

Zum Phänomen des Umsetzens – ein altes Thema neu aufgegriffen

*Anna Kistemaker, Holger Sennhenn-Reulen, Matthias Albert, Jürgen Nagel
Abt. Waldwachstum NW-FVA Göttingen*

1 Einleitung

In der Literatur wird das Phänomen des Umsetzens sehr unterschiedlich definiert. Eine der ersten Definitionen stammt von BUSSE (1930), der das Umsetzen als den Auf- und Abstieg eines Baumes von einer soziologischen (Kronenschichten-)Klasse in eine andere im Laufe des Bestandeslebens darlegt. Dieser Definition haben sich zum Beispiel WECK (1958) oder HENGST (1962) in ihren nachfolgenden Arbeiten angeschlossen.

WECK (1958) kommt zu dem Schluss, dass das Umsetzen über die Baumarten hinweg durch endogen fixierte Individualeigenschaften ausgelöst wird. Die Intensität kann laut Weck wiederum durch einen Mischbestand und/oder einen nährstoffreichen Boden verstärkt werden, während sie mit zunehmendem Bestandesalter abnimmt.

HENGST (1962) stellt fest, dass das Umsetzen bei gleichaltrigen Buchenbeständen vorwiegend bei den mittelstarken Bäumen auftritt. Außerdem tritt in den untersuchten Beständen positives Umsetzen weniger häufig auf als negatives Umsetzen. Zu diesem Schluss kommt auch ERTELD (1950), der den Verlauf des Umsetzens bei der Fichte untersucht. HENGST (1962) stellt ebenso wie BUSSE (1930) heraus, dass eine starke Durchforstung zu vermehrten positiven Umsetzen in höhere Stammklassen führt.

Zusätzlich hat HENGST (1962) noch den Wuchstyp der Buche in Anlehnung an die von KRAHL-URBAN (1953) und v. ARNSWALDT (1950) vorgeschlagenen Begriffe als Einflussfaktor für das Umsetzen untersucht, allerdings ohne Unterschiede festzustellen.

Neben der Definition von BUSSE (1930) finden sich Studien, in denen das Umsetzen anders festgelegt wird.

Einen weiter gefassten Ansatz verfolgt zum Beispiel SCHOBBER (1988), indem neben den soziologischen Klassen auch die qualitativen Veränderungen, wie die Vitalität (nach Kronenentwicklung), die Schaftgüte und der Gesundheitszustand mit in seine Definition des Umsetzens einfließen. Schober kommt nach der Evaluierung der bis dato veröffentlichten Literatur über Umsetzen zu dem Schluss, dass das Umsetzen im Hinblick auf die Z-Baumauswahl einen sehr großen Einfluss hat. Allerdings ist das Umsetzen von vielen verschiedenen Faktoren abhängig. Neben Faktoren wie dem Wachstumsrhythmus des Einzelbaumes, welcher nur schwer von dem beobachteten Phänotyp in der Jugendphase abzuschätzen ist, kommen auch noch nicht vorhersehbare Umweltschäden, wie zum Beispiel Rücke- und Immissionschäden oder Insekten- und Pilzangriffe hinzu. SCHOBBER (1988) setzt deswegen bei der Z-Baumauswahl auf eine stufenweise Auslese über Anwärter bis zur Elite des Endbestandes ohne dauernde Z-Baummarkierung (analog zur Schweizer Auslesedurchforstung von SCHÄDELIN und LEIBUNDGUT (1966)).

ABETZ (1989) kritisiert die Vorgehensweise SCHOBERS (1988), da die Definition SCHOBERS die Umsetzungsprozesse nicht gliedert nach gewollten (wie zum Beispiel Durchforstung), vermeidbaren (wie zum Beispiel Rückeschäden) und unerklärlichen Ereignissen. So kehrt ABETZ in seinen Arbeiten zu der Definition von BUSSE (1930) zurück. ABETZ hält fest, dass zur Erkennung der Umsetzungsprozesse im Zusammenhang mit der Bestandesbehandlung die Bestände in kürzeren Zeitperioden erforscht werden müssten. Zusätzlich sollen laut ABETZ (1989) neben den Veränderungen der sozialen Stellung auch die vorangegangenen Differenzierungsprozesse berücksichtigt werden.

Nach Analyse langjähriger Kiefernversuchsflächen kommt ABETZ (1989) zu dem Ergebnis, dass die Umsetzungsprozesse hauptsächlich von der Standraumdicke und damit vom Konkurrenzverhältnis abhän-

gig sind und nicht auf Zufälligkeiten oder Genetik zurückgeführt werden müssen. Zusätzlich weist ABETZ auf die Probleme bei der Untersuchung von Umsetzungsprozessen hin. So können neben der Problematik der subjektiven Einteilung der Einzelbäume in die soziologischen Klassen auch die unterschiedlichen Definitionen zu Missverständnissen führen. So muss differenziert werden, ob es sich bei den Umsetzungsprozessen um zufällige, zum Beispiel durch Schneebruch erzeugte, oder absichtlich herbeigeführte Prozesse wie durch eine Durchforstung handelt.

KLÄDTKE (1989) berichtet in einer Untersuchung zu Umsetzungsprozessen bei Z-Baum-bezogenen Auslesedurchforstungen, dass die Labilität eines Baumes mit der Nachbarschaftsdichte steigt. Zur Darstellung der Rangveränderung wird für jeden Baum zu jedem Aufnahmezeitpunkt der Durchmesser in Prozent zum jeweiligen mittleren Z-Baum-Durchmesser ausgedrückt. Die Differenz der Werte zweier Aufnahmen ergibt so das Ausmaß der Rangveränderung. KLÄDTKE zieht den Schluss, dass bei einem Absinken des Konkurrenzdruckes von einer positiven Rangentwicklung über eine h/d-Wert-Verbesserung ausgegangen werden kann.

In dem breiter angelegten Forschungsprojekt der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, von dem in der vorliegenden Arbeit erste Ergebnisse präsentiert werden, interessiert insbesondere das Reaktionsvermögen von Einzelbäumen auf Veränderungen ihrer inter- und intraspezifischen Konkurrenz in Abhängigkeit ihrer sozialen Stellung (Rangerhaltung). Es ist das langfristige Ziel, die Zuwachsfunktionen der TreeGROSS-Programmbibliothek zur einzelbaumorientierten Waldwachstumssimulation zu verbessern. Dazu soll zum einem das Ausmaß des Umsetzens innerhalb eines Bestandes quantifiziert werden, d.h. es soll der Anteil an Bäumen im Bestand, die ihren Rang langfristig ändern, ermittelt werden. Zum anderen interessiert auch das mögliche Ausmaß des Umsetzens pro Einzelbaum, d.h. wie schnell und wie stark kann ein Einzelbaum seinen Rang ändern. Erkenntnisse zu diesen beiden Teilbereichen des Umsetzens sollen die Zuwachsfunktionen in TreeGROSS verbessern. In der vorliegenden Arbeit geht es zunächst um die Entwicklung von Methoden, die die Umsetzungsprozesse objektiv erfassen und Aussagen zu Ausmaß auf Bestandesebene und Stärke auf Einzelbaumebene erlauben.

