator, WaldPlaner und WebBetriebsPlaner sind leistungsfähige, forstliche Entscheidungsunterstützungssysteme.

Die Programme bieten für verschieden Zielgruppen mit unterschiedlichen Anwenderfähigkeiten diverse Funktionen, um die Entscheidungen für konkrete

waldbaulicher Handlungsoptionen zu unterstützen. Dabei liegt beim ForestSimulator der Schwerpunkt auf einem einzelnen Bestand der WaldPlaner und der WebBetriebsPlaner bieten viele zusätzliche Funktionen, um die Auswertung und Simulation auf Betriebs- oder Landschaftsebene durchzuführen.

Der WebBetriebsPlaner ist sehr leicht zu bedienen jedoch verglichen mit dem WaldPlaner nicht so flexibel hinsichtlich der Auswertungsmöglichkeiten. Das System bietet jedoch neben der intuitiven Benutzerführung den Vorteil, dass es als Web-Anwendung konzipiert wurde. So könnte z. B. für eine Fortbetriebsgemeinschaft von einem Unternehmen die Softwareinstallation und das Hosting übernommen werden. Dadurch kann an jedem Endgerät mit Internetzugang (PCs und mobile Endgeräte) ein einheitlicher Informationsstand abgerufen werden. Die Datenhaltung erfolgt nur auf einer Servermaschine, so dass auch nur dort die Datenpflege (Aktualisierung, Einpflegen neuer Inventurdaten, Nutzerverwaltung) erfolgen muss. Durch das Nutzerverwaltungssystem des WebBetriebsPlaners ist es möglich, Anwender mit unterschiedlichen Lese- und Schreibrechten auszustatten und so einen bestmöglichen Datenschutz zu gewährleisten.

Die Auswertungsmöglichkeiten der vorgestellten System decken weite Bereiche der naturalen Ausstattung, des Naturschutzes, der Waldentwicklung und der Sozioökonomie ab. Der Bereich der Risikobewertung (Waldbrand, Kalamitäten, Sturmschäden, Klimaänderung) ist hingegen noch ausbaufähig. Die Systeme werden an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt inhaltlich und technisch gepflegt und weiterentwickelt. Derzeit liegt der Schwerpunkt dabei im Bereich der Risikomodellierung und -analyse.

Der ForestSimulator sowie der WaldPlaner werden bereits von verschiedenen Anwendern bzw. Institutionen erfolgreich eingesetzt. Durch die Möglichkeiten der Auswertung eins aktuellen Zustands eines Forstbetriebs, der Simulation von verschiedenen Waldentwicklungsszenarien und der Optimierung mehrerer waldbaulicher Fragestellungen weist vor allem der WaldPlaner bezüglich der Einbindung in Entscheidungsprozesse eine hohe Flexibilität auf. Durch die Parallelisierungsstrategien werden die komplexen Rechenvorgänge erfolgreich beschleunigt, so dass die Wartezeiten auf die Ergebnisse der jeweiligen Anfrage (Simulation, Optimierung) auf ein praxistaugliches Maß reduziert werden konnten. Durch die strikte Trennung der implementierten Software in ein Funktionspaket und die verschiedenen Nutzeroberflächen, ist es ohne weiteres Möglich nur das Funktionspaket in bestehende Softwarekonzepte zu integrieren. Die FENA¹⁸ hat bereits Teile des Funktionspaketes in ihr System zur Auswertung der in Hessen begonnenen Betriebsinventur auf Stichprobenbasis integriert. Die TreeGrOSS-Bibliothek wird am niedersächsischen Forstplanungsamt eingesetzt. Das Stadtforstamt Göttingen erprobt zurzeit den Einsatz der vorgestellten webbasierten Programmversion, welche auf

¹⁸ Hessen-Forst-FENA: Hessen-Forst Forsteinrichtung und Naturschutz
Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

einem für den Außeneinsatz tauglichen Laptop installiert wurde. Neben der Anwendung in der Praxis ist das System auch in Lehre und Forschung einsetzbar. An der Fachhochschule Eberswalde wird im Rahmen der Lehre ein Modellbetrieb mit dem WaldPlaner analysiert und verschiedene waldbauliche Szenarien gerechnet und diskutiert (ALBERT u. HANSEN 2007). An der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt wurde und wird die Software in verschiedenen Forschungsprojekten eingesetzt, um Waldentwicklungsszenarien zu rechnen und darauf aufbauende Analysen durchzuführen (RÜTHER et al. 2007, RÜTHER et al. 2008a, RÜTHER et al. 2008b, MEESENBURG et al. 2009). Aktuell steht der Einsatz der o. g. Version gekoppelt mit einem klimasensitiven Bonitätsmodell und einem Wasseraushaltmodell im Vordergrund (ALBERT u. SCHMIDT 2010, MEESENBURG et al. 2010, SUTMÖLLER et al. 2010).

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
- ALBERT, M. (2007): Waldwachstumssimulatoren zur mehrkriteriellen Szenariobewertung: ein Ansatz für eine benutzerfreundliche und flexible Bewertung. Tagungsband der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA vom 21.-23.05.2007 in Alsfeld-Eudorf, 43-56
- ALBERT, M. (2007): Waldwachstumssimulatoren zur mehrkriteriellen Szenariobewertung: ein Ansatz für eine benutzerfreundliche und flexible Bewertung. Tagungsband der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA vom 21.-23.05.2007 in Alsfeld-Eudorf, 43-56
- ALBERT, M. UND SCHMIDT, M. (2010): Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Forest Ecology and Management*, Vol. 259, Issue 4, 739-749
- ALTENKIRCH, W. (1977): Ökologie, Studienbücher Biologie, Verlag Diesterweg/Salle, Frankfurt, Main, Verlag Sauerländer, Aarau, 234 S.
- ALTER, S.L. (1980): *Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenges*, Reading, MA: Addison-Wesley
- ALTHERR, E., UNFRIED, P. HRADETZKY, J. U. HRADETZKY, V. (1978): Statistische Rindenbeziehungen als Hilfsmittel zur Ausformung und Aufmessung unenttrindeten Stammholzes. Teil IV: Fichte, Tanne, Douglasie und Sitka-Fichte. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Heft 90, S. 294
- BAILEY, T.C. u. GATRELL, A.C. (1995): *Interactive Spatial Data Analysis*. Addison-Wesley Longman, Harlow, Great Britain
- BAUER (1955): *Die Roteiche*, J.D.Sauerländer, Frankfurt a.M
- BERGEL, D. (1974): *Massentafeln II Eiche Roteiche Kiefer*. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen
- BERGEL, D. (1985): *Douglasienertragstafel für Nordwestdeutschland*. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt
- BERGEL, D. (1987): *Derbholz-Massentafeln III (Nordwestdeutschland)*. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt
- 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
- BÖCKMANN, T. (1990): *Wachstum und Ertrag der Winterlinde (Tilia cordata Mill) in Nordwestdeutschland*. Dissertation Univ. Göttingen
- BÖCKMANN, T. (2004): Möglichkeiten und Grenzen von Waldwachstumsmodellen aus Sicht der forstlichen Praxis. In Hanewinkel u. v. Teufel (Hrsg.) *Waldwachstumsmodelle für Prognosen in der Forsteinrichtung*. Freiburger Forstliche Forschung, FVA Baden-Württemberg, 50, S. 95-102
- Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

