

# Douglasien-Naturverjüngung unter Schirm: Konkurrenz und Überschirmung beeinträchtigen die Wurzelentwicklung und reduzieren die Standfestigkeit<sup>1</sup>

Florian Ruge, Anka Nicke und Ulrich Kohnle

Die vorliegende Arbeit zeigt Möglichkeiten auf, die Standfestigkeit junger Douglasien durch Umziehen zu messen und zu Wurzelentwicklung und Wachstumsbedingungen in Beziehung zu setzen. Es zeigt sich, dass die Standfestigkeit der Bäume bei zunehmender Überschirmung oder steigendem Konkurrenzdruck leidet. Verantwortlich dafür sind negative Auswirkungen auf Wurzelentwicklung und Durchmesserwachstum (ungünstige Wurzel-Spross- und H/D-Verhältnisse).

## Kurzübersicht

- Die Standfestigkeit junger Douglasien lässt sich durch waldbauliche Eingriffe steuern.
- Konkurrenzsituation sowie Überschirmungssituation zeigen einen signifikanten Einfluss auf das Wachstum und die Standfestigkeit der untersuchten Douglasien.
- Für die Praxis stellen H/D-Wert und Stammbasisdurchmesser zuverlässige Einschätzungsmöglichkeiten für die Standfestigkeit dar.
- Unter Schirm können junge Douglasien durch eine konsequente Freistellung deutlich stabilisiert werden.

## Einleitung

Die Stabilität der Einzelbäume ist für die Forstwirtschaft die entscheidende Größe, um naturale Betriebsziele planbar und langfristig zu erreichen. Dass dazu bei frei aufwachsenden Nadelbäumen möglichst früh mit stabilisierenden, standraumerweiternden Eingriffen begonnen werden sollte, ist im Prinzip unbestritten [1, 2, 4, 13]. Im Gegensatz dazu bestehen bei Verjüngungen unter Schirm noch offene Fragen.

Dies trifft auch für die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. (Franko)) zu. Vor dem Hintergrund der langen Anbaugeschichte, zunehmender Flächenanteile, raschen Wachstums, wertvollen Holzes und günstiger Prognosen im Klimawandel gewinnen bei dieser Baumart Fragen nach der waldbaulichen Behandlung und Verjüngung zunehmend an Bedeutung. In ihrer Heimat Nordamerika entstehen für die Douglasie meist nur nach großflächigen Bestandesauflösungen höhere Verjüngungspotenziale [8]. In Mitteleuropa vermag sie sich dagegen - aus bisher nicht abschließend geklärten Gründen - offensichtlich auch unter Schirm erfolgreich zu verjüngen. Aus Praxis und Wissenschaft [10, 11, 17] mehren sich dabei allerdings Hinweise auf Stabilitätsprobleme (vgl. Abb. 1). In der vorliegenden Arbeit wird daher der Frage der Stabilitätsentwicklung überschirmter Douglasien nachgegangen. Dazu wurden in geeigneten Douglasien-Naturverjüngungen folgende Aspekte untersucht:

- Wie stehen messbare Pflanzenparameter, wie beispielsweise Höhe oder Durchmesser, in Beziehung zur Standfestigkeit der Douglasien?
- Wie wirken sich Überschirmung und (seitlicher) Konkurrenzdruck auf die Entwicklung und Standfestigkeit der Douglasien aus?

---

<sup>1</sup> Gefördert wurden die Arbeiten vom BMEL im Rahmen des Forschungsprojekts „Steigerung der Flächenproduktivität und Wertschöpfung in Buchenwäldern“ (FNR-Förderkennzeichen 370-220-225-14).



Abb. 1: Schneedruckschäden in unter Schirm aufwachsender, baumzahlreicher Douglasien-Naturverjüngung (Foto: Florian Ruge)

## Material und Methode

### Untersuchungsbestände

Im Forstbezirk Kirchzarten in Baden-Württemberg, Revier Wildtal, wurden in sechs Beständen 79 junge vor-wüchsige Douglasien aus natürlicher Verjüngung im Höhenbereich von 3 – 4 m Höhe ausgewählt und untersucht. Die Untersuchungsbestände stocken auf südwestlich exponierten Hängen am Westabfall des Schwarzwaldes auf 550 – 600 m ü. NN (1.000 mm durchschnittlicher Jahresniederschlag, 8,6 °C Jahresdurchschnittstemperatur) auf gut drainierten Braunerden vorwiegend aus Gneis ohne nennenswerte Durchwurzelungshindernisse. Detailliertere Angaben finden sich in der zugrundeliegenden Masterarbeit [18].