Um das Umsetzen rechnerisch fassen zu können, wird eine neue Definition verwendet, die unabhängig von den soziologischen und damit recht subjektiven Klassen ist. Umsetzen wird im Folgenden als eine **relevante, langfristige Veränderung des Einzelbaumzuwachses im Vergleich zum mittleren Zuwachs des Bestandeskollektivs** betrachtet.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsflächen

Für die erste Methodenentwicklung wurden Buchen- und Fichtenversuchsflächen ausgewählt, die einen langen Beobachtungszeitraum abdecken, da das Umsetzen ein langfristiger Prozess ist. Es wurde ein minimaler Beobachtungszeitraum von 5 Aufnahmen festgesetzt, sodass bei einem durchschnittlichen Aufnahmeintervall von 5 Jahren der Beobachtungszeitraum für die Versuchsflächen mindestens 25 Jahre beträgt.

Um das Umsetzen erstmal ohne den Durchforstungs- und damit den Konkurrenzminderungseffekt untersuchen zu können, wurden zu Beginn des Projektes Versuchsflächen ausgewählt, die keine Eingriffe (Nullflächen) bis hin zu einer mäßigen Niederdurchforstung aufwiesen. Insgesamt wurden so 55 Fichtenversuchsflächenparzellen und 2 Buchenversuchsflächenparzellen ausgewählt. Als Arbeitshypothese wird formuliert, dass Umsetzungsprozesse auch ohne anthropogene Einflüsse existieren. Um mögliche Überlagerungen der Umsetzungsprozesse durch Störungen (Entnahme von Bäumen bzw. Ausfall durch abiotischen und biotischen Störungen, wie zum Beispiel Windwurf oder Käfer- und Pilzbefall) auszu-

schließen, wird die Grundflächenhaltung auf den ausgewählten Parzellen mit der maximalen Grundfläche verglichen. Die maximale Grundfläche wird dabei mit der Methode nach Wördehoff (2016) geschätzt. Alle Parzellen, deren Grundfläche zu jeder Aufnahme über dem 80. Perzentil der maximalen Grundfläche liegen, werden für die Auswertung ausgewählt (Abb. 1).

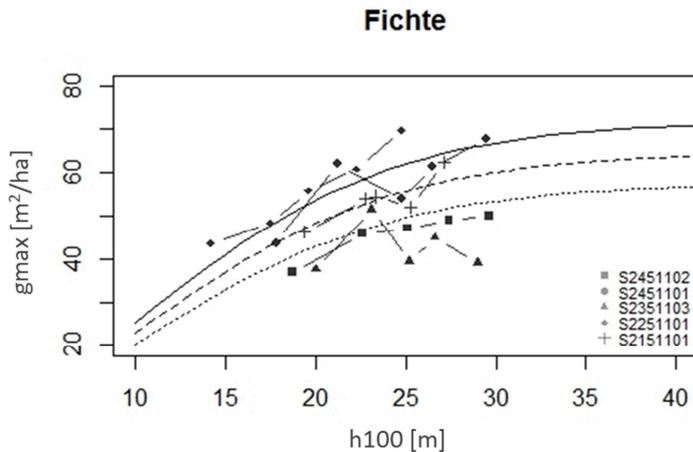


Abb. 1: Approximierende Funktion der maximalen Grundfläche für den Fichtenreinbestand nach Wördehoff (2016) mit dem 80. (gepunktete Linie) und 90. Perzentil (gestrichelte Linie). Alle Versuchsflächenparzellen, die zur jeder Aufnahme über dem 80. Perzentil liegen wurden in die Auswertung mit aufgenommen.

Von den 55 Fichtenversuchsflächenparzellen bleiben nach der Überprüfung beider Kriterien nur noch 16 übrig, von den Buchenversuchsflächenparzellen hingegen zwei.

Jeder Baum in den Versuchsflächenparzellen ist über seine Baumnummer (id) identifizierbar. Für jeden Baum wird bei jeder Aufnahme der BHD gemessen, das Alter fortgeschrieben und die Baumart angegeben. Zusätzlich wird bei einem Teilkollektiv des Bestandes noch die Höhe gemessen.

Da das Teilkollektiv sehr klein ist und oft zwischen den Aufnahmen variiert sind die Höhenmessungen für die Untersuchung nicht verwendbar, da keine Höhenzuwächse berechnet und damit keine langfristigen Höhenentwicklungen von Einzelbäumen abgebildet werden können. Daher basiert diese Untersuchung von Umsetzungsprozessen auf der Betrachtung von langfristigen Durchmesserentwicklungen von Einzelbäumen.

2.2 Datenverarbeitung

Die Methodenentwicklung wird anhand von zwei ausgewählten annähernd undurchforsteten Versuchsflächenparzellen veranschaulicht (Abb. 2).

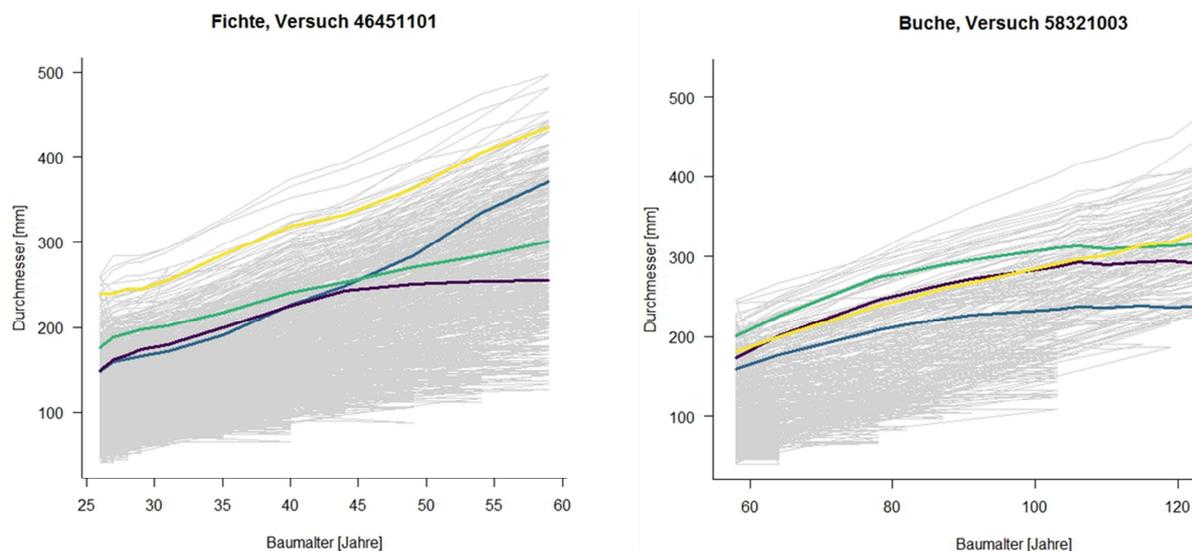


Abb. 2: Durchmesserentwicklung von Einzelbäumen über dem Alter auf einer Fichtenparzelle (links) und einer Buchenparzelle (rechts). Farblich hervorgehoben sind jeweils die Durchmesserentwicklungen von vier Bäumen.