- BONCZEK, R. H., HOLSAPPLE, C.W. u. WHINSTON, A.B. (1981): Foundations of Decision Support Systems, Academic Press, New York
- BRENNAN, J. J. u. ELAM, J. (1986): Enhanced Capabilities for Model-Based Decision Support Systems. In: Sprague, R.H.W. und Watson, H.J. (Ed.): Decision Support Systems. Putting Theory into Practice, Prentice-Hall, London, 130-137
- CHEN, B.W. u. GADOW, K. v. (2008): Combining spatial and other objectives in forest design. *Metsanduslikud Uurimused (Forestry Studies)* 48, 30-40
- CZERANKA, M. u. EHLERS, M. (1997): GIS als Instrument zur Entscheidungsunterstützung. *Geo-Informationssysteme*, Vol. 10, No. 2, 9-17
- 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.
- DIJKSTRA, E.W. (1959): A note on two problems in connection with graphs, *Numerische Mathematik*, 1:269-271
- 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/>)
- ECKMÜLLNER, O. (2006): Allometric relations to estimate needle and branch mass of Norway spruce and Scots Pine on Austria. *Austrian Journal of Forest Science*, 123. Jahrgang, Heft 1/2, S.7-16.
- FÜLDNER, K. (1995): Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Dissertation, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-University Göttingen. Cuvillier, Göttingen. 146 S.
- GADOW, K. v. (2003): *Waldstruktur und Wachstum*. Universitätsverlag Göttingen, 241 S.
- GAFFREY, D. (1988): Forstamts- und bestandesindividuelles Sortimentierungsprogramm als Mittel zur Planung, Aushaltung und Simulation. Diplomarbeit Univ. Göttingen
- GEOFRION, A.M. (1983): Can MS/OR Evolve Fast Enough? *Interfaces*, 13:1, 10-25.
- GOSAVI, A. (2003): Simulation-based optimization: parametric optimization techniques and reinforcement learning. Kluwer Academic Publishers, Boston, 554 S.
- GSCHWANTNER, T. u. SCHADAUER, K. (2006): Biomass branch functions for broadleaved tree species in Austria. *Austrian Journal of Forest Science*, 123. Jahrgang, Heft 1/2, S.17-34
- 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. (2006): Der WaldPlaner - Ein System zur Entscheidungsunterstützung in einer nachhaltigen Forstwirtschaft. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Trippstadt 2006, S. 112-119
- HANSEN, J., NAGEL, J., SCHMIDT, M. u. 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
- HAUSENAUER, H. (2006): Sustainable Forest Management: Growth models for Europe. Springer, Berlin Heidelberg, 398
- HEINEN, E. (1976): Grundfragen der entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre. Goldmann, München.
- HEINEN, E. (1991): Industriebetriebslehre als entscheidungsorientierte Unternehmensführung. In Heinen, E. (Hrsg.): Industriebetriebslehre. 9. Auflage. Gabler, Wiesbaden, 3-69.
- HINRICHS, L. (2006): Untersuchungen zur Simulation von Behandlungspfaden für Buchen-Fichten-Mischbestände. Diss., Universität Göttingen. 123 S.
- HOLTEN, R. u. KNACKSTEDT, R. (1997): Führungsinformationssysteme. Historische Entwicklung und Konzeption. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Nr. 55, Münster
- HURME, E., KURTTLA, M., MÖNKKÖNEN, M., HEINONEN, T. u. PUKKALA, T. (2007): Maintenance of flying squirrel habitat and timber harvest: a site-specific spatial model in forest planning calculations. *Landscape Ecology*, 22, 243–256
- JACOBSEN, C., RADEMACHER, P., MEESENBURG, H. u. 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
- KEEN, P.G.W. u. SCOTT-MORTON, M.S. (1978): Decision Support Systems: An Organizational Perspective, Reading, MA: Addison-Wesley
- KIMMINS, J.P. (1987): Forset Ecology, Macmillan Publishing Company, New York, 531 S.
- KNIGGE, W. u. SCHULZ, H. (1966): Grundriss der Forstbenutzung: Entstehung, Eigenschaften, Verwertung und Verwendung des Holzes und anderer Forstprodukte, Paul Parey, Berlin
- KRAMER, H. (1982): Nutzungsplanung in der Forsteinrichtung, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., S. 128
- KRAMER, H. u. AKÇA, A., (1982): Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.
- KURTTLA, M., PUKKALA, T. u. LOIKKANEN, J. (2002): The performance of alternative spatial objective types in forest planning calculations: a case for flying squirrel and moose. *Forest Ecology and Management* 166, 245-260
- LEDERMANN, T. u. NEUMANN, M. (2009): Prognose des Waldwachstums und des Nutzungspotenzials. *BFW-Praxisinformation* 18, 5 – 7
- LEITÃO, A. B., MILLER, J., AHERN, J. u. MCGARIGAL, K. (2006): Measuring Landscapes: A Planners Handbook. Island Press, Washington, D.C.
- Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

- LOCKOW, K.W. (1994): Aufstellung einer neuen Ertragstafel für im Hochwaldbetrieb bewirtschaftete Roterlenbestände (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.). Abschlußbericht Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde e.V.
- MEESENBURG, H., HENTSCHEL, S., SUTMÖLLER, J., JANSEN, M., AHREND, B., DÖRING, C., RÜPING, U. (2009): SILVAQUA & SILVAQUAplus, Abschlussbericht, Pilotprojek zur Umsetzung der EG-WRRL in Niedersachsen
- MEESENBURG, H., SUTMÖLLER, J., HENTSCHEL, S. (2010): Retrospective and prospective evaluation of water budgets at Lange Bramke, Harz Moutains, Germany: effects of plant cover and climate change. In: Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins (Proceedings of the Workshop held at Goslar-Hahnenklee, Germany, 30 March-2 April 2009), IAHS Publ. 336, 239-244
- MERKER, K. (2006): Bewirtschaftung des Staatswaldes in einer globalen Wirtschaft. Forst u. Holz 61 (7): 250 - 252
- MEYER, P., MENKE, N., NAGEL, J., HANSEN, J., KAWALETZ, H., PAAR, U. u. EVERS, J. (2009): Entwicklung eines Managementmoduls für Totholz im Forstbetrieb. Abschlussbericht DBU, 106 S.
- MÖHRING, B., RÜPING, U., LEEFKEN, G. u. ZIEGLER, M. (2006): Die Annuität – ein „missing link“ der Forstökonomie, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 177/2, 21-29
- MÜLLER-USING, B. (2005): Totholzdynamik eines Buchenbestandes im Solling, Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 193. Göttingen
- NAGEL, J. (1985): Wachstumsmodell für Bergahorn in Schleswig-Holstein. Dissertation Univ. Göttingen
- 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. (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): Waldwachstumssimulation mit dem Softwarepaket TreeGrOSS – Neuerungen, Erweiterungsmöglichkeiten und Qualitätsmanagement. In: Römisch, K., Nothdurft, A., Wunn, U. (Hrsg.): Tagungsband der gemeinsamen Jahrestagung der Sektion Forstliche Biometrie und Informatik im DVFFA (20. Tagung) und der AG Ökologie u. Umwelt in der Intern. Biometr. Gesell., 22.-24.09.2008 in Freiburg. Die Grüne Reihe, 174-178
- NAGEL, J., ALBERT, M. u. SCHMIDT, M. (2002): Das waldbauliche Prognose- und Entscheidungsmodell BWINPro 6.1. Forst u. Holz 57, (15/16) 486-493
- NAGEL, J., DUDA, H. u. HANSEN, J. (2006): Forest Simulator BWINPro7. Forst und Holz 61, Heft 10, S.427-429