### Messungen und Analysen

Um die Standfestigkeit der jungen Bäume mit angemessenem Aufwand messen zu können, wurde eine zuvor erprobte Technik verwendet [17]. Damit lassen sich objektive Messdaten zur Festigkeit der Wurzelverankerung gewinnen. Vor dem Umziehen der Versuchsbäume wurden wichtigsten Pflanzenvariablen aufgenommen. Außerdem wurden die baumindividuellen Konkurrenzindizes (CI) nach Hegyi bestimmt. Dieser Konkurrenzindex eignet sich, um den Konkurrenzdruck von Nachbarbäumen auf einen Bezugsbaum zu bemessen. Die ermittelten CI deckten ein Spektrum von 0 (keine Konkurrenz) bis 0,13 (starke Konkurrenz) ab.

Über jedem Untersuchungsbaum wurde außerdem die Beschirmungssituation mit Hilfe hemisphärischen Aufnahmen. Aus diesen Aufnahmen lässt sich der versuchsbaumspezifische Transmissionskoeffizient (TK) ermitteln, der den Flächenanteil schirmfreier Bereiche in der hemisphärischen Aufnahme wiedergibt (vgl. Abb. 2).



Abb. 2: Darstellung der Bildbearbeitungsschritte, bis zur Selektion der überschirmenden Vegetation. (Fotos: Florian Ruge)

Anschließend wurden die 79 als Untersuchungsbaume ausgewählten Douglasien entsprechend dem bereits entwickelten und erprobten Verfahren von [17] aus dem Boden herausgezogen und an den herausgerissenen Pflanzen die Wurzelsysteme und weitere Pflanzenparameter vermessen. Für 63 der

79 für das Herausziehen ausgewählten Untersuchungsbäume konnten so auswertbare Daten gewonnen werden. Außerdem ließ sich dieser Datensatz durch vergleichbar erhobene Messdaten der früheren Arbeit von [17] teilweise um 47 Datensätze ergänzen. Im Durchschnitt der beiden Datensätze waren die für das Herausziehen ausgewählten Douglasien 3,7 m hoch und 18 Jahre alt. Allerdings schwankte das Alter erheblich und variierte, je nach Überschirmungssituation, zwischen 9 und 30 Jahren.

Geeignete Freiflächen mit naturverjüngter Douglasie standen nicht zur Verfügung, sodass in den Untersuchungen eine echte Freiflächen-Referenz fehlt. Die über den Untersuchungsbäumen ermittelten Transmissionskoeffizienten wiesen jedoch einen starken Gradienten auf (TK= 9 % /starke Überschirmung bis TK= 40 %/schwache Überschirmung), der für die Zwecke der Untersuchung als ausreichend eingestuft wurde. Zumal selbst vergleichsweise Messungen auf über hektargroßen Freiflächen im Wald allenfalls maximale Werte von TK=74 % ergaben.

Mögliche Zusammenhänge zwischen Pflanzenkennwerten und potentiellen Einflussfaktoren wurden anhand linearer Regressionen überprüft. Die Prüfung auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen unterschiedlichen Gruppen erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalysen (ANOVA) beziehungsweise Kovarianzanalysen (ANCOVA), denen als post hoc Tests für den multiplen Mittelwertvergleiche Duncan Tests folgten. Die Beurteilung statistisch signifikanter Unterschiede erfolgte für ein Niveau von  $p < 0,05$ .

### **Standfestigkeit: Einfluss waldbaulicher Stellschrauben**

Zu klären ist, wie waldbaulich auf die Entwicklung der Standfestigkeit Einfluss genommen werden kann. Dazu wurde untersucht, wie sich Konkurrenz beziehungsweise Überschirmung auf die Douglasien auswirken, da diese beiden Faktoren zentrale waldbauliche Steuerungselemente darstellen.

Abb. 3 vermittelt einen Eindruck zur Stärke des Einflusses dieser beiden waldbaulichen Steuerungselemente auf die Standfestigkeit der Douglasien. Die zwei unterschiedlich skalierten Messgrößen *CI* und *TK* wurden zur Vergleichbarkeit auf einheitliche Skalen normiert, bei denen „0“ die stärkste Konkurrenz (höchster gemessener Konkurrenz-Indexwert) bzw. die stärkste Überschirmung (niedrigster Transmissionskoeffizient) und „1“ die geringste Konkurrenz bzw. Überschirmung repräsentieren.

