



Sortimentierung der Bäume eines TreeGrOSS-Bestandes sowie Schätzung von Biomasse, Nährstoffgehalten und Kohlenstoffbindung mit dem Java Paket *NWFVAUtilization*

Jürgen Nagel, Sabine Rumpf, René Wördehoff
Abt. Waldwachstum der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Göttingen

Inhaltsverzeichnis

<u>Einführung.....</u>	<u>2</u>
<u>Konzept.....</u>	<u>2</u>
<u>Einbindung des Paketes in den ForestSimulator.....</u>	<u>3</u>
<u>Anwendung des Paketes.....</u>	<u>3</u>
<u>Sortierung.....</u>	<u>3</u>
<u>Berechnung der Biomassen und Nährelemente.....</u>	<u>5</u>
<u>Berechnung der Kohlenstoffspeicher.....</u>	<u>6</u>
<u>Ausgaben.....</u>	<u>7</u>
<u>Literatur.....</u>	<u>8</u>
<u>Anhang.....</u>	<u>8</u>
<u>Anhang A: Aufbau und Elemente der Datei loggingSortiment.xml.....</u>	<u>8</u>
<u>Anhang B: Aufbau und Elemente der Datei BiomassEnna.xml.....</u>	<u>9</u>
<u>Anhang C: Aufbau und Elemente der Datei carboncascade.xml.....</u>	<u>9</u>

Einführung

Auswirkungen auf die Waldentwicklung können mit dem ForestSimulator¹ für unterschiedliche waldbauliche Strategien abgeschätzt werden. Für die Beurteilung der Strategien werden aus betrieblicher Sicht meist weitere Informationen, wie zum Beispiel die entnommenen Sortimente und Nährstoffe oder die Kohlenstoffbindung benötigt. Wie viel Holz und welche Sortimente sowie Nährstoffe letztlich entnommen werden, hängt jedoch ganz wesentlich von dem jeweiligen Nutzungsszenario ab. Unter dem Begriff Nutzungsszenario werden hier alle gewählten Sortimente inklusive des Brennholzes und des Restholzes verstanden, die bei der Holzernte tatsächlich aus dem Bestand entnommen werden.

Für die Kalkulation dieser Werte wurde zusätzlich zum Softwarepaket TreeGrOSS das Paket NWFVAUtilization erstellt. Mit diesem können Bestände im TreeGrOSS-Format bei unterschiedlichen Nutzungsszenarien im Hinblick auf Sortimente, Biomassen- und Nährstoffentnahmen untersucht werden. Das Paket verwendet die Schaftholzfunktionen von SCHMIDT (2001), sowie Biomassefunktionen und Nährstoffkonzentrationen aus dem Projekt EnNa². Die Berechnung der Kohlenstoffbindung im Bestand und in den Produktspeichern sowie der Substitutionseffekte wurde auf der Basis der Dissertation von Würdehoff (2016) realisiert.

Konzept

Jeder Baum wird in Stubben, Sortimente, Restderbholz, Restholz (Äste und Reisig < 7cm) und ggf. Nadeln zerlegt. Die Zerlegung erfolgt am Stammfuß beginnend jeweils mit dem Sortiment der höchsten Wertigkeit, für das alle Randbedingungen, wie zum Beispiel Mindestlänge, Mindestzopf etc. erfüllt sind. Verbleibendes Derbholz, welches nicht in die vorgegebenen Sortimente fällt, wird dem Restderbholz zugeschlagen. Für die ausgehaltenen Sortimente und das Restderbholz werden das Volumen von Rinde und Holz getrennt berechnet. Für den Stubben, die verschiedenen Sortimente, das Restderbholz sowie Restholz (Äste und Reisig < 7cm) und ggf. Nadeln wird jeweils die Biomasse berechnet. Darauf aufbauend wird der Kohlenstoffvorrat verschiedener Speicher im und außerhalb des Waldes hergeleitet.

Das Java Paket wurde parameteroffen gestaltet, das heißt, alle Biomassefunktionen, Konzentrationswerte, vordefinierten Sortimente, der Holzverwendungs- sowie Kaskadeschlüssel sind in XML-Dateien ausgelagert. Das ermöglicht jedem Softwareanwender, Veränderungen an den

¹ ForestSimulator 7.9 (<https://www.nw-fva.de/?id=194>)

² <http://forst.fnr.de/projekte-und-foerderung/projekte/nachhaltige-energieholzernte/>

vom Paket NWFVAUtilization benutzten Steuergrößen selbst vornehmen zu können. Die XML-Dateien sind im Anhang beschrieben.