- NAGEL, J.u. BIGING, G.S. (1995): Schätzung der Parameter der Weibullfunktion zur Generierung von Durchmesserverteilungen. Allg. Forst- u. J. Ztg. 166 (9/10): 185-189
- NAGEL, J.u. 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>
- OESTEN, G. u. ROEDER, A. (2002): Management von Forstbetrieben I. Kessel: Remagen-Oberwinter., 363 S.
- PICOT, A. u. M. MAIER (1993): Information als Wettbewerbsfaktor. In: Preßmar, D. (Hrsg.): Informationsmanagement. Schriften zur Unternehmensführung, Band 49, Gabler, Wiesbaden.
- PIELOU, E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology, Volume 13, 131-144
- PRETZSCH, H. (1992): Konzeption und Konstruktion von Wachstmodellen 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
- PRETZSCH, H. (1995): Zum Einfluss des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. Allg. Forst- u. J. Ztg. 166. (9/10), S.190-201.
- PUKKALA, T. (2006): The Use of Multi-Criteria Decision Analysis and Multi-Objective Optimisation in Forest Planning. Sustainable Forest Management, Springer Berlin/Heidleberg, 263-284.
- 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., DIETER, M. (2007): Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 1.
- RÜTHER, B., HANSEN, J., LUDWIG, A., SPELLMANN, H., NAGEL, J., MÖHRING, B., LÜPKE, N. v., SCHMIDT-WALTER, P., DIETER, M. (2008a): Clusterstudie Forst und Holz Schleswig-Holstein. Eigendruck, Göttingen, 78 S.
- RÜTHER, B., HANSEN, J., LUDWIG, A., SPELLMANN, H., NAGEL, J., MÖHRING, B., LÜPKE, N. v., SCHMIDT-WALTER, P.u. DIETER, M. (2008): Clusterstudie Forst und Holz Schleswig-Holstein. Eigendruck, Göttingen, 78 S.
- RÜTHER, B., HANSEN, J., LUDWIG, A., SPELLMANN, H., NAGEL, J., MÖHRING, B.u. DIETER, M (2007): Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 1
- RÜTHER, B., HANSEN, J., SPELLMANN, H., NAGEL, J., MÖHRING, B., SCHMIDT-WALTER, P., DIETER, M. (2008b): Clusterstudie Forst und Holz Sachsen-Anhalt, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), 60 S.
- RÜTHER, B., HANSEN, J., SPELLMANN, H., NAGEL, J., MÖHRING, B., SCHMIDT-WALTER, P.u. DIETER, M. (2008): Clusterstudie Forst und Holz Sachsen-Anhalt, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), 60 S.
- SCHMIDT, A. (1968): Der rechnerische Ausgleich der Bestandeshöhenkurven. Forstwissenschaftl. Centralblatt, 370-382

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

- 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.U. 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.-u. 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.
- SCHOBER, R. (1987): Ertragstabeln wichtiger Baumarten. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.
- SCHÖLLER, W. u. SPORS, H.-J. (2001): Einführung von Steuerungselementen in der Landesforstverwaltung NRW. Allgemeine Forstzeitschrift 56 (14). 740–742
- SCHRÖDER, J., RÖHLE, H., GEROLD, D.u. MÜNDER, K. (2007): Bewertung waldbaulicher Maßnahmen mit BWINPro-S. AFZ-DerWald, pages 656 - 659
- SCHRÖDER, J., RÖHLE, H., GEROLD, D.u. 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
- SIMPSON, E. H. (1949): Measurement of diversity. Nature, 163, 688 S.
- SODTKE, R., SCHMIDT, M., FABRIKA, M., NAGEL, J., DURSKEY, J.u. PRETZSCH, H. (2004): Anwendung und Einsatz von Einzelbaummodellen als Komponenten von entscheidungsunterstützenden Systemen für die strategische Forstbetriebsplanung. Forstarchiv 75, 51-64
- SPELLMANN, H., NAGEL, J., DUDA, H.u. HENTSCHEL, S. (2006): 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
- SPRAGUE, R. H., JR. u. CARLSON, E. D. (1982) Building Effective Decision Support Systems, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- STERBA, H. (1981): Natürlicher Bestockungsgrad und Reinekes SDI, Centralblatt für das ges. Forstwesen 98 (2), S. 101-116
- SUN (2009): <http://www.sun.com/software/products/appsrvr/index.jsp>, 15.05.2009.
- SUTMÖLLER, J., HENTSCHEL, S., HANSEN, J., MEESENBERG, H. (2010): Coupled forest growth-hydrology modeling as an instrument for the assessment of effects of forest management on hydrology in forest catchments. ADGEO, Copernicus Publications, in press.
- TEUFEL, K., v., HEIN, S., KOTAR, M., PREUHSNER, E. P., PUUMALAINEN, J.u. WEINFURTER, P. (2006): End User Needs and Requirements. Sustainable Forest Management, Springer Berlin/Heidelberg, 19-38
- THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION (2009): <http://tomcat.apache.org/index.html>, 15.05.2009.

- ULLENBOOM, C. (2007): Java ist auch eine Insel. 7., aktualisierte Auflage Galileo Computing, 1492 S., ISBN 978-3-8362-1146-8
- 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. u. 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 Forstwirt. u. Forstwiss. 287-294
- WIEDEMANN, E. (1948): Die Kiefer. Schaper Hannover
- WITTMANN, W. (1959): Unternehmung und unvollkommene Information: Unternehmerische Voraussicht – Ungewissheit und Planung. Westdeutscher Verlag, Köln

Korrespondierender Autor:

Jan Hansen und Prof. Dr. Jürgen Nagel

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Grätzelstr. 2

37079 Göttingen

E-Mail: Juergen.Nagel@nw-fva.de

URL: www.nw-fva.de

15 Anhang

15.1 Funktionen und Einstellungen für Nordwestdeutschland

Tabelle 28: 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 pyraster	211
357	Els	Elsbeere	Sorbus torminalis	357
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