Die Gesamtschau der Durchmesserentwicklungen in Abbildung 2 ermöglicht es, auch bei den farblich hervorgehobenen Bäumen nicht, objektiv relevante, langfristige Veränderungen im Durchmesserzuwachs von Einzelbäumen im Vergleich zum Bestandeskollektiv zu identifizieren. Anhand der farblich hervorgehobenen Durchmesserentwicklungen der vier Bäume auf jeder der beiden Parzellen wird im Folgenden dargelegt, wie Umsetzungsprozesse durch Datentransformation identifiziert werden können.

2.2.1 Transformation und Normierung der Durchmesserzuwächse

Zu Beginn wurde für jeden Baum der jährliche Durchmesserzuwachs errechnet (s. Formel 1). Um den Auswirkungen von Messfehlern entgegenzuwirken wurde der einfach gleitende Mittelwert 2ter Ordnung (2nd order Simple Moving Average) aus den Zuwächsen errechnet (s. Formel 2).

Formel 1: Errechnung des jährlichen Durchmesserzuwachses

$$zw_{ij} = \frac{d_{i t_2} - d_{i t_1}}{t_2 - t_1}$$

Formel 2: 2nd order Simple Moving Average

$$X_{ij} = \frac{zw_{i j_2} - zw_{i j_1}}{2}$$

mit:

$d_{i t_1}$, $d_{i t_2}$ = Durchmesser von Baum i zum Zeitpunkt t_1 bzw. t_2 , zw_{ij} = Durchmesserzuwachs von Baum i in Periode j , X_{ij} = Durchmesserzuwachs von Baum i in Periode j nach 2nd order Simple Moving Average

Der gleitende Mittelwert 2ter Ordnung bewirkt, dass kurzfristige Schwankungen innerhalb der Einzelbaumzuwächse geglättet werden. Langfristige Veränderungen werden hingegen etwas abgeschwächt abgebildet, bleiben aber deutlich sichtbar. Die Methode unterstreicht das Ziel, Umsetzungsprozesse als relevante, langfristige Zuwachsveränderungen zu beschreiben. Beispielhaft ist das Vorgehen in Abbildung 3 dargestellt.

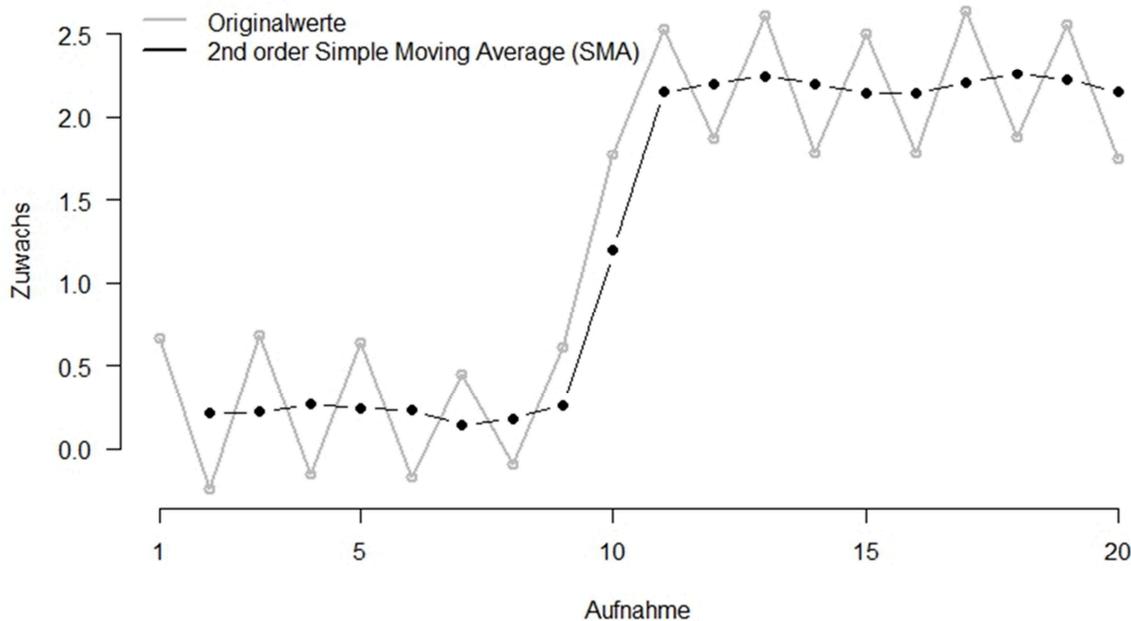


Abb. 3: 2nd order Simple Moving Average. Kurzfristige Schwankungen werden abgeschwächt - langfristige Veränderungen bleiben erhalten.

Die graue Linie zeigt die Durchmesserzuwächse eines fiktiven Baumes, die einigen kurzfristigen Schwankungen unterliegen. Durch den gleitenden Mittelwert (schwarze Symbole), bei dem zwischen den jeweils aufeinanderfolgenden Zuwächsen der Mittelwert berechnet wird, werden die kurzfristigen Schwankungen geglättet, während die starke langfristige Veränderung nach wie vor abgebildet wird. Mit den so verrechneten Durchmesserzuwächsen wird eine Normierung vorgenommen (s. Formel 3). Hierzu wird der Durchmesserzuwachs des Einzelbaumes mit dem Median des Durchmesserzuwachses

zu dem Aufnahmezeitpunkt subtrahiert. Danach wird der daraus entstandene Wert durch den Interquartilsabstand (IQR) zu der jeweiligen Aufnahme dividiert.

Formel 3: Berechnung und Normierung des Zuwachses

$$B_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{IQR_{xj}}$$

mit:

B_{ij} = normierter Durchmesserzuwachs von Baum i in Periode j , X_{ij} = Durchmesserzuwachs von Baum i in Periode j nach 2nd order Simple Moving Average, \bar{X}_j = Median der Durchmesserzuwächse in Periode j nach 2nd order Simple Moving Average, IQR_{xj} = Interquartilsabstand der Durchmesserzuwächse in Periode j

Durch diese Normierung gliedern sich die Durchmesserzuwächse der Einzelbäume in die Bestandesstruktur ein. Ein Baum, dessen normierter Zuwachs über 0 liegt, hat einen besseren Zuwachs als der mittlere Bestand und ein Baum dessen Zuwachs unter 0 liegt, weist einen schlechteren Zuwachs auf als der mittlere Bestand zum jeweiligen Zeitpunkt. Durch die Division mit dem IQR wird die Durchmesserzuwachsstruktur des Bestandes berücksichtigt, d.h. je homogener ein Bestand im Zuwachs ist, desto größer ist B_{ij} bei gegebener Differenz des transformierten Durchmesserzuwachses und dem Median. Dadurch wird auch versucht, dieselbe Skala bezüglich der Änderung des sozialen Rangs innerhalb eines Bestandes zwischen den Aufnahmen herzustellen, da unter anderem mit steigendem Alter die Fähigkeit zu hohem Zuwachs zurückgeht - dieselbe unskalierte Differenz zwischen Zuwachs und Median in jungem Baumalter bedeutet eine geringere Änderung des sozialen Rangs als im hohen Baumalter.