Die Analyse der normierten Daten zeigte für beide Faktoren statistisch signifikante Beziehungen mit der Standfestigkeit. Im direkten Vergleich ergab sich für die Konkurrenz (*CI*:  $r^2=0,34$ ) dabei ein etwas strafferer Zusammenhang mit der Standfestigkeit als mit der Überschirmung (*TK*:  $r^2=0,13$ ). Zum anderen wird aus der Steigung der Regressionsgeraden deutlich, dass sich in dem durch Messwerte abgedeckten Bereich Veränderungen der Konkurrenz offenkundig relativ stärker auf die Standfestigkeit ausgewirkt hatten als Veränderungen des Überschirmungsgrades (Abb. 3). Aus den im Folgenden dargestellten Analysen wird zudem deutlich, dass sich Konkurrenz und Überschirmung teilweise sehr unterschiedlich auf die Entwicklung dendrometrischer Kenngrößen auswirkten.

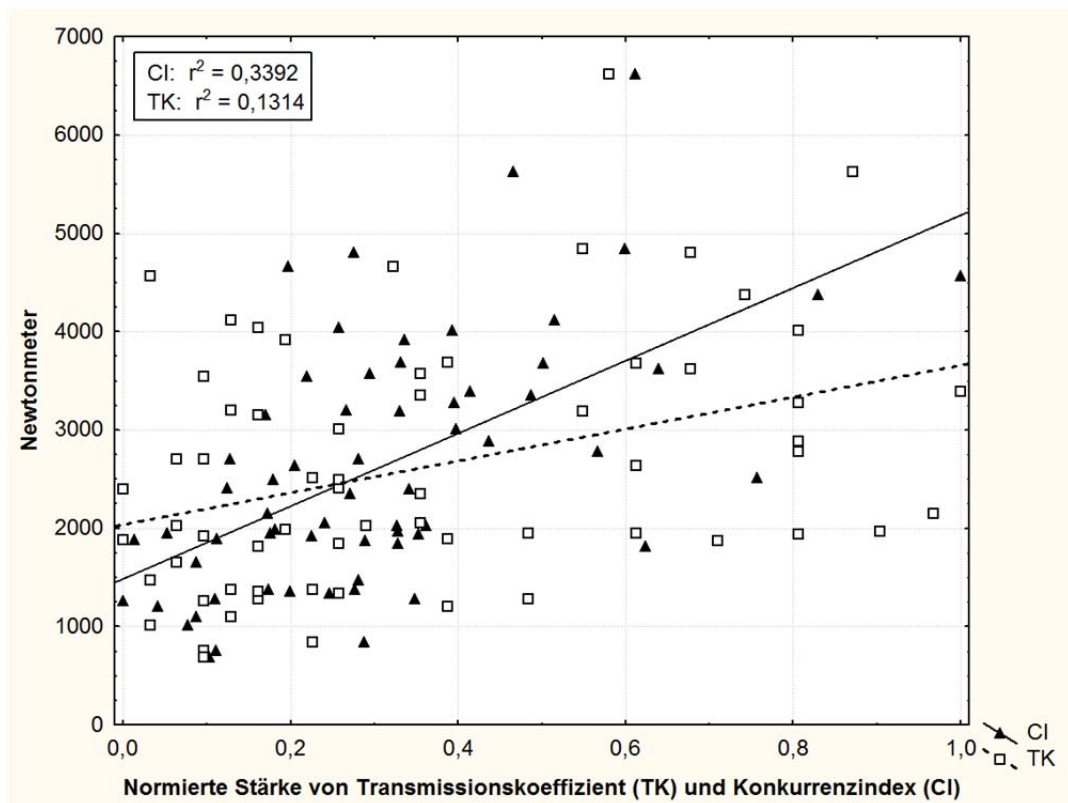


Abb. 3: Einfluss von Konkurrenz (gemessen als Konkurrenzindex  $CI$ ) und Überschirmung (gemessen als Transmissionskoeffizient  $TK$ ) auf die Standfestigkeit der Douglasien (gemessen in Nm). Werte über einer normierten Skala dargestellt.