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

Code	Kurz	Name	lat. Name	Einstellung wie
380	Pfaff	Pfaffenhütchen	<i>Euonymus europaeus</i>	357
386	Ilex	Stechpalme	<i>Ilex aquifolium</i>	357
410	Bi	Birke	<i>Betula</i>	412
411	SBi	Sandbirke	<i>Betula pendula</i>	412
412	MBi	Moorbirke	<i>Betula pubescens</i>	412
413	JBi	Japanische Birke	<i>Betula</i>	412
414	HyBi	Hybrid Birke	<i>Betula</i>	412
421	REr	Roterle (Schwarzerle)	<i>Alnus glutinosa</i>	421
422	WEr	Weißerle (Grauerle)	<i>Alnus incana</i>	421
423	GEr	Grünerle	<i>Alnus incana</i>	421
430	Pa	Pappel	<i>Populus</i>	211
431	As	Espe o. Zitterpappel	<i>Populus tremula</i>	110
432	SPa	Schwarzpappel	<i>Populus nigra</i>	110
433	GPa	Graupappel	<i>Populus canescens</i>	110
434	BPa	Balsampappel	<i>Populus balsamifera</i>	110
441	Wei	Weide	<i>Salix</i>	110
442	RKast	Roskastanie	<i>Aesculus hippocastanum</i>	321
451	Ebs	Eberesche	<i>Sorbus aucuparia</i>	211
452	TKir	amerik. Traubenkirsche	<i>Prunus serotina</i>	221
511	Fi	Fichte	<i>Picea abies</i>	511
512	SFi	Sitkafichte	<i>Picea sitchensis</i>	511
513	OFi	Omorikafichte	<i>Picea omorika</i>	511
514	SteFi	Stechfichte	<i>Picea pungens</i>	511
515	SwFi	Schwarzfichte	<i>Picea mariana</i>	511
516	SaFi	Sachalinfichte	<i>Picea glehni</i>	511
517	YeFi	Ajanfichte	<i>Picea jezoensis</i>	511
521	Ta	Weisstanne	<i>Abies alba</i>	511
522	NTa	Nordmannstanne	<i>Abies nordmanniana</i>	511
523	KTa	Küstentanne	<i>Abies grandis</i>	511
524	KolTa	Koloradotanne	<i>Abies concolor</i>	511
525	ETa	Edeltanne	<i>Abies procera</i>	511
527	LTa	Sierra-Tanne	<i>Abies concolor</i> var. <i>lowiana</i>	511
528	VTa	Veitchs-Tanne	<i>Abies veitchii</i>	511
529	PTa	Purpurtanne	<i>Abies amabilis</i>	511
541	Ts	Hemlock	<i>Picea abies</i>	541
542	Th	Lebensbaum	<i>Thuja plicata</i>	711
611	Dgl	Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	611
711	Ki	Kiefer	<i>Pinus silvestris</i>	711
712	SKi	Schwarzkiefer	<i>Pinus nigra</i>	711

Code	Kurz	Name	lat. Name	Einstellung wie
731	Stro	Strobus	Pinus strobus	711
811	ELae	Europäische Lärche	Larix deciduas	811
812	JLae	Japanische Lärche	Larix kaempferi	811
999	Grass	Grass	Grassverdämmung	999

Voll parametri- siert	Weitgehend parametrisiert	Teilweise parametrisiert	Nicht parametrisiert
-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabelle 29: 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

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-6.5350+1.3260*\ln((3.141593*(t.cw/2.0)/(6.0*(t.h-t.cb)^2.0))*((4.0*(t.h-t.cb)^2.0+(t.cw/2.0)^2.0)^1.5)-(t.cw/2.0)^3.0))-0.8437*\ln(t.age)-0.9373*t.c66xy+0.1239*t.c66cxy-0.1263*\ln(5.0)) /* Eiche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.617
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /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
Totholzersetzung (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 [m ³]	

Tabelle 30: Baumart 211 – Buche (*Fagus sylvatica*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-4.282+1.132*sp.dg)*(((6.9/(-4.282+1.132*sp.dg))^(4.518+0.317*sp.dg-0.200*dmax))-ln(1.0-random))^(1.0/(4.518+0.317*sp.dg-0.200*dmax)) /* Buche (NAGEL u. BIGING 1995) */$
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3+(sp.hg-1.3)*\exp(0.20213328*(1.0-(sp.dg/t.d)))*\exp(5.64023296*((1.0/sp.dg)-(1.0/t.d))) /* Buche (NAGEL 1999) */$
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = 1.1217150+0.2203473*\ln(sp.BHD_STD) /* Buche (ALBERT 2000) */$
Volumenfunktion [m ³]	$t.v = 3.141592*t.h*(t.d/200)^2*(0.4039+0.0017335*t.h+1.1267/t.h-118.188/(t.d*t.d*t.d)+0.0000042*t.d*t.d) /* Buche Derbholz (BERGEL 1973) */$
Kronenbreite [m]	$t.cw = (2.0837+0.15*t.d)*(1.0-\exp(-\exp(\ln(t.d/5.7292)*1.3341))) /* Buche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h*(1.0-\exp(-abs((0.25704+0.11819*t.h/t.d-0.002065*t.d+0.13831*\ln(sp.h100)))) /* Buche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)

Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = (sp.h100+75.65900-23.19200*\ln(t.age)+1.46800*(\ln(t.age))^2.0)/(0.00000+0.21520*\ln(t.age))$ /* Buche (NAGEL 1999) */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	Höhe = $-75.65900+23.19200*\ln(t.age)-1.46800*(\ln(t.age))^2+0.0*t.si+0.21520*t.si*\ln(t.age)$ /* Buche (NAGEL 1999) */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((-75.65900+23.19200*\ln(t.age+5)-1.46800*(\ln(t.age+5))^2.0)+0.21520*t.si*(\ln(t.age+5)))-(-75.65900+23.19200*\ln(t.age)-1.46800*(\ln(t.age))^2.0+0.21520*t.si*(\ln(t.age)))$ /* Buche (NAGEL 1999) */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = t.h*(((-75.65900+23.19200*\ln(t.age+5)-1.46800*(\ln(t.age+5))^2.0+0.21520*t.si*(\ln(t.age+5)))-(-75.65900+23.19200*\ln(t.age)-1.46800*(\ln(t.age))^2.0+0.21520*t.si*(\ln(t.age))))/sp.h100+(0.00159*(t.hinc^1.9086))$ /* Buche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-7.393+1.375*\ln(3.14159265359*(t.cw/2.0)/(6.0*(t.h-t.cb)^2*(4.0*(t.h-t.cb)^2+(t.cw/2)^2)^1.5-(t.cw/2)^3))-0.791*\ln(t.age)-0.793*t.c66xy+0.809*t.c66cxy-0.0*\ln(5.0))$ /* Buche (DÖBBELER ET. AL. 2001) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.762
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	MaxDichte = $0.0001*3.141592/(16*0.00000010829*8.3652*(t.h^(1.5374-1.7365)))$ /* Buche Nordwest (DÖBBELER 2004) */
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 300
Totholzersetzung (Faktor)	$(1.0-(((1.0-\exp(-0.0658*(t.age)))^2.2529)))$ /* 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 31: *t*Baumart 511 – Fichte (*Picea abies*)

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]	$t.h = 1.3+(sp.hg-1.3)*exp(0.18290951*(1.0-(sp.dg/t.d)))*exp(5.68789430*((1.0/sp.dg)-(1.0/t.d)))$ /*Fichte (NAGEL 1999)*/
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = 0.1441427+0.5552640*ln(sp.BHD_STD)$ /* 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]	$t.cb = t.h*(1.0-exp(-abs((2.0417-0.3335*t.h/t.d+0.00906*t.d-0.9004*ln(sp.h100))))))$ /* 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 s [cm ²]	$t.dinc = \exp(-6.2018+1.2984*\ln(3.14159265359*(t.cw/2.0)/(6.0*(t.h-t.cb)^2*(4.0*(t.h-t.cb)^2+(t.cw/2)^2)^{1.5}-(t.cw/2)^3))-0.9366*\ln(t.age)-1.2835*t.c66xy+0.2962*t.c66cxy+0.2926*1.6094)/*$ Fichte (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzuwachs streuung [cm]	herror = 0.638
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /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 er [cm]	45.0
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)	0;102;255
Plugin: Einwuchs	Ingrowth2
Plugin: Konkurrenzindex	Competition
Plugin: Schafftformfunktion	TaperFunctionBySchmidt
Volumenfunktion Schaftholz [m ³]	$3.141592*t.h*(t.d/200)^2*(0.5848+3.34262/(t.h*t.h)-1.73375/(t.h*t.d)-0.26215*\log(t.d)/\log(10.0)+0.18736*\log(t.h)/\log(10.0)+11.34436/(t.d*t.h*t.h))/*$ Fichte Schaftholz (BERGEL 1973) */