Die Nutzung des Medians und des Interquartilsabstandes bewirken, dass extreme Daten keinen zu großen Einfluss haben, anders als es bei Mittelwert und Standardabweichung der Fall wäre. Die Auswirkungen der Transformation und Normierung werden in Abbildung 4 deutlich.

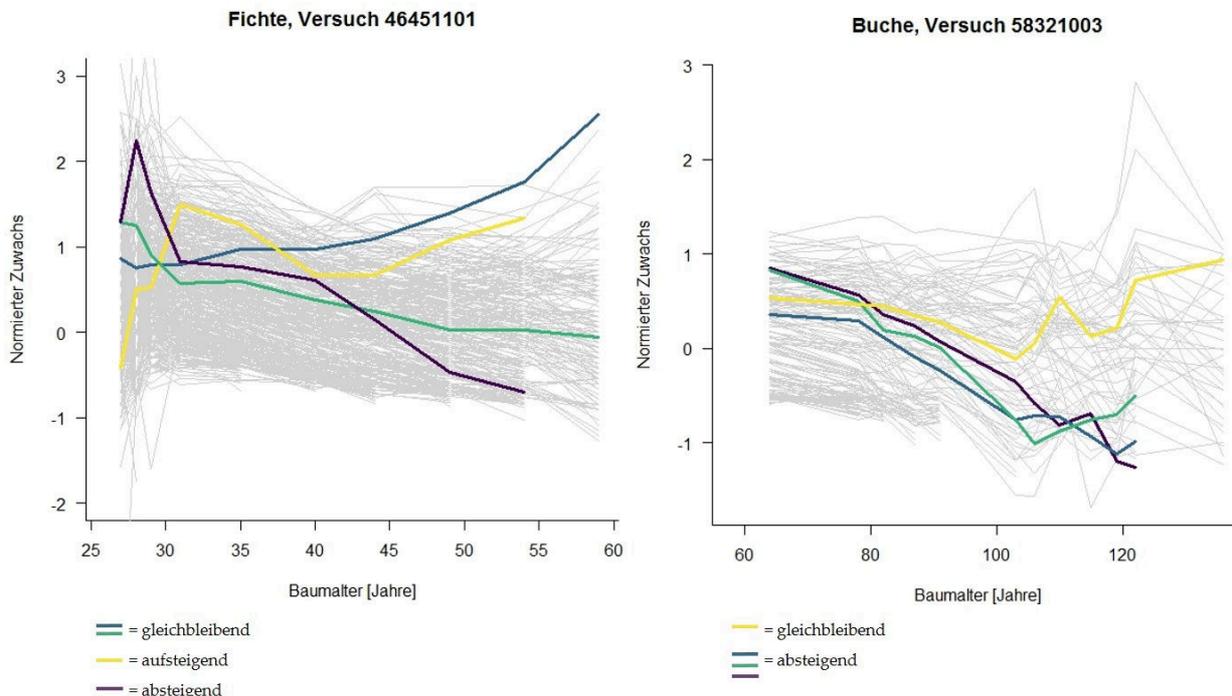


Abb. 4: Entwicklung des normierten Durchmesserzuwachses über dem Alter auf einer Fichtenparzelle (links) und einer Buchenparzelle (rechts). Farblich hervorgehoben sind jeweils die Entwicklungen der normierten Durchmesserzuwächse von vier Bäumen.

Entsprechend der oben getroffenen Einteilung können in einem ersten Schritt die jeweils vier farblich hervorgehobenen Bäume in den Fichtenversuchsflächenparzelle vorläufig als positive Umsetzer (gelb = aufsteigend), als negative Umsetzer (violett = absteigend) bzw. als indifferent wachsende Bäume (blau

und grün = gleichbleibend) klassifiziert werden. In der Buchenversuchsflächenparzelle werden vorläufig drei negative Umsetzer (violett, grün und blau) und ein indifferent wachsender Baum (gelb) klassifiziert. In diesem Sinne findet ein positiver Umsetzungsprozess statt, wenn der normierte Zuwachs unter Null startet und in den positiven Bereich wechselt. Umgekehrt wird ein Wechsel vom positiven in den negativen Bereich als negatives Umsetzen interpretiert. Bei den farblich markierten Beispielbäumen wird deutlich, dass z.B. in der Fichtenfläche der violette Baum, der bei der Durchmesserentwicklung leicht stagnierte (vgl. Abb. 3) bei Betrachtung des normierten Zuwachses stark abnimmt (Abb. 4, links). In den ersten Jahren wächst er besser als der durchschnittliche Bestand, während er ab einem Alter von 30 Jahren absinkt und zum Ende einen deutlich schlechteren Zuwachs als der durchschnittliche Bestand offenbart. Beim gelben Baum der Fichtenversuchsfläche fällt auf, dass er im Vergleich zum Durchschnitt des Bestandes mit einem schlechten Zuwachs startet, diesen aber im Verlaufe der Zeit verbessert. Zum Ende der Aufnahmen gehört sein Zuwachs zu einem der besten. Auch bei der Buchenfläche sind die Zuwachsentwicklungen der Einzelbäume im normierten Zuwachs besser nachzuvollziehen (Abb. 4, rechts). So zeigt der violette Baum, der schon beim Durchmesserzuwachs vermuten ließ, dass sein Zuwachs stagniert (vgl. Abb. 3), dass sein normierter Zuwachs schon von Beginn an absinkt. Besonders nach Alter 80 nimmt der normierte Zuwachs im Vergleich zum restlichen Bestand so stark ab, dass er bis zum Ende der Aufnahme zu einen der am schlechtesten wachsenden Bäumen gehört.

Diese Klassifikation offenbart jedoch Schwächen, da die Anfangs- und Endwerte des normierten Zuwachses starken Schwankungen unterliegen können. So können diese durch kurzfristige Effekte zufällig zum Zeitpunkt der ersten Aufnahme kurz über 0 liegen, sodass sie nicht als positiver Umsetzer angesprochen werden, obwohl die es eigentlich sind. Andersherum kann auch ein Baum der zufällig in der ersten oder letzten Aufnahme einen Einbruch im Zuwachs aufweist falsch identifiziert werden. Zusätzlich kommt hinzu, dass die Langfristigkeit einer Veränderung ebenfalls nicht ausreichend berücksichtigt wird.