Einbindung des Paketes in den ForestSimulator

Das Java-Paket NWFVAUtilization wird über das Menü des ForestSimulators aufgerufen und ist über die Klasse TgJFrame eingebunden. Dem Java Paket wird das **Stand**-Objekt übergeben. Das Paket nimmt keine Änderungen an dem **Stand**-Objekt vor. Da während der Simulation mit dem ForestSimulator alle ausscheidenden Bäume im **Stand**-Objekt gespeichert bleiben, kann die Sortierung auch für alle in den zurückliegenden Jahren entnommenen Bäume durchgeführt werden. Alle wichtigen XML-Einstellungsdateien sind in dem Verzeichnis **ForestSimulator/user/moduls** in den Unterverzeichnissen **/assortment** **/biomass** und **/carbon** hinterlegt. In der Datei **assortmentsDefault.xml** sind Standardsortimente vordefiniert. Diese können mit einem Texteditor oder über die Maske im ForestSimulator den eigenen Wünschen angepasst werden. Die Datei **assortments.xls** dient zur Darstellung der Sortimente im Browser. Die Biomassefunktionen und Nährstoffkonzentrationen sind in den Dateien **BiomassEnna.xml** und **BiomassNWGermany.xml** gespeichert. Es wird empfohlen die Datei **BiomassEnna.xml** aus dem FNR-EnNa-Projekt³ zu verwenden, weil sich die Funktionen und Konzentrationswerte auf mehr Messwerte stützen. Die andere Datei entspricht dem FNR-Vollbaumprojekt⁴. Die Datei **Biomass.xml** ist ein Stylesheet zur Darstellung im Browser. Für die Berechnung der Kohlenstoffspeicher ist der Holzverwendungsschlüssel in der Datei **carboncascade.xml** abgelegt. Für die Berechnungen werden die Sortimente aus der Datei **carbonassortments.xml** verwendet.

Anwendung des Paketes

Die Berechnung der Biomasse und Nährstoffe erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt werden alle Bäume sortimentiert und das Ergebnis im Unterverzeichnis **/ForestSimulator/output_standsimulation** in der Datei **assortmentlist.xml** gespeichert. Diese Datei kann mit einem Browser geöffnet und bei Bedarf unter einem anderen Namen gespeichert werden. Im zweiten Schritt wird die Datei **assortmentlist.xml** eingelesen und es werden die Nährstoffgehalte für alle Kompartimente berechnet. Das Ergebnis wird in einer xml-Datei, deren Name frei gewählt werden kann, abgelegt. Der Benutzer oder die Benutzerin können die Werte beider XML-Dateien in eine Tabellenkalkulation übernehmen und die Werte nach ihren Wünschen sortieren sowie Summen bilden. Der Weg über die Tabellenkalkulation erscheint auf den ersten Blick wenig elegant, ist dafür aber sehr flexibel. Die Berechnung der Kohlenstoffspeicherung erfolgt ganz ähnlich. Zunächst werden die ausgehaltenen Sortimente ausgewählt und anschließend die auszuwertenden **treegross.xml** Dateien eingelesen.

Sortierung

Der Sortierungs-Dialog ist in der Abbildung 1 dargestellt. Mit ihm können die Sortimente zunächst einmal erstellt, bearbeitet und gelöscht werden. Jedes Sortiment erhält einen **Namen** und kann für Baumartengruppen oder eine einzelne Baumart mit den Angaben zu „**Art von**“ und „**Art bis**“ definiert werden. Das Sortiment wird durch Minimum- und Maximumwerte für die Länge, den Mittendurchmesser und den Zopf festgelegt. Darüber hinaus können das Verfahren und Umfang der Zugabe, die Wertigkeit, der Preis, die Wahrscheinlichkeit der Auswahl (Prozent der Bäume), die Kronenansatzlimitierung, die Häufigkeit der Aushaltung am selben Stamm und das Kollektiv (**alle** oder **nur Z-Bäume**) eingestellt werden. Die Wertigkeit entscheidet über die Reihenfolge, welches der Sortimente der ausgewählten Sortimente zuerst in Betracht gezogen wird. Möchte man den Stubben gesondert verrechnen, sollte dieser als eigenes Sortiment mit der höchsten Wertigkeit ausgewählt sein. Ähnliches gilt für das Restholz bis 7cm Zopfdurchmesser, welches aber die

³ Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, FKZ: 22020212

⁴ Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, FKZ: 22015407

geringste Wertigkeit haben sollte. Die Sortierung wird mit einem Klick auf den Knopf „**Sortiments XML berechnen**“ ausgeführt. Daraufhin wird im Browser automatisch die Datei **assortments.xml** angezeigt (siehe Abbildung 2). Falls dies nicht der Fall ist, kann man sie im Verzeichnis **\output_standsimulation** finden und öffnen. In der ersten Tabelle dieser XML-Datei sind die wichtigsten Kenngrößen der ausgewählten Sortimente zusammengestellt, in der zweiten Tabelle sind die ausgehaltenen Sortimente, auch der entnommenen Bäume, zu finden. Der Inhalt dieser Datei kann mit „Kopieren und Einfügen“ oder durch direktes Öffnen in eine Tabellenkalkulation übernommen und weiter verarbeitet werden. Sortimente von lebenden Bäumen sind unter „**Entnahmejahr**“ mit „-1“ gekennzeichnet. Der „**Faktor/ha**“ dient der Hochrechnung von Hektarangaben. Die angegebenen Volumenwerte entsprechen der in der Forstpraxis üblichen Berechnung nach Huber (1928).

The 'Sorting Dialog' window is divided into several sections:

- Sortimente List:** A vertical list on the left containing various assortment names like 'Lbh_Stamm', 'Ndh_Stamm', 'X-Holz', 'Stubben', etc.
- Assortment Definition:** A central area with input fields for 'Name' (Lbh_Stamm), 'Art von' (100), and 'Art bis' (499). It includes a checked checkbox 'Entnahme, wenn kein Totholz' and a table with columns: min D, max D, min Zopf, max Zopf, min L, max L, and Zugabe cm. Below this is a section for 'Wertigkeit' (70.0), 'Price' (100.0), and 'Prozent der Bäume' (100.0), along with a dropdown for 'alle Bäume' set to 'einfach'.
- Buttons:** 'neu', 'speichern', and 'löschen' are located at the bottom of the main dialog area.
- Status Bar:** At the very bottom, there are two buttons: 'Entnahmemengen auf der Basis der Sortimente berechnen' and 'Sortiments XML rechnen'.

Abbildung 1: Der Dialog zur Sortimentierung ermöglicht die Bearbeitung und Erstellung von Sortimenten sowie die Auswahl der Sortimente, die ausgehalten werden sollen. Letztere werden in der linken Spalte markiert. Bei einer Mehrfachauswahl muss die **Strg-Taste** beim Anklicken gehalten sein. Die Sortierung startet man mit dem Knopf „**Sortiments XML rechnen**“.

Sortiment	Art von	Art bis	Laenge min	Laenge max	D min	D max	Zopf min	Zopf max	Zugabe	Zugabe
			m	m	cm	cm	cm	cm	%	cm
Ndh 4m	500	999	4	4	12	60	12	55	0.0000	0.0000
Lbh 3m	100	499	3	3	7	99.9	12	99.9	0.0000	0.0000
Bu Stamm	200	300	4.5	18	40	69.9	35	90	0.0000	20.0000
Fi Stamm	500	600	14	18	25	49	14	55	10.0000	0.0000
Stubben	100	999	.1	.3	7	99.9	7	99.9	0.0000	0.0000
Restholz	100	999	0	9999.9	7	999.9	7	999.9	0.0000	0.0000

