

Zusammenhang zwischen mittlerem Bestandsdurchmesser und Mortalität in Waldbeständen

Enno Uhl

Technische Universität München, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising

Zusammenfassung

Die Verteilung der verfügbaren Ressourcen eines Standorts auf die einzelnen Bestandsglieder folgt einem größen- und konkurrenzbedingtem Schlüssel. Je nach Standortqualität variiert dabei das Verteilungsmuster. Eine standort- und größenbedingte Ressourcenaufnahme dürfte sich auch in der natürlichen Mortalität innerhalb von Beständen niederschlagen. Um sich der Fragestellung zu nähern, wurde in vorliegendem Beitrag als erster Schritt die Abstände zwischen den Mitteldurchmessern des mortalen Kollektivs und des Gesamtbestands pro Versuchsflächenaufnahme für eine Anzahl von undurchforsteten langfristigen Versuchsflächen zur Baumart Fichte untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Altersabhängigkeit des Abstands. Der absolute Abstand nimmt mit zunehmendem Mitteldurchmesser des Bestands immer weiter zu, der auf den Mitteldurchmesser normierte Abstand wird jedoch immer kleiner. Tendenziell beeinflusst der Standort dabei den Abstand. Sowohl die absolute, wie auch die relative Distanz steigen mit zunehmender Standortgüte. So scheinen schwache Bäume auf armen Standorten eine höhere Überlebenschance zu haben. Wohingegen auf besseren Standorten unterständige Individuen bereits früher ausfallen.

Einleitung

Der Zuwachs in Waldbeständen wird im Allgemeinen durch das Ressourcenangebot (Wasser, Nährstoffe, Licht) determiniert und ist damit standortsabhängig. Die verfügbaren Ressourcen werden auf Individualebene dabei nicht gleichmäßig, sondern nach einem größen- und konkurrenzbedingten Schlüssel verteilt. Gemessen an der Größen-Zuwachs-Relation spannt sich ein Kontinuum von vollständig symmetrischer Verteilung bis hin zu größenasymmetrischer Verteilung des Zuwachs innerhalb von Waldbeständen auf (SCHWINNING und WEINER, 1998). Im ersten Fall erhalten Pflanzen unabhängig von ihrer Größe die gleiche Menge an Ressourcen, im letzteren Fall konzentrieren die größenüberlegenen Pflanzen die Ressourcen auf sich. Da Ressourcenangebot und -aufnahme schwer zu erfassen sind, kann der Zuwachs als Proxivariable genutzt werden. PRETZSCH (2010) konnte in einer Untersuchung, die auf Daten langfristig beobachteter Versuchsflächen beruht, nachweisen, dass auch diese größenabhängige Zuwachsverteilung standortsabhängig ist. So tendieren Bestände auf gut versorgten Böden zu einer größenasymmetrischen Zuwachsverteilung, auf limitierten Standorten hingegen zeigt sich eine eher größen-symmetrische Zuwachsverteilung. Als Maßstab diente dabei die Steigung der Durchmesser-Zuwachsgeraden. Abbildung 1 zeigt den Geradenverlauf in Abhängigkeit der Oberhöhenbonität für die Baumart Fichte. Um den Schnittpunkt der jeweiligen Geraden mit der Abszisse tendiert der individuelle Zuwachs gegen null.

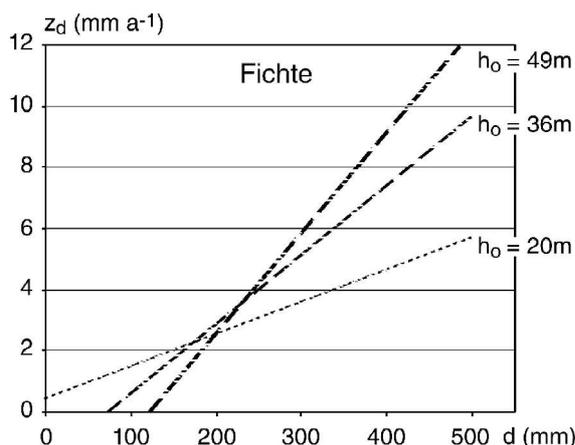


Abb. 1: Standortabhängige Durchmesser-Zuwachs-Beziehung für die Baumart Fichte auf bayerischen Standorten (aus PRETZSCH, 2010)

Der Bereich nahe dem Schnittpunkt markiert den Zustand geringer Ressourcenversorgung und natürlicher, konkurrenzbedingter Mortalität. Die unterschiedliche Lage des Schnittpunkts auf der Abszisse sowie die standortsabhängige Steigung der Durchmesser-Zuwachsgeraden dürften auch im Bezug auf die Mortalitätsverteilung innerhalb eines Bestandes standortbezogene Unterschiede erwarten lassen.