2.2.2 Grenzmethod zur Identifikation von Umsetzern

Um das Umsetzen noch genauer beschreiben zu können, wird in einem zweiten Schritt zwischen den aufeinanderfolgenden Aufnahmepaaren die Differenz gebildet, sodass die Veränderung des normierten Durchmesserzuwachses zwischen den Aufnahmen abgebildet werden kann. Mit der sogenannten Grenzmethod wird eine erste Möglichkeit entwickelt, aus diesen Differenzen potenzielle Umsetzer rechnerisch herausfiltern zu können. Dazu wird subjektiv ein Wert als obere Grenze ausgewählt, bei dessen Überschreitung die Differenz der normierten Durchmesserzuwächse auf ein positives Umsetzen hindeutet. Ein Unterschreiten des unteren Grenzwertes interpretiert man als negatives Umsetzen. Abbildung 5 zeigt ein Beispiel, in dem die Grenze bei $-0,5$ bzw. $+0,5$ gesetzt wird.

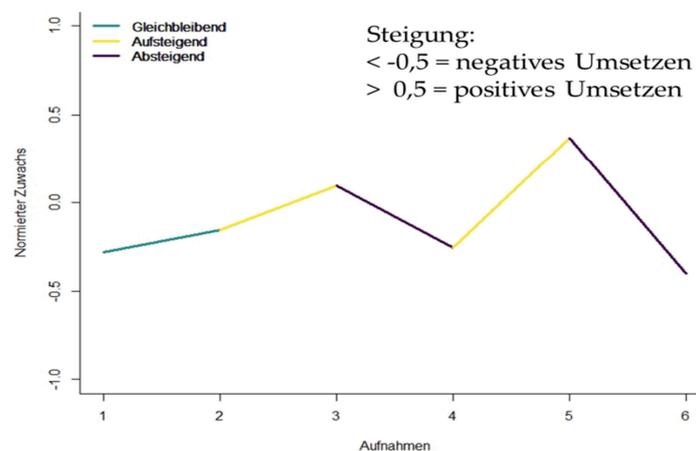


Abb. 5: Beispielhafte Darstellung der Grenzmethod. Dabei wird für die Differenz des normierten Zuwachses zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen eine Grenze von $+0,5$ für positives Umsetzen und $-0,5$ für negatives Umsetzen festgelegt.

Die beispielhafte Darstellung der Grenzmethode in Abbildung 5 veranschaulicht, dass eine Beurteilung von Umsetzprozessen zwischen zwei Aufnahmen nicht zielführend ist. Um eine langfristige Veränderung im Zuwachs zu erkennen, wird die Grenzmethode daher auf den Mittelwert der Differenzen des normierten Durchmesserzuwachses mehrerer Aufnahme-paare angewendet (siehe Tabelle 1). Mit diesem Mittelwert kann vorläufig die relevante, langfristige Veränderung, also das Umsetzen abgelesen werden.

Tabelle 1: Übersicht zum Errechnen des Mittelwerts pro Einzelbaum

1	1 2	(2 3)-(1 2)	} Mittelwert pro Baum
2	2 3	(3 4)-(2 3)	
3	3 4	(4 5)-(3 4)	
4	4 5	(5 6)-(4 5)	
5	5 6	...	
6	
...	

3 Ergebnisse

Erste Ergebnisse zum Phänomen des Umsetzens können durch Anwendung der oben dargelegten Methoden erzielt werden. Tabelle 2 zeigt die Auswertung der Differenzen der normierten Zuwächse für die jeweils vier farblich markierten Bäume der Fichten- bzw. Buchenparzelle.

Bei Anwendung der Grenzwerte von +0,5 bzw. -0,5 können bei Beurteilung der Differenz der normierten Durchmesserzuwächse zwischen zwei aufeinander folgenden Aufnahmen positive und negative Umsetzprozesse identifiziert werden. Dabei wird der blaue Baum der Fichtenfläche in fast allen Aufnahmepaaren als gleichbleibend eingestuft, nur in der letzten Aufnahme ändert sich sein Zuwachs so drastisch, dass er als Aufsteiger markiert werden würde. Der gelbe Baum der Fichtenfläche hingegen weist in den ersten Aufnahmepaaren eine gute Zuwachssteigerung auf, sodass er zweimal als Aufsteiger gilt. Danach sinkt sein Zuwachs ab, sodass er zwischen der Aufnahme 5 und 6 als absteigender Baum gilt. Der violette Baum hingegen weist zwischen den ersten beiden Aufnahmen eine Zuwachsdifferenz von 0,964 auf und zählt damit als Aufsteiger. In den darauffolgenden Aufnahmen nimmt der Zuwachs kontinuierlich ab, sodass er dreimal als Absteiger erkannt wird. In der Buchenversuchsfläche sind deutlich weniger starke Zuwachsveränderungen zwischen den Aufnahmen zu erkennen. Die blau, violett und grün markierten Bäume werden lediglich einmal als negative Umsetzer erkannt. Der gelbe wird zwischen den Aufnahmen 10 und 11 mit 0,503 knapp ein positiver Umsetzer (s. Tabelle 2).

Tab. 2: Steigungen der normierten Zuwächse der farblich markierten Bäume in den Beispielversuchsflächen. Die Aufsteiger sind FETT und die Absteiger sind KURSIV markiert.

Fichte 46451101 Aufnahmen					Buche 58321003 Aufnahmen				
	blau	gelb	grün	violett		blau	gelb	grün	violett
1-2	-0,107	0,929	-0,036	0,964	1-2	-0,071	-0,059	-0,330	-0,290
2-3	0,039	0,023	-0,342	<i>-0,617</i>	2-3	-0,178	-0,027	-0,308	-0,211
3-4	0,004	0,965	-0,338	<i>-0,801</i>	3-4	-0,203	-0,100	-0,066	-0,111
4-5	0,176	-0,231	0,024	-0,062	4-5	-0,146	-0,064	-0,116	-0,163
5-6	0,008	<i>-0,589</i>	-0,212	-0,168	5-6	<i>-0,527</i>	-0,395	<i>-0,772</i>	-0,427
6-7	0,113	0,005	-0,140	-0,456	6-7	0,046	0,169	-0,245	-0,234
7-8	0,310	0,401	-0,218	<i>-0,621</i>	7-8	-0,014	0,489	0,125	-0,231
8-9	0,358	0,258	0,005	-0,222	8-9	-0,206	-0,411	0,127	0,125
9-10	0,788		-0,091		9-10	-0,188	0,088	0,047	<i>-0,507</i>
					10-11	0,132	0,503	0,202	-0,062
					11-12		0,213		
Mittelwert	0,188	0,220	-0,150	-0,248		-0,136	0,037	-0,134	-0,211

Für eine Beurteilung der langfristigen Prozesse durch Betrachtung der Mittelwerte über alle Differenzen erscheinen die Grenzwerte +0,5 und -0,5 zu scharf gesetzt. Reduziert man das Kriterium bei der Grenz-methode auf Werte von +0,2 und -0,2, so erhält man für die Beispielbäume Aussagen zum Umsetzen (farbliche Markierung der Mittelwerte in Tab. 2). So werden in der Fichtenversuchsfläche nur noch zwei Bäume zu den Umsetzern gezählt. Der gelb markierte Baum wird mit einem Mittelwert von 0,220 knapp als Aufsteiger gewertet, während der violett markierte Baum mit einem Wert von -0,248 als Absteiger gewertet wird.