### Einfluss der Überschirmung

Erwartungsgemäß hatte sich der Grad der Überschirmung am stärksten auf das Höhenwachstum ausgewirkt ( $r^2=0,52$ ). Die – unabhängig von der Überschirmungssituation – erreichte Höhe der Versuchsbäume zeigte dabei jedoch keinen signifikanten Zusammenhang mit der Standfestigkeit der jungen Douglasien. Die Zusammenhänge der Überschirmung mit dem SBD ( $r^2=0,24$ ) beziehungsweise dem H/D-Wert ( $r^2=0,30$ ) sind weniger stark. Dennoch sinken die H/D-Werte der Pflanzen bei abnehmender Überschirmung bis zu  $TK$ -Werten von 35 % zunächst deutlich ab. Bei weiterer Auflockerung der Überschirmung ( $TK > 35\%$ ) scheint dies nicht mehr der Fall zu sein. Die Überschirmungssituation korreliert nur in verhältnismäßig geringem Maße mit dem Wurzelvolumen ( $r^2=0,19$ ). Analog dem H/D-Wert scheint bei weiterer Auflockerung des Schirmes ( $TK > 35\%$ ) keine weitere Zunahme des Wurzelvolumens mehr zu konstatieren. Hinsichtlich der gemessenen Standfestigkeit sind die Zusammenhänge zwar tendenziell ähnlich, aber insgesamt noch weniger deutlich ausgeprägt: Die Douglasien welche unter stärkerer Überschirmung erwachsen sind ( $TK < 25\%$ ) weisen im Mittel geringere Standfestigkeiten auf als die der weniger stark überschirmten Pflanzen ( $TK > 25\%$ ); allerdings streuen die Messwerte außerordentlich stark. Offenbar investieren die jungen Douglasien nach den vorliegenden Ergebnissen bei zunehmender Überschirmung die ohnehin schon begrenzten Ressourcen stärker in das Höhen- als in das Dickenwachstum. Diese Beobachtung wurde auch von anderen Autoren gemacht [14, 15]. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen sowohl für die Parameter H/D-Wert und Wurzelvolumen, als auch für die Standfestigkeit bei einem  $TK$  von ca. 25 % deutliche, teilweise signifikante Veränderungen. Auch andere vergleichbare Arbeiten kamen zum Schluss, dass für das Überleben junger Douglasien mindestens 20 % der Freiflächenstrahlung erforderlich sind und dass waldbaulich befriedigendes Wachstum erst ab rd. 40 % möglich ist [16]. Auch nordamerikanische Untersuchungen [5, 7] weisen darauf hin, dass unzureichende Strahlung als wachstumsreduzierender Faktor erst ab Unterschreitung einer Marke von 35 % der Freilandstrahlung an wesentlicher Bedeutung gewinnt.

## Einfluss der Konkurrenz

Nicht unerwartet zeigte der Konkurrenzdruck im Gegensatz zur Überschirmung deutlich geringere Auswirkungen auf das Höhenwachstum ( $r^2=0,13$ ) während er sich signifikant auf durchmesserbezogene Kennwerte auswirkte (H/D-Wert  $r^2=0,52$  und SBD  $r^2=0,46$ ). Mit sinkendem Konkurrenzindex sind ab der Unterschreitung von 0,049 *CI* deutliche, teilweise statistisch signifikant niedrigere H/D-Werte zu beobachten.

Das Wurzelvolumen wird vom *CI* ( $r^2=0,26$ ) statistisch signifikant beeinflusst und zwar deutlich stärker als von der Überschirmung (*TK*). Dabei ist eine deutliche Zunahme des Wurzelvolumens allerdings erst ab der Unterschreitung eines *CI* von 0,032 zu beobachten.

Gleichzeitig ist mit einem abnehmenden Konkurrenzindex eine Zunahme des für das Umziehen benötigten Drehmoments ersichtlich.

Aus den Daten ergibt sich die wichtige Erkenntnis, dass sich der Konkurrenzdruck zwar deutlich auf das Dickenwachstum der Douglasien auswirkt, aber nur einen sehr geringen Einfluss auf die Höhenentwicklung hat. So entstehen unter Konkurrenzeinwirkung zwangsläufig höhere Schlankheitsgrade. Die außerdem damit verbunden geringere Wurzelvolumina, wirken sich negativ auf die Standfestigkeit aus. Demnach sind auch auf der Freifläche bei optimalen Strahlungsbedingungen unter hohem Konkurrenzdruck größere Schlankheitsgrade zu erwarten, wie es die Befunde eines außerordentlich umfangreichen Standraumversuches belegen [9]: bei zunehmender Konkurrenz waren steigende H/D-Werte festzustellen, da das Dickenwachstum überproportional stark abnahm. Zu ähnlichen Erkenntnissen kommen auch [11]. Sie raten deshalb, selbst bei günstigen Strahlungsbedingungen in die Konkurrenzverhältnisse einzugreifen.