Tabelle 2: Liste der Sortimente plus Restholz

Art	Nr	BHD	Hoehe	VsmR	VsoR	Sortiment	Entnahme	Jahr	Typ	Faktor/ha	Starthoehe	Laenge	Mittendurchm. m.R.	Volumen m.R.	Volumen o.R.
		cm	m	m ³	m ³					m		m	cm	m ³	m ³
511	144	62.9	36.4	4.207	3.853	Stubben	0	-1	0	5	0	.3	77.7	.1152	.1071
511	144	62.9	36.4	4.207	3.853	Fi Stamm	0	-1	0	5	.3	18	46.2	3.4524	3.171
511	144	62.9	36.4	4.207	3.853	Ndh 4m	0	-1	0	5	20.1	4	32.1	.3234	.2932
511	144	62.9	36.4	4.207	3.853	Ndh 4m	0	-1	0	5	24.1	4	25.6	.2055	.1849
511	144	62.9	36.4	4.207	3.853	Restholz	0	-1	0	5	28.1	5.9	15.1	.1103	.0974
511	110	61.1	36.6	4.05	3.707	Stubben	0	-1	0	5	0	.3	75.3	.1087	.1009
511	110	61.1	36.6	4.05	3.707	Fi Stamm	0	-1	0	5	.3	18	45.3	3.3124	3.0402
511	110	61.1	36.6	4.05	3.707	Ndh 4m	0	-1	0	5	20.1	4	31.7	.3154	.2858
511	110	61.1	36.6	4.05	3.707	Ndh 4m	0	-1	0	5	24.1	4	25.4	.2021	.1817
511	110	61.1	36.6	4.05	3.707	Restholz	0	-1	0	5	28.1	5.9	15.2	.111	.0979
211	91	58	37	4.742	4.485	Stubben	0	-1	0	5	0	.3	60	.0818	.0775
211	91	58	37	4.742	4.485	Bu Stamm	0	-1	0	5	.3	18	48.1	3.4297	3.2479
211	91	58	37	4.742	4.485	Lbh 3m	0	-1	0	5	18.5	3	39.4	.365	.345
211	91	58	37	4.742	4.485	Lbh 3m	0	-1	0	5	21.5	3	36.5	.3132	.2958
211	91	58	37	4.742	4.485	Lbh 3m	0	-1	0	5	24.5	3	32.8	.2523	.238
211	91	58	37	4.742	4.485	Lbh 3m	0	-1	0	5	27.5	3	27.7	.1794	.1689
211	91	58	37	4.742	4.485	Lbh 3m	0	-1	0	5	30.5	3	20.4	.0972	.091
211	91	58	37	4.742	4.485	Restholz	0	-1	0	5	33.5	2.5	10.7	.0233	.0215
511	158	55.8	36.2	3.467	3.166	Stubben	0	-1	0	5	0	.3	68.5	.0906	.0839
511	158	55.8	36.2	3.467	3.166	Fi Stamm	0	-1	0	5	.3	18	42.1	2.8431	2.6029
511	158	55.8	36.2	3.467	3.166	Ndh 4m	0	-1	0	5	20.1	4	20.5	.2773	.2461

Abbildung 2: Liste der Sortimente nach der Sortierung. Ein Auszug der Datei **assortmentlist.xml**.

Berechnung der Biomassen und Nährelemente

Der Dialog zur Berechnung der Biomassen und Nährelemente ist in der Abbildung 3 dargestellt. Für die Kalkulation wird die XML-Datei mit den Parametern der Biomassefunktionen und Nährelementkonzentrationen ausgewählt. Es wird die Datei **BiomassEnna.xml** empfohlen. Als zweites muss die XML-Datei mit den Sortimenten ausgewählt werden. Im Normalfall sind bereits die beiden Dateien **BiomassEnna.xml** und **assortmentlist.xml** ausgewählt. Durch einen Klick auf den Knopf „Entnahmemengen auf der Basis der Sortimente berechnen“ erfolgt die Erzeugung einer neuen XML-Datei mit den Biomassen und Nährelementen. Den dazugehörigen Dateinamen kann man frei vergeben. In der neuen XML-Datei (siehe Abbildung 4) erscheinen die meisten Sortimente nach Holz und Rinde getrennt. Die Liste kann wie zuvor in eine Tabellenkalkulation für die Weiterverarbeitung übernommen werden.