Abbildung 6 zeigt eine Auswertung der Umsetzprozesse unter Anwendung der Grenzmethoden auf die Mittelwerte der Differenzen für alle ausgewählten 16 Fichtenparzellen und 2 Buchenparzellen.

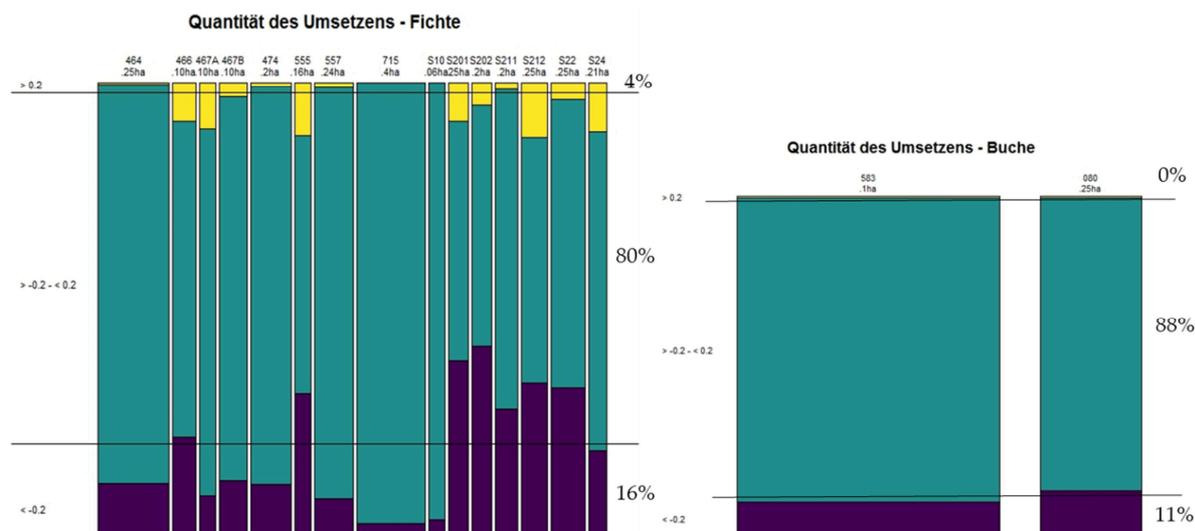


Abb. 6: Quantität des Umsetzens für die ausgewählten 15 Fichtenparzellen (links) und 2 Buchenparzellen (rechts). Gelb = Aufsteiger, Violett = Absteiger, Blau = Gleichbleibende.

Die Breite der Säulen repräsentiert die Anzahl der Einzelmesswerte. Werden die Mittelwerte für alle Fichtenversuchsflächen betrachtet fällt auf, dass die gleichbleibenden Bäume, deren Mittelwert zwischen -0,2 und 0,2 liegen in allen Versuchsflächen am häufigsten vorkommen (Abb. 6, links). Besonders bei den Versuchsflächen die die meisten Aufnahmen aufweisen, wie 46451101 und 71551102 liegt die Anzahl der gleichbleibenden Bäumen bei über 90 %. Im Mittel weisen alle Fichtenversuchsflächen zu 4 % positive Umsetzer und zu 16 % negative Umsetzer auf. Die gleichbleibenden Bäume sind im Mittel mit 80 % vertreten. Auffällig ist, dass sich die positiven Umsetzer hauptsächlich in den kleinen Versuchsflächen mit geringer Aufnahmeanzahl wieder finden. In den zwei Buchenparzellen fallen die Umsetzer noch spärlicher aus, sodass positive Umsetzer gar nicht und negative Umsetzer mit 11 % vorhanden sind (Abb.6, rechts).

4 Diskussion und Ausblick

Im Unterschied zu den bisherigen Veröffentlichungen über Umsetzungsprozesse (BUSSE (1930), WECK (1958), HENGST (1962), ERTELD (1950) und ABETZ (1989)) wird in dieser Arbeit das Augenmerk nicht auf den Wechsel des Einzelbaumes von einer soziologischen Klasse in eine andere gelegt, sondern rein auf eine relevante, langfristige Änderung des Einzelbaumzuwachses im Vergleich zum Bestandeskollektiv. Durch diese Fokussierung auf Zuwachsänderungen wird ein Hauptproblem, welches schon von ABETZ (1989) zur bisherigen Methodik zur Untersuchung von Umsetzungsprozessen genannt wurde, nämlich die subjektive Einteilung der Bäume in die soziologischen Klassen, umgangen. Mit diesem Ansatz soll einerseits die Quantität des Umsetzens innerhalb eines Bestandes quantifiziert werden sowie auch das Ausmaß der Zuwachsänderung an einem Einzelbaum beschrieben werden.

Die bisher entwickelten Methoden bieten einen ersten Ansatz zur Identifikation von Umsetzprozessen. Allerdings offenbaren sich Schwächen in der subjektiven Auswahl der Grenzwerte. Dabei haben die gewählten Grenzwerte einen großen Einfluss auf die Anteile positiver und negativer Umsetzer im Bestand. Eine Analyse der Mittelwerte der Differenzensteigungen in Abhängigkeit von der Anzahl vorhandener Datenaufnahmen weist auf eine weitere Schwierigkeit hin (Abb. 7).