Der vorliegende Beitrag befasst sich in diesem Zusammenhang mit der Analyse des periodenbezogenen mortalen Bestandskollektiv. In erster Linie wird über die Betrachtung von grundflächenbezogenen Mittelwerten ein Vergleich mit dem Gesamtbestand vollzogen. Die Studie wird von der Fragestellung geleitet, ob sich standortbedingte Zuwachsverteilungen auch in der Mortalität niederschlagen. Dies würde bedeuten, dass auch das Selbstdifferenzierungspotenzial von Beständen standortbedingt differiert.

Material und Methoden

Die Untersuchung stützt sich auf Daten von 15 Versuchsflächen des langfristigen ertragskundlichen Versuchsflächennetz Bayerns zur Baumart Fichte. Einbezogen wurden dabei nur unbehandelte Parzellen und A-Grad-Flächen, auf denen die natürliche Entwicklung nahezu ungestört abläuft. Insgesamt wurden 27 Parzellen mit einem Altersrahmen von 11 bis 143 Jahren betrachtet. 137 einzelne Aufnahmen gingen in die Untersuchung ein (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Untersuchte Versuchssparzellen mit Anzahl Aufnahmen (n), entsprechendem Zeitfenster (Aufnahmen) sowie Mitteldurchmesser (dg) in cm

Versuch	Parzelle	n	Aufnahmen	dg
SAC 002	1	8	1908 - 1957	21,4 - 40,1
SAC 003	1	6	1908 - 1951	18,9 - 37,7
DEN 005	1	11	1908 - 1990	21,3 - 47,3
SAC 067	1	7	1924 - 1985	24,6 - 48,7
SAC 068	1	6	1929 - 1978	25,1 - 42,2
EGL 072	1	12	1911 - 1990	9,7 - 36,9
EGL 073	1	9	1911 - 1970	16,5 - 33,7
SAC 602	1	5	1982 - 2008	7,9 - 20,9
ZUS 603	1	6	1974 - 2005	2,8 - 17,3
ZUS 603	2	7	1974 - 2005	2,7 - 15,0
ZUS 603	3	5	1974 - 2005	3,3 - 16,0
EUR 605	7	3	1997 - 2007	23,9 - 27,7
EUR 605	8	3	1997 - 2007	24,6 - 28,0
DEN 606	3	4	1994 - 2008	14,3 - 21,5
DEN 606	4	4	1884 - 2008	14,1 - 21,5
SAC 607	3	6	1982 - 2006	8,7 - 20,4
SAC 607	10	6	1982 - 2006	9,7 - 22,2
FFB 612	7	3	1996 - 2006	15,7 - 20,1
FFB 612	19	4	1991 - 2006	12,4 - 19,1
WBU 613	2	5	1974 - 2002	13,9 - 30,5
WBU 613	4	5	1974 - 2002	10,6 - 26,3
WBU 613	7	5	1976 - 2002	10,8 - 28,8
VOH 622	1	2	1997 - 2007	15,8 - 23,3
VOH 622	2	3	1993 - 2002	7,9 - 12,2
VOH 622	3	3	1993 - 2007	9,6 - 17,4

Die Standortgüte der einzelnen Parzellen wurde über die Oberhöhe bestimmt. Mit Hilfe des Bonitätsfachlers der vorläufigen Ertragstafeln nach ASSMANN und FRANZ (1967) wurde für jede Aufnahmeperiode aus Alter und Oberhöhe die jeweilige Oberhöhenbonität im Alter 100 ermittelt. Um entwicklungsbedingte Höhengschwankungen auszugleichen, wurde schließlich ein mit der Periodenlänge gewichtetes Mittel der Oberhöhe berechnet. Die untersuchten Tabellen spannen ein Leistungsspektrum von 32 m bis 43 m Oberhöhe auf.