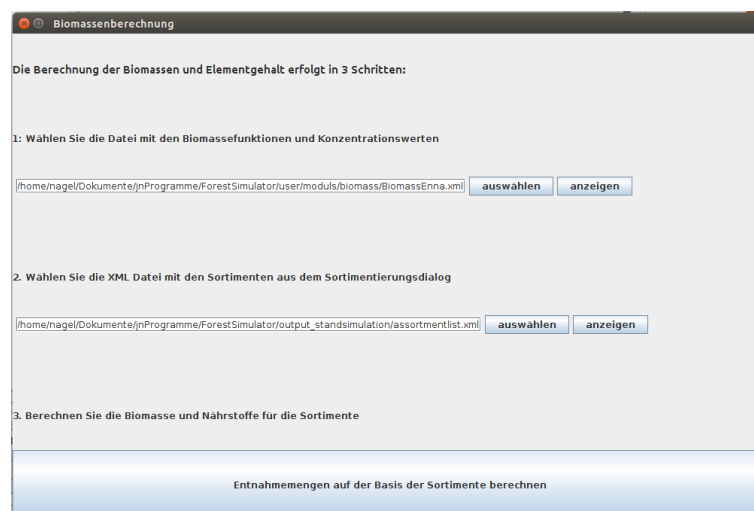


Abbildung 3: Dialog für die Berechnung der Biomassen und Nährelemente

Biomasse

Tabelle 1: Liste der Biomasse nach Sortimenten

Art	Nr	BHD	Hohe	Sortiment	Kompartiment	Entnahme	Jahr	Typ	Faktor/ha	Volumen	Biomasse	C	N	S	P	K	Ca	Mg
		cm	m						m	m ³	kg	kg	g	g	g	g	g	g
511	144	62.9	36.4	Stubben	Holz	0	-1	0	5	.114	48.032	23.2025	39.0019	3.026	3.2181	24.2081	45.8225	6.3402
511	144	62.9	36.4	Stubben	Rinde	0	-1	0	5	.0086	3.0211	1.4652	14.6221	1.1782	1.574	7.7642	30.6036	2.5619
511	144	62.9	36.4	Fi Stamm	Holz	0	-1	0	5	3.3763	1422.1225	686.9748	1154.7635	89.5937	95.2822	716.7498	1356.7049	187.7202
511	144	62.9	36.4	Fi Stamm	Rinde	0	-1	0	5	.2996	104.9549	50.9029	507.9816	40.9324	54.6815	269.734	1063.193	89.0017
511	144	62.9	36.4	Ndh 4m	Holz	0	-1	0	5	.3122	131.4936	63.5197	106.7728	8.2841	8.8101	66.2728	125.4449	17.3572
511	144	62.9	36.4	Ndh 4m	Rinde	0	-1	0	5	.0322	11.2638	5.4629	54.5169	4.3929	5.8684	28.948	114.1024	9.5517
511	144	62.9	36.4	Ndh 4m	Holz	0	-1	0	5	.1969	82.9235	40.0573	67.3339	5.2242	5.5559	41.7935	79.109	10.9459
511	144	62.9	36.4	Ndh 4m	Rinde	0	-1	0	5	.0219	7.6833	3.7264	37.187	2.9965	4.003	19.746	77.8315	6.5154
511	144	62.9	36.4	Restholz	Holz	0	-1	0	5	.1037	43.6817	21.101	35.4696	2.7519	2.9267	22.0156	41.6724	5.766
511	144	62.9	36.4	Restholz	Rinde	0	-1	0	5	.0137	4.8114	2.3335	23.287	1.8764	2.5067	12.3652	48.7391	4.08
511	144	62.9	36.4	Reisig	Reisig	0	-1	0	5	0	278.0766	136.1393	1207.6865	97.883	138.2041	604.8165	1058.9156	166.5679
511	144	62.9	36.4	Blaetter	Blaetter	0	-1	0	5	0	86.9607	42.7509	1128.5755	79.3951	96.5263	374.7135	576.2883	88.6129
511	110	61.2	36.6	Stubben	Holz	0	-1	0	5	.1066	44.9456	21.7116	36.4958	2.8316	3.0114	22.6526	42.8781	5.9328

Abbildung 4: Liste der Biomassen und Nährelemente für die ausgehaltenen Sortimente

Berechnung der Kohlenstoffspeicher

Zunächst werden die Sortimente ausgewählt, die berücksichtigt werden sollen. Dabei muss geprüft werden, ob die Sortimente richtig eingestellt sind, zum Beispiel, ob der **Haken für die Entnahme des Sortiments** gesetzt wurde. Die drei mit *** gekennzeichneten Sortimente Stubben, Restderbholz und Kronenholz sind „Sondersortimente“. Sie dürfen in der XML-Datei mit den ausgehaltenen Sortimenten nicht fehlen und werden automatisch ausgewählt. Wenn man die Berechnung startet erscheint ein Dateiauswahldialog, in dem eine oder mehrere **treegross.xml** Dateien (Bestände) ausgewählt werden können. So können alle Zeitschritte einer Simulation in einem Arbeitsgang ausgewertet werden. Das automatische Abspeichern der Zeitschritte während der Simulation erfolgt, wenn in den Simulationseinstellungen bei „**Save each step**“ der Haken gesetzt ist. Für die Berechnung der Kohlenstoffspeicherung wird jeder Baum, nach dem Verfahren wie es unter Sortierung beschrieben wurde, in die gewählten Sortimente zerlegt. Falls keine Sortimente ausgewählt wurden, fällt das gesamte Stammholz mit Rinde in das Sondersortiment Restholz. Für alle Sortimente, das Restholz, den Stubben sowie für die Nadelmasse von Koniferen wird der Kohlenstoffvorrat über Biomassefunktionen und dem Kohlenstoffanteil berechnet. Für die Derbholzsortimente wird der Kohlenstoffvorrat aus dem Anteil von Sortimentsvolumen zu Gesamterbholzvolumen und der Kohlenstoffmenge des Stammes (Holz+Rinde) berechnet. Die Kohlenstoffmenge aller Sortimente wird nach folgendem Verfahren in die Kohlenstoffspeicher aufgeteilt:

1. unterirdisch: Der Kohlenstoffvorrat der Wurzeln aller Bäume.