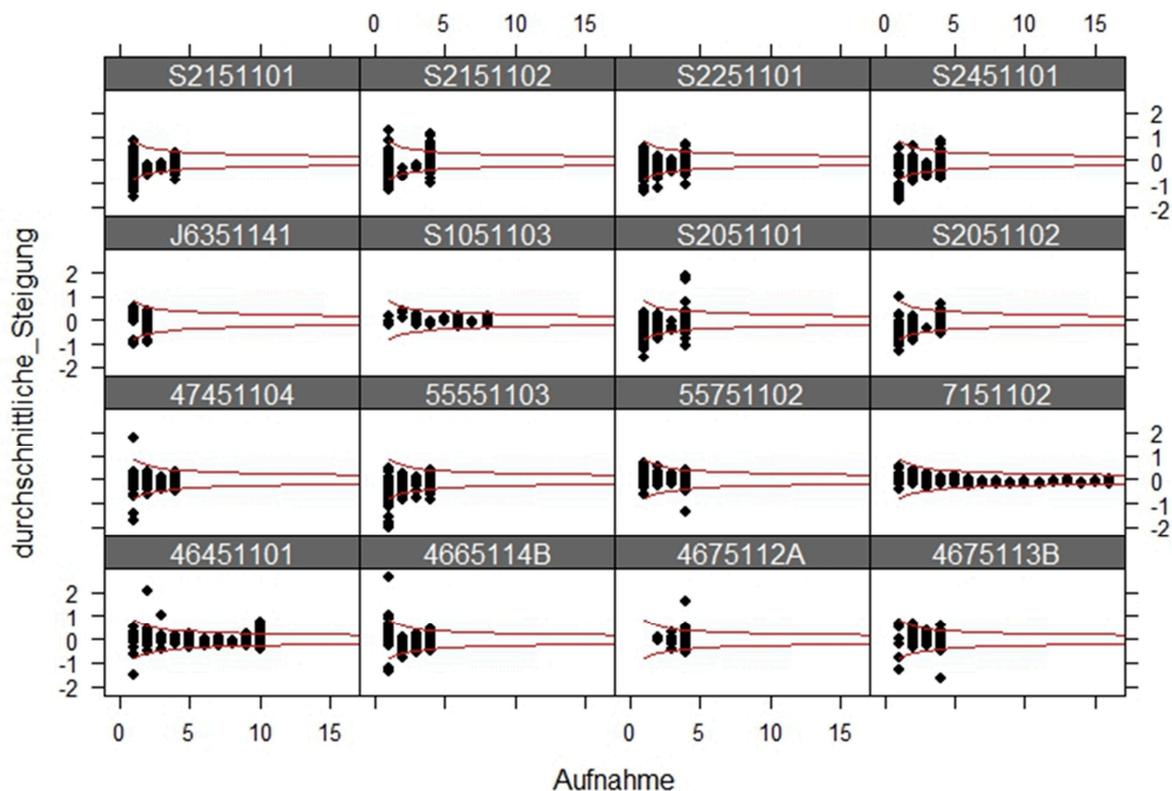


Abb. 7: Mittelwert der Steigung pro Einzelbaum über Anzahl der Aufnahmen für 16 Parzellen. In ROT mögliche variabel gestaltete Grenzwerte.

Es wird deutlich, dass der Betrag der durchschnittlichen Steigung mit der Anzahl der Aufnahmen tendenziell kleiner wird (Abb. 7). Feste Grenzwerte, wie z.B. die oben angewandten +0,2 und -0,2, tragen diesem Phänomen nicht Rechnung. Ein möglicher Lösungsansatz wären variable Grenzwerte in Abhängigkeit von der Anzahl der Aufnahmen (rote Linien in Abb. 7).

Des Weiteren ist es plausibel anzunehmen, dass die Grenzwerte baumartenspezifisch festgelegt werden müssen. Eine größer angelegte Analyse von Versuchsflächen verschiedener Baumarten ist dazu notwendig.

Bei der Auswahl der Versuchsflächenparzellen für die Methodenentwicklung wurde durch das Auswahlkriterium, dass die Grundflächenhaltung größer als das 80. Perzentil der maximalen Grundfläche sein muss, der positive Effekt einer Konkurrenzreduzierung auf den Durchmesserzuwachs des Einzelbaumes möglichst gering gehalten. Dennoch kann ein solcher Effekt in Einzelfällen durch Absterben von Nachbarbäumen bzw. durch eine Entnahme nicht ausgeschlossen werden. Dies gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen zu Umsetzprozessen soll jedoch auch der Effekt von Konkurrenzreduzierung bei Durchforstungen explizit berücksichtigt werden. Ziel ist es zu untersuchen, ob und wie stark Bäume gleicher Dimension und gleicher Konkurrenzsituation auf gleiche Freistellung anders langfristig im Zuwachs reagieren. Hierfür müsste die Konkurrenz und ihre Veränderung in geeigneter Form erfasst werden, um auch Mischbestandseffekte identifizieren zu können.

Als Alternative zum Durchmesserzuwachs als Größe zur Beurteilung von Umsetzprozessen könnte auch der Grundflächenzuwachs verwendet werden. Im Grundflächenzuwachs ist implizit die Dimension des Baumes enthalten, was vorteilhaft sein könnte. Jedoch zeigen Überlegungen, dass die Ausgangsdimension eines Baumes bei diesem Vorgehen einen zu großen Einfluss auf die ermittelten Umsetzungsprozesse hätte. So würde ein Baum mit geringer Ausgangsgrundfläche schwerlich die Möglichkeit haben positiv umzusetzen, auch wenn sein Zuwachs relativ betrachtet deutlich besser ist als der eines Baumes mit großer Ausgangsgrundfläche. Andersherum wird ein Baum mit großer Ausgangsgrundfläche, der jedoch nur einen geringen Durchmesserzuwachs aber wegen seiner Dimension trotzdem einen großen Grundflächenzuwachs zeigt selten als negativer Umsetzer gewertet werden. Hinzu kommt noch, dass die Bestandesstruktur einen großen Einfluss auf die normierten Grundflächenzuwächse hätte, sodass bei einem Bestand mit vielen kleinen Bäumen die Zuwächse der wenigen großen Bäume sehr hoch eingeordnet werden.

5 Zusammenfassung

In einem breiter angelegten Forschungsprojekt der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, von dem in der vorliegenden Arbeit erste Ergebnisse präsentiert werden, interessiert das Reaktionsvermögen von Einzelbäumen auf Veränderungen ihrer inter- und intraspezifischen Konkurrenz in Abhängigkeit ihrer sozialen Stellung (Rangerhaltung). Es ist das langfristige Ziel, die Zuwachsfunktionen der TreeGrOSS-Programmbibliothek zur einzelbaumorientierten Waldwachstumssimulation zu verbessern.

In der Literatur wird das Phänomen des Umsetzens sehr unterschiedlich definiert. Eine der ersten Definitionen stammt von Busse (1930), der das Umsetzen als den Auf- und Abstieg eines Baumes von einer soziologischen (Kronenschichten-)Klasse in eine andere im Laufe des Bestandeslebens darlegt.

In der vorliegenden Arbeit geht es zunächst um die Entwicklung von Methoden, die die Umsetzungsprozesse objektiv erfassen und Aussagen zu Ausmaß auf Bestandesebene und Stärke auf Einzelbaumebene erlauben. Um das Umsetzen fassen zu können, wird eine neue Definition verwendet, die unabhängig von den soziologischen Klassen ist. Umsetzen wird als **eine relevante, langfristige Veränderung des Einzelbaumzuwachses im Vergleich zum mittleren Zuwachs des Bestandeskollektivs** betrachtet.

Für die erste Methodenentwicklung wurden zwei Buchen- und 15 Fichtenversuchsflächenparzellen (Nullflächen) ausgewählt, die einen langen Beobachtungszeitraum abdecken. Zu Beginn wurde für jeden Baum der jährliche Durchmesserzuwachs errechnet (s. Formel 1). Um den Auswirkungen von Messfehlern entgegenzuwirken, wurde der einfach gleitende Mittelwert 2ter Ordnung (2nd order Simple Moving Average) aus den Zuwächsen ermittelt (s. Formel 2). Mit den so verrechneten Durchmesserzuwächsen wurde eine Normierung vorgenommen (s. Formel 3). Durch die Normierung gliedern sich die Durchmesserzuwächse der Einzelbäume in die Bestandesstruktur ein. Die Bäume können so vorläufig als positive oder negative Umsetzer bzw. als indifferent wachsende Bäume klassifiziert werden. Diese Klassifikation offenbart jedoch Schwächen, da die Anfangs- und Endwerte des normierten Zuwachses starken Schwankungen unterliegen und einen großen Einfluss auf das Ergebnis haben können. Zusätzlich wird die Langfristigkeit einer Veränderung nicht ausreichend berücksichtigt. Um das Umsetzen genauer beschreiben zu können, wurde in einem zweiten Schritt zwischen den aufeinanderfolgenden Aufnahme paaren die Differenz des normierten Zuwachses gebildet. Bei einer Anwendung von Grenzwerten (+0,5 bzw. -0,5) können so positive und negative Umsetzprozesse identifiziert werden. Für eine Beurteilung der langfristigen Prozesse wird der Mittelwert über alle Differenzen pro Baum betrachtet. Die Grenzwerte werden hierfür auf +0,2 und -0,2 herabgesetzt.