Die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Modelle hinsichtlich der Standfestigkeit zeigen einen deutlichen Einfluss des seitlichen Konkurrenzdrucks auf die Standfestigkeit der jungen Douglasien. Auf der Basis dieser Modelle ist davon auszugehen, dass sich auch unter Schirm die Standfestigkeit junger Douglasien durch Reduktion der Seitenkonkurrenz deutlich verbessern lässt.

## Kennwerte zur Beurteilung des Wurzelwachstums und der Standfestigkeit

Das gemessene Drehmoment ist zwar ein idealer Kennwert zur Beurteilung der Standfestigkeit, ist aber aus naheliegenden Gründen nicht zweckmäßig für die praktische Anwendung. Bei der weiteren Analyse stellten sich aber folgende praxisnahe Ergebnisse heraus:

- Für die Kennwerte Höhe und Alter ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge mit der Standfestigkeit der jungen Douglasien.
- Der stärkste Zusammenhang mit der zur Entwurzelung aufzuwendenden Arbeit (der Standfestigkeit) ergab sich für das an den Bäumen ermittelte Wurzelvolumen ( $r^2=0,46$ ): Je größer das Wurzelvolumen, umso besser die Standfestigkeit.
- Für Durchmesser ( $r^2=0,33$ ) und H/D-Wert ( $r^2=0,30$ ) ergeben sich signifikante Zusammenhänge mit der gemessenen Standfestigkeit. Bei konstant gehaltener Baumhöhe und steigenden Durchmessern - also sinkenden H/D-Werten (Abb. 4; linke Grafik) - korrespondieren diese mit zunehmender Standfestigkeit. Die Erklärung dafür sind offenkundige Zusammenhänge der einfach zu messenden Kennwerte Durchmesser ( $r^2=0,38$ ) und H/D-Wert ( $r^2=0,30$ ) mit dem Wurzelvolumen der Douglasien, welche somit als praxistaugliche Einschätzhilfen zur Beurteilung der Standfestigkeit gelten. Bei ebenfalls konstant gehaltener Baumhöhe korrespondieren sinkende H/D-Werten (Abb. 4; rechte Grafik) beziehungsweise Durchmesser mit einem steigenden Wurzelvolumen. Dieser Befund ist auch bei Weiß-Tanne, Fichte und Rot-Buche bekannt [2, 3].

Insbesondere im Zusammenhang mit dem H/D-Wert deutet sich bei den Analysen ein interessanter Befund an: während unterhalb eines H/D-Wertes von 90 sinkende H/D-Werte mit gleichmäßig steigenden Wurzelvolumina zu beobachten sind, setzt sich dieser Zusammenhang bei Pflanzen mit sehr

hohen H/D-Werte offenbar nicht mehr weiter fort (Abb. 4, rechte Grafik). Für Pflanzen mit so hohen H/D-Werten ergibt sich vielmehr der Eindruck, dass diese H/D-Werte wahrscheinlich mit existenziell minimalen Wurzelvolumina korrespondieren könnten, die nicht mehr weiter unterschritten werden können.