2. liegend: Alle Sortimente der abgestorbenen Bäume (outtype = 1) und alle Sortimente die nicht dem Bestand entnommen werden, d. h. bei denen der **Haken für die Entnahme des Sortiments nicht** gesetzt wurde (z. B. Stubben). Bei Nadelhölzern wird die Kohlenstoffmenge der Nadelmasse der entnommenen Bäume ebenfalls berechnet.

3. stehend: Der Kohlenstoffvorrat aller Sortimente der lebenden Bäume (outtype = -1).

4. Produktspeicher und Substitution: Für jedes entnommene Sortiment wird in Abhängigkeit der Produktklasse (siehe Tabelle 1), dem das Sortiment zugeordnet wurde, nach dem Verwendungsschlüssel die Gesamtsubstitution und der verbliebene Kohlenstoffvorrat in den Produktspeichern seit dem Jahr der Entnahme mit einem rekursiven Verfahren berechnet (siehe Abbildung 5). Die Kohlenstoffmenge des Sortiments wird zunächst entsprechend der Produktklasse in Produktobjekte gemäß des Verteilungsschlüssels (siehe Anhang C, Verteilung_P1 bis 4) aufgeteilt. Dabei stellen die Verteilungsfaktoren dar, wie sich bei der Herstellung eines Produktes einer Kategorie die Reste der Produktion auf andere Produktklassen verteilt. Für jedes neue Produktobjekt wird bei der Anlage der Substitutionswert berechnet. Der Zeitraum seit der Entnahme des Sortiments wird in 5-jährige Zeitschritte aufgeteilt. Für jeden Zeitschritt werden für alle Produktobjekte über die Abbaurate der freiwerdende sowie verbleibende Kohlenstoffvorrat nach

Formel 1 berechnet.

Tabelle 1: Aufstellung der Produktklassen mit den entsprechenden mittleren Lebensdauern, Zersetzungskonstanten, ihren Hauptprodukten und der voreingestellten Substitution (verändert nach Würdehoff 2016)

Kategorie	Produktklasse		Zersetzungs-konstante	Hauptprodukte	Substitution
4	Produkte mit	langer Lebensdauer	0,02	Bauholz	stofflich (1,5 t C/t C)
3		mittlerer Lebensdauer	0,039	Holzwerkstoffe, Furniere, Möbel	
2		kurzer Lebensdauer	0,32	Papier, Pappe, Kartonagen	energetisch (0,67 t C/t C)
1	Energieholz		0,7	Brennholz, Pellets	

Formel 1: Verbleibender Kohlenstoffanteil (rc) [%]: $rc = 100 * e^{(-abbaurate * zeit)}$

Der freiwerdende Kohlenstoffvorrat geht in eine Mehrfachnutzung über und es werden im Sinne einer Kaskade neue Produktobjekte erzeugt, sofern der freiwerdende Kohlenstoffvorrat nicht der Produktklasse 1 entstammt. Die Produktklasse 1 stellt den Systemverlust durch die energetische Holznutzung dar. Am Ende der Betrachtung ergibt sich die Substitution aus der Summe der Substitution aller Produktobjekte. Der Kohlenstoffvorrat der Produktspeicher 1 bis 4 wird aus dem verbliebenen Kohlenstoff aller Produktobjekte zusammenaddiert. Da bei langen Zeiträumen seit der Entnahme eines Sortiments der rekursive Ansatz zu extrem vielen Produktobjekten führt, wird die Bildung neuer Produktobjekte immer dann beendet, wenn das Produktobjekt nur noch 0,5 kg Kohlenstoff enthält. Maximal können im Programmmodul 800.000 Produktobjekte pro Sortiment gebildet werden. Die Ausgabe für die Produktspeicher wird in eine XML-Datei geschrieben, deren Einträge sortiert nach Bestandesnamen und Jahren ausgegeben wird. Alle Speicher sind zu Beginn der Simulation leer. Für die Kohlenstoffspeicher „**unterirdisch**“ und „**liegend**“ wird keine Abbaurate gerechnet.