Betrachtet wurden pro Parzelle für jeden Aufnahmezeitpunkt die beiden Kollektive "mortal" und "Gesamtbestand". Ersteres umfasst alle Bäume, die innerhalb der Beobachtungsperiode natürlich abgestorben waren. Nicht enthalten sind dabei Bäume, die aufgrund biotischer (z.B. Käfer) oder abiotischer (z.B. Windwurf) Faktoren ausgefallen waren, die lediglich vereinzelt auf den Flächen auftraten. Der Gesamtbestand umfasst alle Bäume, die am Ende der Beobachtungsperiode notiert wurden. Dazu gehören auch die in der Periode konkurrenzbedingt mortalen Bäume sowie aufgrund biotischer und abiotischer Schädigung ausgefallener Bäume.

Aus den Einzelbaumdaten der einzelnen Perioden wurden für die beiden Kollektive der Durchmesser des Grundflächenmittelstamms (dg), die dazugehörigen Standardabweichungen und Variationskoeffizienten sowie die Spannweite aus minimalen und maximalen Durchmesser berechnet.

Als wesentlicher Parameter zur Beurteilung der Lage der beiden Kollektive zueinander wurde in der vorliegenden Studie der jeweilige dg herangezogen. Pro Aufnahmejahr wurde deshalb aus den jeweiligen Mittelwerten zum einen der absolute Abstand (abs.ddif) aus der Differenz von dg_{Bestand} und dg_{mortal} berechnet. Zum anderen wurden durch Division des absoluten Abstands durch den dg_{Bestand} ein relativer, auf den Gesamtbestand normierter Abstand der Mitteldurchmesser (rel.ddif) ermittelt.

Ergebnisse

Die untersuchten Aufnahmeperioden zeigen unabhängig vom Standort einen Altersgradienten bezüglich des Abstands zwischen den grundflächenbezogenen Mitteldurchmessern des mortalen und des Gesamtkollektivs (Abbildung 2, links). Das heißt, mit zunehmendem physiologischen Alter, hier repräsentiert durch den Durchmesser des Grundflächenmittelstamms des Gesamtkollektivs, nimmt der absolute Abstand zu (Pearson'scher Korrelationskoeffizient $r = 0,81$). Es wird also immer näher am "unteren Ende" gestorben. Der lineare Ausgleich

$$abs. ddif = \beta_0 + \beta_1 (dg_{Bestand})$$

(1)

zeigt einen höchst signifikanten Einfluß des $dg_{Bestand}$ auf den absoluten Durchmesserabstand ($p < 0,001$, $R^2 = 0,65$).

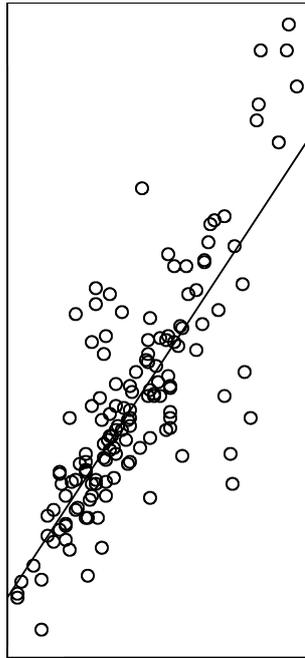


Abb. 2: Absoluter Abstand zwischen $dg_{Bestand}$ und dg_{mortal} bezogen auf $dg_{Bestand}$ (links), relativer Abstand zwischen $dg_{Bestand}$ und dg_{mortal} bezogen auf $dg_{Bestand}$ (rechts)

Der relative Abstand zwischen den Mitteldurchmessern nimmt mit zunehmendem Entwicklungsstand des Bestandes ab und nähert sich einem gleichbleibendem Niveau. Das lineare Modell, bei dem der $dg_{Bestand}$ als Kehrwert eingeht,

$$rel. ddif = \beta_0 + \beta_1 (1 / dg_{Bestand})$$
(2)

repräsentiert die beste regressive Anpassung für die Punkteverteilung. Die Signifikanz liegt bei ($p < 0,001$) mit allerdings niedrigem Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,12$).