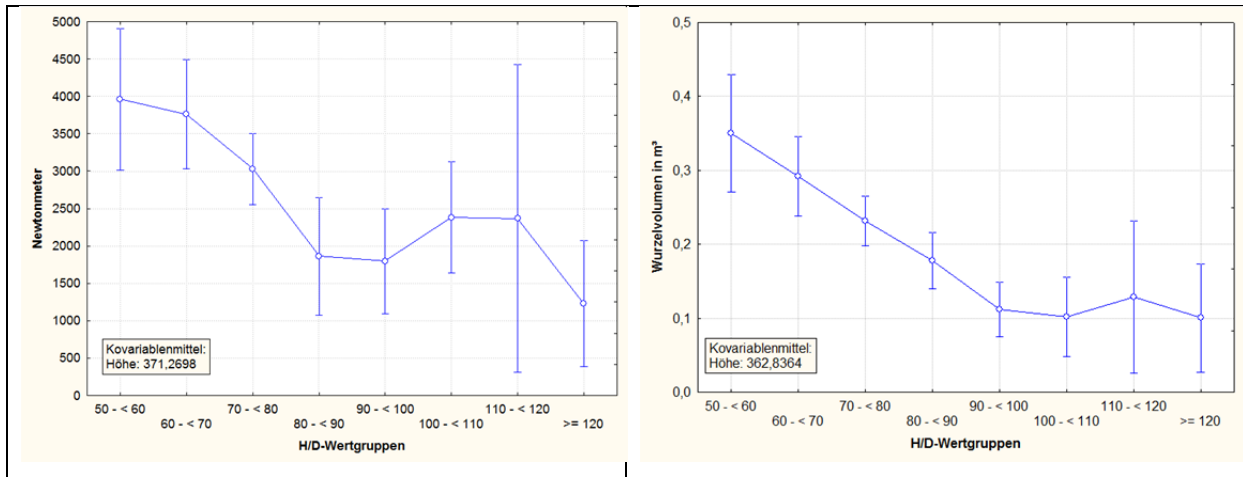


Abb. 4: Zusammenhänge zwischen H/D-Wert und Standfestigkeit (linke Grafik) beziehungsweise Wurzelvolumen (rechte Grafik). H/D-Gruppenmittelwerte (Kreise), 95 % Konfidenzintervalle (vertikale Balken), Baumhöhe als Kovariable (n = 63).

Zu klären bleibt nun noch, wie die beiden waldbaulich relevanten Faktoren, Konkurrenz und Überschirmung, eingestellt werden sollten, um eine bessere Bewurzelung und höhere Standfestigkeiten bei jungen Douglasien zu generieren. Der „existentielle Mindestwert von H/D 90, ab dessen Unterschreitung das Wurzelvolumen dann signifikant zunimmt (Abb. 4), wird dabei etwa bei einem Konkurrenzindexwert von ca. 0,04 erreicht, der etwa den Konkurrenzverhältnissen entspricht, wie sie zwischen 3 bis 4 m Höhe in mit 4.000 Douglasien je ha begründeten, baumzahlreichen Kulturen auftreten. Größere Standräume (weitere Pflanzverbände) gehen dann mit zunehmender Standfestigkeiten einher.

Nach der Regression aus TK und H/D-Wert wird der H/D-„Grenzwert“ von 90 bei einer Überschirmung mit TK 16 % erreicht. Daher sollte mit Douglasien auf gar keinen Fall mit noch stärkeren Überschirmungen gearbeitet werden. Die genauere Betrachtung der Standfestigkeit und des Wurzelvolumens bei abnehmender Überschirmung (zunehmender TK) empfiehlt sich allerdings gutachtlich eine Beschirmungssituation, die sich nicht unterhalb von 25 % TK bewegen sollte.

Bei der Analyse, wie die waldbaulichen Faktoren auf die jungen Douglasien wirken, liefert eine differenzierte Betrachtung von oberirdischen und unterirdischen Pflanzenparametern wichtige Ergebnisse. Bei zunehmender Überschirmung und/oder seitlicher Konkurrenz wird die Wurzelentwicklung stärker und frühzeitiger eingeschränkt, als das Wachstum oberirdischer Pflanzenteile. Insbesondere das Wurzelvolumen fällt zunehmend kleiner aus. Bei dem Wettkampf um Ressourcen investieren die jungen Douglasien offenbar überproportional mehr in das oberirdische Wachstum, dies führt bei zunehmender Konkurrenz und Überschirmung zu ungünstigen Wurzel-Sprossverhältnissen, vgl. [6]. Auch die Autoren früherer Arbeiten [10, 14] nennen diese Faktoren als starke und zweifelsfrei als ungünstige Einflussgrößen auf die Wurzelentwicklung.

Für Fichte konnte bereits vor längerer Zeit aufgezeigt werden, dass bei Individuen höherer soziologischer Klassen, also Bäume, die sich gegen Konkurrenten durchgesetzt hatten und/oder waldbaulich besonders gefördert worden waren, ein bedeutend gesteigertes Wurzelwachstum und sowie höhere Verankerungsmomente zu beobachten sind [2]. Die vorliegende Arbeit lässt vermuten, dass dies langfristig auch bei der Douglasie der Fall sein dürfte.