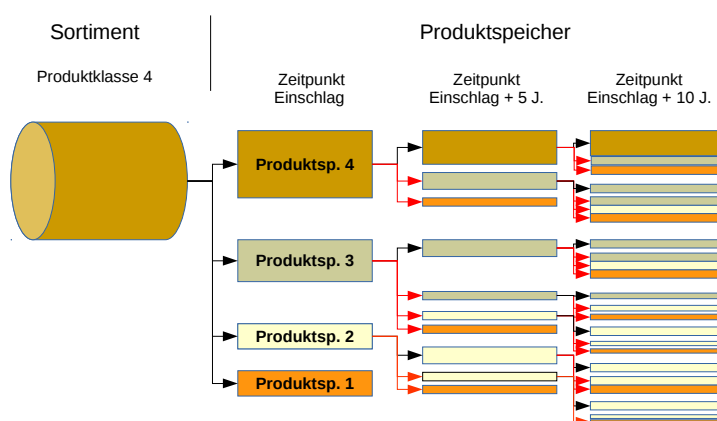


Abbildung 5: Berechnung von Produktspeichern und Substitution entsprechend der Holznutzungskaskade. Der schwarze Pfeil zeigt auf das durch die Abbaurate verkleinerte Objekt. Die roten Pfeile auf die durch die Mehrfachnutzung (Kaskade) neu entstandenen Objekte.

Ausgaben

Die Ergebnisse werden in das Ausgabeverzeichnis des ForestSimulators als XML und HTML Dateien geschrieben. Wenn auf dem Rechner ein Browser installiert ist, sollte die HTML-Datei im

Browser angezeigt werden. Die Daten können dort mit „copy und paste“ in andere Programme übernommen werden. Falls ein anderes Ausgabedesign gewünscht ist, können die XSL-Style Sheets, welche in den Unterverzeichnissen der drei Module `/assortment` `/biomass` und `/carbon` abgelegt sind, entsprechend abgeändert werden.

Literatur

Hansen, J.; Nagel, J. (2014): Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGrOSS - Anwendung und theoretische Grundlagen. Beiträge aus der NW-FVA, Band 11, 224 S.

Huber, F.X. (1928): Hilfstafeln für Bedienstete des Forst- und Baufachs und auch für Ökonomen zur leichten und schnellen Bestimmung des Massengehaltes roher Holzstämmen. München

Schmidt, M. (2001): [Prognosemodelle für ausgewählte Holzqualitätsmerkmale wichtiger Baumarten](#). Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August Universität Göttingen. 302 S.

Wördehoff, R. (2016): [Kohlenstoffspeicherung als Teilziel der strategischen Waldbauplanung erläutert an Reinbeständen verschiedener Baumarten in Niedersachsen](#). Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August Universität Göttingen. 208 S.

Anhang

Anhang A: Aufbau und Elemente der Datei loggingSortiment.xml

Das Beispiel zeigt die Einstellung für das Sortiment: „Fichte, 4m Säge-Abschnitte, keine Längenzugabe, Zopf 12 cm“

Element <Sortiment>	Typ	Beispiel: Fichte	Beschreibung
Id	I	1	Laufende Nummer
Name	S	Fi-ABS	Name des Sortiments
Art_von	I	511	Baumartencode ab dem das Sortiment gilt
Art_bis	S	599	Baumartencode bis zu dem das Sortiment gilt
minD	D	12.0	Minimaler Mittendurchmesser [cm]
maxD	D	59.0	Maximaler Mittendurchmesser [cm]
MinTop	D	12.0	Minimaler Zopfdurchmesser [cm]
MaxTop	D	99.0	Maximaler Zopfdurchmesser [cm]
minH	D	4.0	Minimale Länge [m]
maxH	D	4.0	Maximale Länge [m]
ZugabeProzent	D	0.0	Zugabe in Prozent der Länge [%]
ZugabeCm	D	10.0	Zugabe absolut [cm]
Preis	D	0.0	Preis des Sortiments [Euro/m³]
Gewicht	D	80	Wertigkeit
Wahrscheinlichkeit	D	100	Wahrscheinlichkeit das das Sortiment vorkommt [%]
nurZBaum	B	false	Sortiment kommt nur in Z-Bäumen vor (true/false)
mehrfach	B	true	Sortiment soll mehrfach geschnitten werden (true/false)
Entnahme	B	true	Sortiment wird entnommen oder ist Totholz (true/false)
bisKA	B	false	Sortiment wird maximal bis zum Kronenansatz ausgehalten (true/false)
ausgewaehlt	B	true	Sortiment ist für Auswertung ausgewählt (true/false)