Mit dieser Methode weisen alle betrachteten Fichtenversuchsflächen im Mittel 4 % positive Umsetzer und 16 % negative Umsetzer auf. Die gleichbleibenden Bäume sind im Mittel mit 80 % am häufigsten

vertreten. In den zwei ausgewählten Buchenparzellen fallen die Umsetzer noch spärlicher aus, sodass positive Umsetzer gar nicht und negative Umsetzer mit 11 % vorhanden sind.

Die bisher entwickelten Methoden bieten einen ersten Ansatz zur Identifikation von Umsetzprozessen. Allerdings offenbaren sich Schwächen in der subjektiven Auswahl der Grenzwerte. Die Grenzwerte müssten eventuell baumartspezifisch festgelegt werden. Eine größer angelegte Analyse von Versuchsflächen verschiedener Baumarten ist dazu notwendig, auch der Konkurrenzeffekt kann im Moment in Einzelfällen noch nicht ausgeschlossen werden. Dies gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Im weiteren Verlauf der Untersuchungen zu Umsetzprozessen soll auch der Effekt von Konkurrenzmin- derung bei Durchforstungen explizit berücksichtigt werden. Hierfür müsste die Konkurrenz und ihre Veränderung besser als bisher modellhaft beschrieben werden, um Mischbestandseffekte klarer identi- fizieren zu können.

6 Summary

The presented research investigates the trees' response to changes of the inter- and intra-specific com- petition conditional to the trees' social rank. It is analyzed how trees preserve or change their rank, looking at diameter increment, within a stand. It is the long-term goal to improve the increment func- tions of the forest growth library TreeGrOSS.

Various authors define the phenomenon of rank preservation, or the other way around rank changes, quite differently. In one of the earliest definitions BUSSE (1930) characterizes rank change as positive or negative changes in the sociological crown layer classes over time.

This paper focusses on the methodology to objectively identify processes of rank changes and to quan- tify their extent on stand and tree level. In this course, a new definition of rank change independent from sociological classes is necessary. Therefore, rank changes are defined as **relevant, long-term changes in single tree increment compared to the mean stand increment**.

Currently, two European beech trials and 15 Norway spruce trials are selected, all being re-measured multiple times and being unmanaged. First, for each tree the annual diameter increment is calculated (eq. 1). To counter measurement errors we derive the 2nd order simple moving average of the incre- ment values (eq. 2). Furthermore, these values are standardized (eq. 3). The standardization classifies the single tree increment values according to the stand's increment distribution. On this basis, each tree can preliminarily be categorized as either changing its rank positively, negatively or being indiffer- ent. This classification, however, reveals serious weaknesses as the standardized increment values ex- hibit large within-tree variability. Furthermore, the long-term character of changes in increment is not sufficiently taken into account. Thus, in a second step, the differences of successive standardized in- crement values are derived. Applying threshold values (e.g. +0.5 and -0.5, respectively), positive as well as negative rank changes can be identified. The mean of all differences for each tree is even better suit- ed to evaluate the long-term nature of the process. For this, the threshold values are lowered to +0.2 and -0.2, respectively.

Applying this method the spruce trials exhibit on average 4 % positive rank changes and 16 % negative rank changes. Indifferent trees are by far the most frequent with 80 %. The two beech trials show only 11 % negative rank changes and no positive rank changes.

The introduced methods are a first approach to identify rank changes. However, one shortcoming is the subjective determination of the threshold values. Further research is necessary to modify the threshold species-specifically. Additionally, although the presented results are derived solely from unmanaged

stands, reduction in competition cannot fully be excluded due to mortality or other losses. These circumstances need to be accounted for in the interpretation of the results.

In the further course of the research project also the effect of reduction in competition due to thinnings on rank changes shall explicitly be considered. Therefore, competition and its change need to be suitably assessed to also identify effects of species mixtures.

7 Literatur

- ABETZ, P. (1989): Zu den Ursachen des „Umsetzens“ von (Z-) Bäumen, Jahrestagung vom 8. bis 10. Mai 1989, Deutscher Verband forstlicher Forschungsanstalten – Sektion Ertragskunde
- ARNSWALDT, v., H.J. (1950): Die wipfelschäftige Buche. Allgemeine Forstzeitschrift. S.265-267
- BUSSE, (1930) Vom “Umsetzen“ unserer Waldbäume, Mitteilungen des sächs. Forstl. Versuchsanstalt zu Tharandt, S.118
- ERTELD, W. (1950): Der Verlauf des Umsetzens bei der Fichte. Forstwirtschaft, Holzwirtschaft, Heft 19/20, 301-309
- ERTELD, W. UND KRÄUTER, G. (1957): Untersuchungen über die Erkennbarkeit guter und schlechter Zuwachsträger bei der Kiefer. Archiv für Forstwesen, 6. Band, Heft 5/6, 361-420
- HENGST, E. (1962): Das Umsetzen von Einzelbäumen im gleichaltrigen Buchenreinbestand. Wissenschaftl. Zeitschrift der TU Dresden, 11. Jg., 4, 791-798
- KLÄDTKE, J. (1989): Umsetzungsprozesse unter besonderer Berücksichtigung Z-Baum-bezogener Auslese-durchforstung, Jahrestagung vom 8. bis 10. Mai 1989, Deutscher Verband forstlicher Forschungsanstalten–Sektion Ertragskunde
- KRAHL-URBAN (1953): Baumtypen bei Eiche und Buchen. Allgemeine Forstzeitschrift, S. 245-248
- LEIBUNDGUT, H. (1966): Die Waldpflege, Verlag Haupt, 192 Seiten
- MERKEL, O. (1978): Zur Frage des Umsetzens früh ausgewählter Z-Bäume in Buchenbeständen – dargestellt an Ergebnissen der Vfln. Nr. Bu 237 (Fbz. Kaltenbronn), Bu 238 (Fbz. Oberkirch), Bu 239 (Fbz. Stockach)-Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten – Sektion Ertragskunde, Bericht der Jahrestagung vom 16.-20.5.1978 in Konstanz, 107-135
- SCHOBER, R. (1988): Von Zukunfts- und Elitebäumen. AFJZ, 159. Jg., 11/12, 239-24
- WECK, J. (1958): Vom Umsetzen unserer Waldbäume. AFZ, 13. Jg., 717-720
- WÖRDEHOFF, R., 2016: Kohlenstoffspeicherung als Teilziel der strategischen Waldbauplanung. Dissertation Uni Göttingen, 190 S.