Besonders problematisch sind in diesem Zusammenhang Hinweise einer Arbeit zu werten, bei der die Wachstumsreaktion junger Douglasien auf Freistellung nach längerer Überschirmung untersucht

wurde: Zwar nahm mit der Freistellung (auch) das Wachstum rasch zu. Da jedoch gleichzeitig das Sprosswachstum proportional zunahm, blieb das unter Überschildung und Konkurrenz entstandene unausgewogene Wurzel-Spross-Verhältnis offenbar auch längerfristig erhalten [10].

### **Waldbauliche Schlussfolgerung**

Offenkundig beeinflussen sowohl der Grad der Konkurrenz in der Verjüngung als auch die Überschildung durch den Altbestand die Entwicklung unter Schirm wachsender Douglasien-Verjüngungen. Die Entwicklung von Spross, Bewurzelung und Stabilität der Pflanzen wird erheblich beeinträchtigt. Dabei unterscheiden sich die Wirkungspfade dieser beiden Faktoren:

*Konkurrenz* beeinträchtigt unmittelbar die Durchmesserentwicklung. Bei gleicher Höhe steigen dadurch die H/D-Werte stärker konkurrenzierter Douglasien rasch in Bereiche, die beispielsweise bei Fichte erhebliche Schneebruch-Risiken durch unzureichende Schaftstabilität indizieren [12]. Außerdem beeinträchtigt zunehmende Konkurrenz die Entwicklung der Bewurzelung, was mit einer messbaren, signifikant verringerten Standfestigkeit der jungen Pflanzen korrespondiert.

Dagegen wirkt sich der Grad der *Überschildung* im Wesentlichen auf das Höhenwachstum aus. Dabei bestehen Hinweise darauf, dass junge Douglasien ihr Höhenwachspotential nicht erst bei voller Freilandstrahlung erreichen, sondern dass waldbaulich befriedigendes Höhenwachstum auch unter (leichtem) Schirm möglich ist. Prinzipiell bestehen zwar auch Zusammenhänge der Überschildung mit der Durchmesser-, Wurzel- und Stabilitätsentwicklung. Differentialdiagnostisch ist jedoch der Zusammenhang der Konkurrenz mit diesen Aspekten straffer und sie wirkt sich auch deutlich stärker aus.

Für die waldbauliche Steuerung unter Schirm wachsender Douglasien-Verjüngungen deuten sich daher folgende Konsequenzen an:

- Für den Fall, dass dies aus anderen Gründen (beispielsweise Hiebsunreife) nicht erforderlich ist, sollten längere Phasen stärkerer Überschildung vermieden werden, um die Höhenentwicklung der Verjüngung nicht ohne Not zu beeinträchtigen.
- In den untersuchten frühen Entwicklungsphasen (bis rd. 4 m Höhe) ist waldbaulich befriedigendes Höhenwachstum der Verjüngung offensichtlich bereits bei leichter (bis mäßiger) Überschildung möglich. Inwieweit mit zunehmender Höhenentwicklung der Lichtbedarf der Verjüngung dann möglicherweise zunimmt, bedarf noch der eingehenden Prüfung.
- Für eine befriedigende Entwicklung des Spross-Durchmesser-Verhältnisses, der Wurzel und der Stabilität von Douglasien-Naturverjüngung ist – auch unter Schirm – die Verringerung der Konkurrenz durch Standraumerweiterung die entscheidende waldbauliche Steuerungsgröße. Empfehlenswert erscheinen dabei die aus umfangreichen Standraumversuchen mit Douglasie abgeleiteten optimalen Standräume [9], die in den frühen Entwicklungsphasen (rd. 5 m Höhe) mit Baumabständen von rd. 2,5 bis 3,0 m korrespondieren, und die in dieser Entwicklungsphase auch für auf Freiflächen wachsenden Fichten-Naturverjüngungen angezeigt sind [1].
- Die Gewährleistung einer ausreichenden Wurzelentwicklung unter Schirm wachsender junger Douglasien ist auch deshalb wichtig, weil es momentan keine Hinweise darauf gibt, dass sich zuungunsten der Bewurzelung verschobene Spross-Wurzelverhältnisse nach Wegnahme des Schirms in überschaubarer Zeit (rd. 10 Jahre) wieder verbessern [10]

Um es auf eine einfache Formel zu bringen: wenn sich Überschildung schon nicht vermeiden lässt, dann sollten junge Douglasien nicht auch noch durch Konkurrenz beeinträchtigt werden. Dazu braucht es die Schaffung ausreichender Standräume durch konsequente Freistellung der Douglasien in der Verjüngung – die Entnahme allein von Bedrängern reicht unter Schirm keinesfalls aus.