Zur Analyse des Standorteffekts auf die Mortalitätsausprägung wurde die Oberhöhe (HO) als erklärende Variable in die Modelle aufgenommen. Da innerhalb der Klassen mehrere Aufnahmen einer Parzelle vorhanden waren, wurden zufallsbedingte Effekte auf Parzellenebene bei der Analyse berücksichtigt. Die verwendeten gemischten linearen Modelle für den absoluten und relativen Abstand lauten:

$$abs. ddif = \beta_0 + b_{0i} + \beta_1 (HO) + \beta_2 (dg_{Bestand}) + \varepsilon_i$$
(3)

$$rel. ddif = \beta_0 + b_{0i} + \beta_1 (HO) + \beta_2 (1 / dg_{Bestand}) + \varepsilon_i$$
(4)

Sie berücksichtigen den Alterstrend (Proxy $dg_{Bestand}$) und die Bonität (HO) als unabhängige Variablen sowie die zufälligen Effekte auf den Intercept auf Parzellenebene (b_{0i}). Im Falle des $abs. ddif$ erreicht die Schätzung der fixen Effekte für die Bonität gerade nicht das Signifikanzniveau von 5% (Tabelle 2). Tendenziell scheint jedoch die Standortgüte den absoluten Abstand zwischen $dg_{Bestand}$ und dg_{mortal} zu beeinflussen.

Tab. 2: Ergebnisse der Modellanwendung (3)

Fixe Effekte	Schätzwert	Standardfehler	p
Intercept	-86,39405	50,7652	0,0916
HO	2,54149	1,29219	0,0614
$dg_{(\text{Bestand})}$	0,35021	0,02474	0

Die Darstellung (Abbildung 3, links) verdeutlicht den Effekt graphisch. Dazu wurden die einzelnen Parzellen nach der Oberhöhe stratifiziert. Das vorhandene Material wurde in fünf Bonitätsklassen von < 34 m bis > 40 m Oberhöhe mit einem Intervallabstand von jeweils 2 m eingeteilt. Für jede Bonitätsklasse wurden in Abbildung 3 nun lediglich die vorhergesagten Werte aufgetragen. Mit zunehmender Standortgüte (dunklere Farben) nimmt bei gleichem dg_{Bestand} der abs.ddif zu, dg_{Bestand} und dg_{mortal} weichen auseinander.

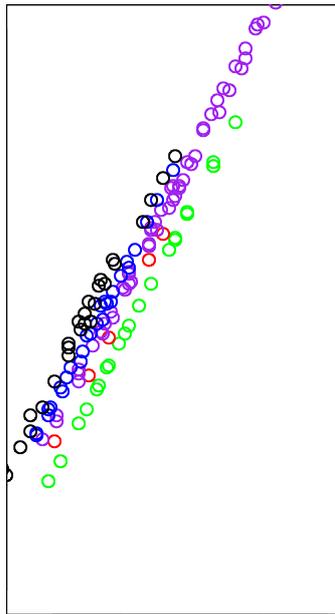


Abb. 3: Verlauf der aus Modell (3), links und Modell (4), rechts gefitteten Werte, stratifiziert nach der Oberhöhenbonität der Versuchspartellen. Grün: HO < 34, rot: 34 <= HO < 36, lila 36 <= HO < 38, blau: 38 <= HO < 40, schwarz: HO >= 40.

Auch die Modellergebnisse für den relativen Abstand zeigen einen ähnlichen Trend (Tabelle 3 und Abbildung 3, rechts). Die Standortgüte führt zu einem Auffächern der Kurvenverläufe. Mit zunehmender Standortqualität nimmt der relative Abstand bei gleichem dg_{Bestand} zu. Das heißt, das auf schlechteren Standorten die natürliche Mortalität näher am durchschnittlichen Bestandsdurchmesser stattfindet als auf guten Standorten.

Tab. 3: Ergebnisse der Modellanwendung (4)

Fixe Effekte	Schätzwert	Standardfehler	p
Intercept	-0,151836	0,2886741	0,5999
HO	0,013705	0,0075832	0,0838
$dg_{(\text{Bestand})}$	8,51432	1,8842985	0

Diskussion

Der vorliegende Beitrag befasste sich mit der Analyse der natürlichen, konkurrenzbedingten Mortalität in undurchforsteten Beständen. Untersucht wurde der Zusammenhang zwischen den grundflächenbezogenen Mitteldurchmessern der Kollektive aus mortalen Bäumen und Gesamtbestand für die Baumart Fichte. Diese wurden jeweils pro Aufnahmeperiode verglichen. Insgesamt wurden zwei Aspekte beleuchtet. Zum einen zeigt die Entwicklung des Abstands zwischen den Mitteldurchmessern eine Altersabhängigkeit. Mit zunehmendem Alter nimmt die absolute Differenz linear zu. Je weiter der Bestand in seiner Entwicklung fortgeschritten ist, desto größer wird die Diskrepanz zwischen dem mittleren Durchmesser der absterbenden Bäume und dem des Gesamtbestandes. Gleichzeitig nimmt der relative Abstand zwischen den entsprechenden Durchmessern negativ exponentiell ab und nähert sich einem konstantem Niveau an. Ab einem bestimmten Entwicklungsstadium sterben demnach Bäume in unbehandelten Beständen in einem Bereich ab, dessen Mitteldurchmesser annähernd im gleichen Verhältnis zum erreichten Gesamtdurchmesser bleibt. Auch die Selbstdurchforstungsregel von REINECKE (1933) beschreibt einen ähnlichen Trend der Bestandsentwicklung, indem sie postuliert, dass die Individuenzahl eines Bestandes mit Zunahme des Mitteldurchmessers um 1 % im Allgemeinen um 1,605 % abnimmt.