Element <Sortiment>	Typ	Beispiel: Fichte	Beschreibung
Produktklasse	I	4	Produktklasse: 1 = Energieholz, 2 = Produkte mit kurzer Lebensdauer, 3 = Produkte mit mittlere Lebensdauer, 4 = Produkte mit langer Lebensdauer,

Typ: I = integer; D = double, S = String (Zeichen) , B = boolsche Variable (true/false)

Anhang B: Aufbau und Elemente der Datei BiomassEnna.xml

Element <Sortiment>	Typ	Beschreibung
Code	I	Baumartencode
SpeciesList	S	Code weiterer gültiger Arten
LeafBM	D	Anteil des Reisigs
WoodDensity	D	Holzdichte [kg/m³]
WoodFacC	D	C Anteil an der Holzbiomasse [kg/t]
BarkDensity	D	Rindendichte [kg/m³]
BarkFacC	D	C Anteil an der Rindenbiomasse [kg/t]
BranchDensity	D	Astdichte [kg/t]
BranchFacC	D	C Anteil an der Astbiomasse [kg/t]
ReisigFacC	D	C Anteil an der Reisigbiomasse [kg/t]
LeafFacC	D	C Anteil an der Blatt-/Nadelbiomasse [kg/t]
TaperClass	S	TreeGrOSS Schaftform Klasse des Java-Pakets
TaperFunctionNumber	I	Schaftformfunktionsnummer der TaperClass
StemVolume	S	Funktion: Stammvolumen [m³]
StumpBMkg	S	Funktion: Stubbenbiomasse [t]
StumpBarkBMkg	S	Funktion: Stubbenrindenbiomasse [t]
StemBMkg	S	Funktion: Stammbiomasse [t]
BarkBMkg	S	Funktion: Rindenbiomasse [t]
BranchBMkg	S	Funktion: Astbiomasse [t]
ReisigBMkg	S	Funktion: Reisigbiomasse [t]

Typ: I = integer; D = double, S = String (Zeichen) , B = boolsche Variable (true/false); der fett gedruckte Buchstabe bezieht sich jeweils auf das entsprechende Nährelement; die Funktionen werden als Zeichenkette übergeben, dabei wird mit t.d der BHD [cm] und mit t.h die Baumhöhe [m] im Funktionsinterpretierer durch den entsprechenden Wert ersetzt.

Anhang C: Aufbau und Elemente der Datei carboncascade.xml

Element <Kaskade>	Typ	Beschreibung
ID	I	Laufende Sortiments ID
Name	S	Name
Art_von	I	Baumartencode ab dem das Sortiment gilt
Art_bis	I	Baumartencode bis zu dem das Sortiment gilt
Substitution	S	Substitutionsfaktoren für die Produktklassen 1 bis 4 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: “0.67;0.67;1.5;1.5”
Abbaurate	S	Abbauraten für die Produktklassen 1 bis 4 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: “0.7;0.32;0.039;0.020”
CFaktor_P1	S	Kaskadierungsfaktoren für die Produktklasse 1 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: “100.0;0.0;0.0;0.0”
CFaktor_P2	S	Kaskadierungsfaktoren für die Produktklasse 2 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: “90.0;10.0;0.0;0.0” . 90 % des freiwerdenden Kohlenstoffs wird in Produktklasse 1 überführt und 10 % in Produktklasse 2 „recycled“.

10

Element <Kaskade>	Typ	Beschreibung
CFaktor_P3	S	Kaskadierungsfaktoren für die Produktklassen 3 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: "35.0;45.0;20.0;0.0"
CFaktor_P4	S	Kaskadierungsfaktoren für die Produktklassen 4 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: "33.0;0.0;67.0;0.0"
Verteilung_P1	S	Verteilungsfaktoren für die Produktklassen 1 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: "100.0;0.0;0.0;0.0"
Verteilung_P2	S	Verteilungsfaktoren für die Produktklassen 2 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: "4.0;96.0;0.0;0.0" Die Kohlenstoffmenge eines Sortiments der Produktklasse 2, wird zu 4 % in die Klasse 1 und zu 96 % in die Klasse 2 verteilt.
Verteilung_P3	S	Verteilungsfaktoren für die Produktklassen 3 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: "5.0;35.0;60.0;0.0" .
Verteilung_P4	S	Verteilungsfaktoren für die Produktklassen 4 jeweils durch ein Semikolon getrennt. Beispiel: "12.0;7.0;20.0;61.0"

Typ: I = integer; D = double, S = String (Zeichen) , B = boolsche Variable (true/false)