Tabelle 32: 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 [m ³]	$t.v = 3.141592*t.h*(t.d/200)^2*(-200.31914/(t.h*t.d*t.d)+0.8734/t.d-0.0052*\ln(t.d)*\ln(t.d)+7.3594/(t.h*t.d)+0.46155)/*$ 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]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\text{abs}((-1.8796 + 0.34056 * t.h/t.d - 0.00610 * t.d + 0.8262 * \ln(sp.h100))))$ /* 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]	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) */
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-7.9766 + 1.5135 * \ln(3.14159265359 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2 * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2 + (t.cw/2)^2)^{1.5} - (t.cw/2)^3))) - 1.0009 * \ln(t.age) - 0.4481 * t.c66xy + 0.5099 * t.c66cxy + 0.3038 * 1.6094$ /* Douglasie (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.725
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	MaxDichte = $0.0001 * 3.141592 / (16.0 * 0.0000089306 * 2.4088 * (t.h^{(0.7726 - 1.3555)}))$ /* Douglasie suedwest (DÖBBELER 2004) */
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 280
Totholzzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 50.0)$
Zielstärkendurchmesser [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: Schaffformfunktion	TaperFunctionBySchmidt

Volumenfunktion Schaftholz [m ³]	$3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.10798 + 0.71858 / (\log(t.d * 10.0) / \log(10.0))) + 0.04065 * (t.h/t.d))$ /* Douglasie Schaftholz (BERGEL 1971)*/
---	---

Tabelle 33: Baumart 711 – Kiefer (*Pinus silvestris*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-0.047 + 1.047 * sp.dg) * (((6.9 / (-0.047 + 1.047 * sp.dg))^{(3.640 + 0.332 * sp.dg - 0.180 * dmax)} - \ln(1.0 - \text{random}))^{(1.0 / (3.640 + 0.332 * sp.dg - 0.180 * dmax))})$ /* Kiefer (NAGEL u. BIGING 1995) */
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) * \exp(0.25963741 * (1.0 - (sp.dg/t.d))) * \exp(1.30645374 * ((1.0/sp.dg) - (1.0/t.d)))$ /* Kiefer (NAGEL 1999) */
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -1.8315300 + 0.9701583 * \ln(sp.dg)$ /* Kiefer (ALBERT 2000) */
Volumenfunktion [m ³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.40804 - 318.3342 / (t.h * t.d * t.d) + 36.90522 / (t.h * t.d) - 4.05292 / (t.d * t.d))$ /* 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]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\text{abs}((1.2085 - 0.2392 * t.h/t.d + 0.00742 * t.d - 0.7897 * \ln(sp.h100))))))$ /* 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]	$\text{Höhe} = -31.67480 + 11.64500 * \ln(t.age) - 1.04989 * (\ln(t.age))^2 - 0.43221 * t.si + 0.31253 * t.si * \ln(t.age)$ /* 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 [cm ²]	$t.dinc = \exp(-5.0479 + 0.9508 * \ln(3.14159265359 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2) * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2 + (t.cw/2)^2)^{1.5} - (t.cw/2)^3)) - 0.7835 * \ln(t.age) - 0.7639 * t.c66xy + 0.7113 * t.c66cxy - 0.1891 * 1.6094)$ /* Kiefer (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzuwachsstre uung [cm]	herror = 0.649

Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /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 [m ³]	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 34: 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-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 [m ³]	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(-abs((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]	$\text{ihpot} = ((1.3952 * t.\text{si} * (1.0 - \exp(-0.0321 * (t.\text{age} + 5.0)))^1.5033) - (1.3952 * t.\text{si} * (1.0 - \exp(-0.0321 * t.\text{age}))^1.5033)) / * \text{Roteiche NAGEL 1999} */$
Höhenzuwachs [m]	$t.\text{hinc} = t.\text{h} * (((1.3952 * t.\text{si} * (1.0 - \exp(-0.0321 * (t.\text{age} + 5.0)))^1.5033) - (1.3952 * t.\text{si} * (1.0 - \exp(-0.0321 * t.\text{age}))^1.5033)) / \text{sp.h100}) + (-0.00102 * (t.\text{hinc}^2.6855)) / * \text{Roteiche (DÖBBELER ET AL 2002)} */$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.\text{dinc} = \exp(-6.7960 + 1.4050 * \ln((3.141593 * (t.\text{cw}/2.0) / (6.0 * (t.\text{h} - t.\text{cb})^2.0))) * (((4.0 * (t.\text{h} - t.\text{cb})^2.0 + (t.\text{cw}/2.0)^2.0)^1.5) - (t.\text{cw}/2.0)^3.0)) - 0.8437 * \ln(t.\text{age}) - 1.0990 * t.\text{c66xy} + 0.8281 * t.\text{c66cxy} - 0.2111 * \ln(5.0)) / * \text{Roteiche (DÖBBELER ET AL 2002)} */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.569
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	MaxDichte = $(3.141592 * (t.\text{d}/200.0)^2.0) * (18800.0 / (3.141592 * (t.\text{cw}/2.0)^2.0)) / * \text{Roteiche (DÖBBELER ET AL 2002)} */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 300
Totholzersetzung (Faktor)	$1.0 - ((\text{sp.year} - t.\text{out} - 5.0) / 30.0)$
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 35: Baumart 221 – Hainbuche (*Carpinus betulus*)

Funktionen wie Code	211
Kronenbreite [m]	$t.\text{cw} = (3.002 + 0.1851 * t.\text{d}) / * \text{Hainbuche (DÖBBELER ET AL 2002)} */$
Kronenansatz [m]	$t.\text{cb} = t.\text{h} * (1.0 - \exp(-\text{abs}((-0.8466 + 0.1534 * t.\text{h}/t.\text{d} - 0.01084 * t.\text{d} + 0.6002 * \ln(\text{sp.h100})))))) / * \text{Hainbuche (DÖBBELER ET AL 2002)} */$
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.\text{dinc} = \exp(-8.7786 + 1.1773 * \ln(3.14159265359 * (t.\text{cw}/2.0) / (6.0 * (t.\text{h} - t.\text{cb})^2.0))) * (((4.0 * (t.\text{h} - t.\text{cb})^2.0 + (t.\text{cw}/2.0)^2.0)^1.5) - (t.\text{cw}/2.0)^3.0)) - 0.3176 * \ln(t.\text{age}) - 0.5691 * t.\text{c66xy} + 0.0 * t.\text{c66cxy} - 0.7319 * \ln(5.0)) / * \text{Hainbuche (DÖBBELER ET AL 2002) c66c auf nNull gesetzt} */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.762

Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	MaxDichte = $(3.141592*(t.d/200.0)^2.0)*(21100/(3.141592*(t.cw/2.0)^2.0))$ /* Hainbuche (DÖBBELER ET AL 2002) */
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 300
Totholzersetzung (Faktor)	$1.0-((sp.year-t.out-5.0)/30.0)$
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 36: Baumart 311 – Esche (*Fraxinus excelsior*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-1.937+1.082*sp.dg)*(((6.9/(-1.937+1.082*sp.dg))^(4.669+0.366*sp.dg-0.234*dmax))-ln(1.0-random))^(1.0/(4.669+0.366*sp.dg-0.234*dmax))$ /* 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 [m ³]	$t.v = 3.141592*t.h*(t.d/200)^2*(0.4786-$ $(1.011176/t.d)+(2.10428/t.h)-(203.1997/(t.d*t.h*t.h)))$ /*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]	$t.cb = t.h*(1.0-exp(-abs((-0.3708+0.4211*t.h/t.d-$ $0.0030*t.d+0.3242*ln(sp.h100))))$ /* 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]	$Höhe = -46.046+15.81886*ln(t.age)-$ $1.33618*(ln(t.age))^2+0.0*t.si+0.22808*t.si*ln(t.age)$ /* Esche (NAGEL 1999) */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((-46.046+15.81886*ln(t.age+5)-$ $1.33618*(ln(t.age+5))^2.0+0.22808*t.si*(ln(t.age+5)))-(-$ $46.046+15.81886*ln(t.age)-$ $1.33618*(ln(t.age))^2.0+0.22808*t.si*(ln(t.age))$ /* 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 [cm ²]	$t.dinc = \exp(-6.1407 + 1.1068 * \ln((3.141593 * (t.cw/2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2.0))) * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2.0 + (t.cw/2.0)^2.0)^1.5) - (t.cw/2.0)^3.0) - 0.5533 * \ln(t.age) - 1.2802 * t.c66xy + 2.1916 * t.c66cxy - 0.5044 * \ln(5.0))$ /* Esche (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.685
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	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 37: Baumart 321 - Bergahorn

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 [m ³]	$t.v = 3.141592 * t.h * (t.d/200)^2 * (0.4786 - (1.011176/t.d) + (2.10428/t.h) - (203.1997/(t.d*t.h*t.h)))$ /*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]	$t.cb = t.h * (1.0 - \exp(-\text{abs}((-0.3191 + 0.0475 * t.h / t.d - 0.0057 * t.d + 0.4066 * \ln(sp.h100))))))$ /* Ahorn (DÖBBELER ET AL 2002) */
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 0 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 296.0432 * (sp.h100 / 296.0432)^{(1.0 / \exp(-0.62388 / ((1.30296 - 1.0) * 100.0^{(1.30296 - 1.0)})) + 0.62388 / ((1.30296 - 1.0) * t.age^{(1.30296 - 1.0)}))}$ /* NAGEL 1985 */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	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]	$t.hinc = t.h * (((296.0432 * (t.si / 296.0432)^{\exp(-0.62388 / ((1.30296 - 1.0) * 100.0^{(1.30296 - 1.0)})) + 0.62388 / ((1.30296 - 1.0) * (t.age + 5.0)^{(1.30296 - 1.0)})}) - 296.0432 * (t.si / 296.0432)^{\exp(-0.62388 / ((1.30296 - 1.0) * 100.0^{(1.30296 - 1.0)})) + 0.62388 / ((1.30296 - 1.0) * t.age^{(1.30296 - 1.0)})}) / sp.h100) + (0.0 * (t.hinc^{1.0}))$ /* Ahorn (DÖBBELER ET AL 2002) */
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-5.9842 + 1.3801 * \ln((3.141593 * (t.cw / 2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^{2.0}))) * (((4.0 * (t.h - t.cb)^{2.0} + (t.cw / 2.0)^{2.0})^{1.5} - (t.cw / 2.0)^{3.0}) - 0.7104 * \ln(t.age) - 0.7518 * t.c66xy + 0.0 * t.c66cxy - 1.0577 * \ln(5.0))$ /* Ahorn (DÖBBELER ET AL 2002) */
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.563
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	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)	$1.0 - ((sp.year - t.out - 5.0) / 30.0)$
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 38: Baumart 342 – Winterlinde (*Tilia cordata*)

wie	211
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 96.173358 * (sp.h100/96.173358)^{(1.0/\exp(-0.495586/((1.101126-1.0)*100.0^{(1.101126-1.0)})) + (0.495586/((1.101126-1.0)*t.age^{(1.101126-1.0)})))} / *$ BÖCKMANN 1990 */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	Höhe = $96.173358 * (t.si/96.173358)^{\exp(-0.495586/((1.101126-1.0)*100.0^{(1.101126-1.0)})) + (0.495586/((1.101126-1.0)*t.age^{(1.101126-1.0)}))} / *$ BÖCKMANN 1990 */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = (96.173358 * (t.si/96.173358)^{\exp(-0.495586/((1.101126-1.0)*100.0^{(1.101126-1.0)})) + (0.495586/((1.101126-1.0)*t.age+5.0)^{(1.101126-1.0)})) - 96.173358 * (t.si/96.173358)^{\exp(-0.495586/((1.101126-1.0)*100.0^{(1.101126-1.0)})) + (0.495586/((1.101126-1.0)*t.age^{(1.101126-1.0)}))} / *$ BÖCKMANN 1990 */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = (96.173358 * (t.si/96.173358)^{\exp(-0.495586/((1.101126-1.0)*100.0^{(1.101126-1.0)})) + (0.495586/((1.101126-1.0)*t.age+5.0)^{(1.101126-1.0)})) - 96.173358 * (t.si/96.173358)^{\exp(-0.495586/((1.101126-1.0)*100.0^{(1.101126-1.0)})) + (0.495586/((1.101126-1.0)*t.age^{(1.101126-1.0)}))} / *$ BÖCKMANN 1990 */
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /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 39: Baumart 354 – Kirsche (*Prunus avium*)

wie	211
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = 84.185464 * (sp.h100/84.185464)^{(1.0/\exp(-0.800089/((1.150926-1.0)*100.0^{(1.150926-1.0)})) + (0.800089/((1.150926-1.0)*t.age^{(1.150926-1.0)})))} / *$ RÖÖS 1990 */
Höhe entsprechend der Bonität [m]	Höhe = $84.185464 * (t.si/84.185464)^{\exp(-0.800089/((1.150926-1.0)*100.0^{(1.150926-1.0)})) + (0.800089/((1.150926-1.0)*t.age^{(1.150926-1.0)}))} / *$ RÖÖS 1990 */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = (84.185464 * (t.si/84.185464)^{\exp(-0.800089/((1.150926-1.0)*100.0^{(1.150926-1.0)})) + (0.800089/((1.150926-1.0)*t.age+5.0)^{(1.150926-1.0)})) - 84.185464 * (t.si/84.185464)^{\exp(-0.800089/((1.150926-1.0)*100.0^{(1.150926-1.0)})) + (0.800089/((1.150926-1.0)*t.age^{(1.150926-1.0)}))} / *$ RÖÖS 1990 */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = (84.185464 * (t.si/84.185464)^{\exp(-0.800089/((1.150926-1.0)*100.0^{(1.150926-1.0)})) + (0.800089/((1.150926-1.0)*t.age+5.0)^{(1.150926-1.0)})) - 84.185464 * (t.si/84.185464)^{\exp(-0.800089/((1.150926-1.0)*100.0^{(1.150926-1.0)})) + (0.800089/((1.150926-1.0)*t.age^{(1.150926-1.0)}))} / *$ RÖÖS 1990 */

Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	MaxDichte = (3.141592*(t.d/200.0) ^{2.0})*(15400.0/(3.141592*(t.cw/2.0) ^{2.0}))
--	---

Tabelle 40: 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-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 [m ³]	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 = (2.227+0.121*t.d)*(1.0-exp(-exp(ln(t.d/5.332)*2.261))) /* KAHLE 2004 */
Kronenansatz [m]	t.cb = t.h*(1.0-exp(-(0.629+0.197*(t.h/t.d) ^{2.0})) /* 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 [cm ²]	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 [m ² /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
Totholzersetzung (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 41: 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 [m ³]	$t.v = 3.141592*t.h*(t.d/200)^2*(0.4039+0.0017335*t.h+1.1267/t.h-118.188/(t.d*t.d*t.d)+0.0000042*t.d*t.d)$ /*Buche Derbholtz (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 der Bonität [m]	$\text{Höhe} = t.si/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*t.age)))^4.1319191$ /* Moorbirke Lock ausgeglichen (NAGEL 2009) */
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((t.si/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*(t.age+5.0))))^4.1319191)-(t.si/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*(t.age))))^4.1319191))$ /* Moorbirke Lock ausgeglichen (NAGEL 2009) */
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = ((t.si/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*(t.age+5.0))))^4.1319191)-(t.si/((1.0-\exp(-0.0658938*100.0))/(1.0-\exp(-0.0658938*(t.age))))^4.1319191))$ /* Moorbirke Lock ausgeglichen (NAGEL 2009) */

Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.05
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = (\exp(4.972+1.52733*\ln(3.14159265359*(t.cw/2.0)))/(6.0*(t.h-t.cb)^2)*(4.0*(t.h-t.cb)^2+(t.cw/2)^2)^{1.5} - (t.cw/2)^3)-1.75899*\ln(t.age)-1.52027*t.c66xy-1.077*t.c66cxy)/10000 /*$ Moorbirke (NAGEL 2009*/
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.05
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	MaxDichte = $(3.141592*(t.d/200.0)^2.0)*(9900.0/(3.141592*(t.cw/2.0)^2.0)) /*$ Moorbirke (NAGEL 2009*/
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 90
Totholzersetzung (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

Tabelle 42: Baumart 421 – Roterle (Schwarzerle)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-1.937+1.082*sp.dg)*(((6.9/(-1.937+1.082*sp.dg))^{(4.669+0.366*sp.dg-0.234*dmax)}- \ln(1.0-random))^{(1.0/(4.669+0.366*sp.dg-0.234*dmax))} /*$ 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 [m ³]	$t.v = \exp(-10.262754+2.155525*\ln(t.d) +0.976678*\ln(t.h)-0.043148*(\ln(t.d))^2 +0.010716*(\ln(t.h))^2 *(1.811999-7.382763*(1.0/t.d)-0.032335*t.d+0.0005276708*t.d^2)-0.00000246995*t.d^3.0) /*$ Schwarzerle LOCKOW (1994)*/
Kronenbreite [m]	$t.cw = 0.17998*(t.d^{0.75155})*((t.h-t.cb)^{0.35611}) /*$ Schwarzerle SCHRÖDER ()*/
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h*(1.0-\exp(-\abs((-1.662864+0.166908*t.h/t.d-0.013784*t.d+0.977588*\ln(sp.h100)))) /*$ 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 [cm ²]	$t.dinc = \exp(-7.23687 + 1.05135 * \ln(3.14159265359 * (t.cw / 2.0) / (6.0 * (t.h - t.cb)^2 * ((4.0 * (t.h - t.cb)^2 + (t.cw / 2)^2)^{1.5} - (t.cw / 2)^3)) - 0.50283 * \ln(t.age) - 0.80185 * t.c66xy)$ /*Schwarzerle SCHRÖDER ()*/
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.05
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /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 43: Baumart 451 – Eberesche (*Sorbus aucuparia*)

wie	211
Volumenfunktion [m ³]	$t.v = 0.000904 + 0.96266 * (0.0000272 * t.h * t.d^2 + 0.00007719 * t.d * t.h + 0.000058 * t.h) + 0.13248 * (0.0000272 * t.h * t.d^2 + 0.00007719 * t.d * t.h + 0.000058 * t.h)^2$ /*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]	$ihpot = (66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp(-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * (t.age + 5.0)^{(0.79707 - 1.0)}))} - 66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp(-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)}))} / *Eberesche (HILLEBRAND 1996)*/$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = (66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp(-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * (t.age + 5.0)^{(0.79707 - 1.0)}))} - 66.9903 * (t.si / 66.9903)^{\exp(-0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * 100.0^{(0.79707 - 1.0)})) + (0.23515 / ((0.79707 - 1.0) * t.age^{(0.79707 - 1.0)}))} / *Eberesche (HILLEBRAND 1996)*/$
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /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

Tabella 44: 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 [m ² /ha]	$MaxDichte = (3.141592 * (t.d / 200.0)^{2.0}) * (15000.0 / (3.141592 * (t.cw / 2.0)^{2.0}))$

Tabella 45: Baumart 523 – Küstentanne (*Abies grandis*)

wie	511
-----	-----

Volumenfunktion [m ³]	$t.v = \exp(1.64134 \cdot \ln(t.d) + 0.84522 \cdot \ln(t.h - 1.3) + 0.45253 \cdot \ln(1.0 - (7.0/t.d)) - 8.45379) / * Kta \text{ Derbholz Nagel } 1988 */$
Kronenbreite [m]	$t.cw = (3.152709 + 0.064306 \cdot t.d) \cdot (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d/14.069376) \cdot 1.938416))) / * Kta \text{ (GEB } 2009) */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h \cdot (1.0 - \exp(-\exp(-1.7040199 + 0.5945605 \cdot t.h/t.d - 0.0067069 \cdot t.d + 0.6850744 \cdot \ln(sp.h100)))) / * Kta \text{ (GEB } 2009) */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 1 (0=Laubholz, 1= Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = sp.h100 \cdot ((1.0 - \exp(-0.0371 \cdot 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 \cdot t.age)))^2.08562 / * Kta \text{ (GEB } 2009) */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	Höhe = $t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 \cdot 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 \cdot t.age)))^2.08562 / * Kta \text{ (GEB } 2009) */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 \cdot 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 \cdot (t.age + 5.0))))^2.08562 - (t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 \cdot 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 \cdot t.age))))^2.08562) / * Kta \text{ (GEB } 2009) */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = ((t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 \cdot 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 \cdot (t.age + 5.0))))^2.08562 - (t.si / ((1.0 - \exp(-0.0371 \cdot 50.0)) / (1.0 - \exp(-0.0371 \cdot t.age))))^2.08562) \cdot 1.053041 \cdot (t.h / sp.h100)^{0.021848} / * Kta \text{ (GEB } 2009) */$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 1.29
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = (\exp(3.5581 + 1.018355 \cdot \ln(t.d \cdot t.d) - 1.207076 \cdot \ln(t.age) - 0.968107 \cdot t.c66xy + 0.541826 \cdot t.c66cxy)) / 10000.0 / * Kta \text{ (GEB } 2009) */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = -9.0
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	MaxDichte = $0.0001 \cdot 3.141592 / (16 \cdot 0.000005758 \cdot 0.7637 \cdot (t.h^{(0.2706 - 1.0760)})) / * Kta \text{ (GEB } 2009) */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 200
Totholzersetzung (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 46: Baumart 811 – Europäische Lärche (*Larix decidua*)