Standorteffekte auf die Ausprägung der Distanz zwischen den Mitteldurchmessern des mortalen Kollektivs und des Gesamtbestandes konnten tendenziell aufgedeckt werden, wenngleich nicht mit statistischer Signifikanz. Mit zunehmender Standortgüte steigt sowohl der absolute, als auch der relative Abstand zwischen den Mitteldurchmessern der betrachteten Kollektive. So scheinen schwache Bäume auf armen Standorten eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit zu haben. Wohingegen auf besseren Standorten unterständige Individuen bereits früher ausfallen. Allerdings decken die einbezogenen Versuchsflächen lediglich einen Teil des möglichen Oberhöhenrahmens für die Fichte ab, da die bayerischen Fichtenversuchsflächen tendenziell auf besseren Standorten stocken. Eine Ergänzung des Datenmaterials um schwachwüchsige Standorte ist angeraten.

Die Untersuchung beschränkte sich auf die Analyse von Mitteldurchmessern und konzentrierte sich auf die Baumart Fichte. Sie wird in der Form weitergeführt, dass sowohl weitere Baumarten einbezogen werden als auch zusätzliche Verteilungsparameter der Kollektive analysiert werden sollen. So erscheint die Einbeziehung beispielsweise der jeweiligen Streubreite der Mitteldurchmesser sinnvoll. Dadurch werden Aussagen darüber ermöglicht, in welchem Spektrum der Durchmesserverteilung eines Bestandes jeweils Bäume in Abhängigkeit der insgesamt zur Verfügung stehenden Ressourcen konkurrenzbedingt absterben. Gleichzeitig soll die Beziehung zwischen Mortalität und der Durchmesser-Zuwachs-Beziehung (PRETZSCH, 2010) analysiert werden. Die in diesem Heft durch BIBER (2010) angesprochene Aufspaltung des periodenbezogenen Durchmesserfortschubs in eine wachstums- und eine mortalitätsbedingte Komponente könnte standortbezogen verfeinert quantifiziert werden. Für die forstliche Praxis erlangen die Ergebnisse insofern praktische Relevanz, als dass bei der Entwicklung von baumartenspezifischen Pflegekonzepten, die auf strukturierte Bestände abzielen, Standorteffekte bei der Bestandsentwicklung berücksichtigt werden müssen. Die unterschiedliche, standortabhängige Ausprägung des Selbstdifferenzierungspotenzials von Beständen kann differenziertes Eingreifen in die Durchmesserverteilung des Bestandes erforderlich machen, um das entsprechende Pflegeziel zu erreichen. Auch vor dem Hintergrund erscheint der Befund an Bedeutung zu erlangen, wenn sich aufgrund klimabedingter Standortveränderung Ressourcenverteilungsschlüssel ändern und die Entwicklung der Bestandstruktur beeinflussen.

Literaturverzeichnis

- BIBER, P. (2010): Wachstum und rechnerische Verschiebung des Mitteldurchmessers in selbstdurchforsteten Beständen. Tagungsband der Sektion Ertragskunde des DVFFA
- PRETZSCH, H. (2010): Zur Verteilung des Zuwachses zwischen den Bäumen eines Bestandes und Abhängigkeit des Verteilungsschlüssels von den Standortbedingungen, Allg. Forst- u. J.-Ztg., 181. Jg., 1/2
- PRETZSCH, H., BIBER, P. (2010): Size-symmetric versus size-asymmetric competition and growth partitioning among trees in forest stands along an ecological gradient in Central Europe. Can. J. For. Res. 40: 370-384
- REINECKE, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for evenaged forests. Journal of Agricultural Research 46:627-638.
- SCHWINNING, S. UND WEINER, J. (1998): Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. Oecologia 113: 447-455