Durchmessergenerierung [cm]	$t.d = (-2.492 + 1.104 \cdot sp.dg) \cdot (((6.9 / (-2.492 + 1.104 \cdot sp.dg))^{(3.418 + 0.353 \cdot sp.dg - 0.192 \cdot dmax)} - \ln(1.0 - \text{random}))^{1.0 / (3.418 + 0.353 \cdot sp.dg - 0.192 \cdot dmax)}) / * Fichte \text{ (NAGEL u. BIGING } 1995) */$
Einheitshöhenkurve [m]	$t.h = 1.3 + (sp.hg - 1.3) \cdot \exp(0.12931522 \cdot (1.0 - (sp.dg/t.d))) \cdot \exp(4.44234560 \cdot ((1.0/sp.dg) - (1.0/t.d))) / * ELae$

(NAGEL 1999*/	
Höhenvariabilität [m]	$t.hv = -0.6860345 + 0.551803 \cdot \ln(sp.dg) /* ELae (ALBERT 2000)*/$
Volumenfunktion [m ³]	$t.v = 3.141592 \cdot t.h \cdot (t.d/200)^2 \cdot (0.583 + 4.52132 / (t.h \cdot t.h) - 5.59827 / (t.h \cdot t.d) - 0.2101 \cdot \ln(t.d) / \ln(10.0) + 0.12363 \cdot \ln(t.h) / \ln(10.0) + 21.92938 / (t.d \cdot t.h \cdot t.h)) /* ELae Derbholz (BERGEL 1974)*/$
Kronenbreite [m]	$t.cw = (3.6962 + 0.0762 \cdot t.d) \cdot (1.0 - \exp(-\exp(\ln(t.d/21.8046) \cdot 1.53))) /* Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Kronenansatz [m]	$t.cb = t.h \cdot (1.0 - \exp(-\exp(-\exp((0.8225 - 0.4688 \cdot t.h / t.d - 0.00317 \cdot t.d - 0.4282 \cdot \ln(sp.h100)))))) /* Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Kronentyp in Grafik:	Kronentyp= 1 (0=Laubholz, 1=Nadelholz)
Bonität (Höhe im Alter 100) [m]	$t.si = (sp.h100 + 0.53515) / (-0.78758 + 0.38982 \cdot \ln(t.age)) /* Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Höhe entsprechend der Bonität [m]	$Höhe = -0.53515 - 0.78758 \cdot t.si + 0.38982 \cdot t.si \cdot \ln(t.age) /* Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Potentieller Höhenzuwachs [m]	$ihpot = ((-0.53515 - 0.78758 \cdot t.si + 0.38982 \cdot t.si \cdot \ln(t.age + 5)) - (-0.53515 - 0.78758 \cdot t.si + 0.38982 \cdot t.si \cdot \ln(t.age))) /* Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Höhenzuwachs [m]	$t.hinc = ((-0.53515 - 0.78758 \cdot t.si + 0.38982 \cdot t.si \cdot \ln(t.age + 5)) - (-0.53515 - 0.78758 \cdot t.si + 0.38982 \cdot t.si \cdot \ln(t.age))) /* Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Höhenzuwachsstreuung [m]	herror = 0.082
Grundflächenzuwachs [cm ²]	$t.dinc = \exp(-7.1927 + 0.8621 \cdot \ln(3.14159265359 \cdot (t.cw/2.0)) / (6.0 \cdot (t.h - t.cb)^2 \cdot ((4.0 \cdot (t.h - t.cb)^2 + (t.cw/2)^2)^{1.5} - (t.cw/2)^3)) - 0.5193 \cdot \ln(t.age) - 0.7122 \cdot t.c66xy + 0.3619 \cdot t.c66cxy + 0.7316 \cdot 1.6094) /* Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.629
Maximale Dichte der Grundfläche [m ² /ha]	$MaxDichte = (3.141592 \cdot (t.d/200.0)^2 \cdot 0.2) \cdot (8400.0 / (3.141592 \cdot (t.cw/2.0)^2 \cdot 0.2)) /* Lae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 240
Totholzersetzung (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 47: 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 [m³]	$t.v = 3.141592*t.h*(t.d/200)^2*(0.5073+7.41736/(t.h*t.h)-7.57701/(t.h*t.d)-0.32268*ln(t.d)/ln(10.0)+0.30583*ln(t.h)/ln(10.0)+20.75427/(t.d*t.h*t.h)) /* JLae Derbholz (BERGEL 1973) */$
Kronenbreite [m]	$t.cb = 2.3805+0.1073*t.d /* JLae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
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 [cm²]	$t.dinc = exp(-8.1122+1.3016*ln((3.141593*(t.cb/2.0)/(6.0*(t.h-t.cb)^2.0))*((4.0*(t.h-t.cb)^2.0+(t.cb/2.0)^2.0)^1.5)-(t.cb/2.0)^3.0))-0.6979*ln(t.age)-0.5081*t.c66xy+0.4766*t.c66cxy+0.3520*ln(5.0)) /* JLae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Durchmesserzuwachsstreuung [cm]	herror = 0.57
Maximale Dichte der Grundfläche [m²/ha]	$MaxDichte = (3.141592*(t.d/200.0)^2.0)*(22800.0/(3.141592*(t.cb/2.0)^2.0)) /* JLae (DÖBBELER ET AL 2002) */$
Maximales Alter [Jahre]	MaxAlter = 240

Totholzersetzung (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;0.75;18.0;18.0;0.80;24.0;24.0;0.85;100.0
Farbe (RGB)	254;0;0

Table 48: *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]	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

15.2 Einwuchsmodell

Table 49: *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

$$nE = e^{p0 + p1 \cdot c66kl}$$

Tabelle 50: 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

15.2.1 Bestimmung der Baumart

Tabelle 51: 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

Tabelle 52: 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

Tabelle 53: Führende Baumart Buche (Teil2)

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

Tabelle 54: Führende Baumart Alb oder Alm (Teil1)

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

Tabelle 55: Führende Baumart Alb oder Alm (Teil2)

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
>											

Tabelle 56: Führende Baumart Fichte (Teil1)

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

Tabelle 57: Führende Baumart Fichte (Teil1)

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

Tabelle 58: 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

Tabelle 59: Führende Baumart Kiefer (Teil1)

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

Tabelle 60: Führende Baumart Kiefer (Teil2)

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

Tabelle 61: 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

15.3 Schaftformfunktionen

Java Klasse: `treegross.base.TaperByBrink`

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

Modifizierte Brinkfunktion (Laubholzarten)

Tabelle 62: *Buche*

Koeffizient	Wert	Std. Fehler	t-Wert
k	0.6946140	0.00975345	71.2173
p	0.0862735	0.00427386	20.1863
q	0.1359840	0.00304893	44.6007
Residual Std. Fehler (mm)		0.683244 bei 6331 Freiheitsgraden	

Tabelle 63: *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)

Tabelle 64: *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		

Tabelle 65: *Douglasie*

Beiträge der NW-FVA, Band xyz, 2010

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		

Tabelle 66: 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		