## Quellenverzeichnis

- [1] Albrecht, A., Lenk, E., Rose, B., Kohnle, U. (2017): Effekte von Jungbestandspflege in baumzahlreichen Fichtenverjüngungen. Forstarchiv, 88, S. 79-90.
- [2] Bolkenius, D. (2001): Zur Wurzel Ausbildung von Fichte (*Picea abies* L. [Karst]) und Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in gleich- und ungleichaltrigen Beständen. Berichte Freiburger Forstl. Forschung, 35, S. 155.
- [3] Bolte, A., Hertel, D., Ammer, C., Schmid, I., Nörr, R., Kuhr, M., & Redde, N. (2003). Beziehungen zwischen Baumdimensionen und Wurzelstruktur in Fichten-Buchenmischbeständen. Berlin: Tagungsbericht der Jahrestagung 2002 der Sektion Waldbau im DFFV.
- [4] Cameron, A. D. (2002): Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. Forestry, 75, S. 25-35.
- [5] Carter, R., Klinka, K. (1992): Variation in shade tolerance of Douglas-fir, western hemlock and red cedar in coastal British Columbia. For.Ecol.Manag., 55, S. 87-105.
- [6] Drever, R. C., Lertzman, K. P. (2003): Effects of a wide gradient of retained tree structure on understory light in coastal Douglas-fir forests. Can.J.For.Res., 33, S. 136-146.
- [7] Harrington, T. (2006): Five-year growth responses of Douglas-fir, western hemlock, and western redcedar seedlings to manipulated levels of overstory and understory competition. Can.J.For.Res, 36, S. 2439-2453.
- [8] Hermann, R. K. (1980): Die Waldverjüngung im westlichen Nordamerika. Forstarchiv, 51, S. 68-72.
- [9] Klädtke, J., Kohnle, U., Kublin, E., Ehring, A., Pretzsch, H., Uhl, E., Spellmann, H., Weller, A. (2012): Wachstum und Wertleistung der Douglasie in Abhängigkeit von der Standraumgestaltung. Schweiz.Z.Forstwes., 163, S. 96-104.
- [10] Kuehne, C., Karrié, C., Forrester, D., Kohnle, U., Bauhus, J. (2015): Root system development in naturally regenerated Douglas-fir saplings as influenced by canopy closure and crowding. J.For.Sci., 61, S. 406-415.
- [11] Kühne, C., Bauhus, J., Hörnig, T., Oh, S. (2011): Einfluss von Überschildung, Dichtstand und Pflanzengröße auf die Wurzelentwicklung natürlich verjüngter Douglasien. Forstarchiv, 82, S. 184-194.
- [12] Merkel, O. (1975): Schneebruch im Fichtenbestand bei 40jähriger Auslesedurchforstung. AFZ-Der Wald, 30, S. 663-665.
- [13] Nielsen, C. C. N. (1990): Einflüsse von Pflanzverband und Stammzahlhaltung auf Wurzelform, Wurzelbiomasse, Verankerung sowie auf die Biomassenverteilung im Hinblick auf die Sturmfestigkeit der Fichte. 279 S.
- [14] Petritan, I. C., Lüke, B. v., Petritan, A. M. (2010): Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf das Wachstum junger Buchen und Douglasien aus Pflanzung. Forstarchiv, 81, S. 40-52.
- [15] Petritan, I. C. (2011): Jugendwachstum gepflanzter Buchen und Douglasien nach Kahlschlag, Saumschlag und Zielstärkennutzung im Fichtenvorbestand. VVB Laufersweiler Verlag, Göttingen, S. 14-25, 42
- [16] Röhrig, E., Bartsch, N., v.Lüpke, B. (2006): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 479
- [17] Ruge, F., Schölch, M. (2017): Zur Stabilität junger Küsten-Douglasien. AFZ-Der Wald, 72, S. 17-22.
- [18] Ruge, F. (2018). Einfluss des Beschirmungsgrades auf die Stabilität von Douglasiennaturverjüngung. Erfurt.

## Autoren:

**Florian Ruge**, [FlorianRuge@web.de](mailto:FlorianRuge@web.de) studierte an der Fachhochschule Erfurt im Master Management von Forstbetrieben und ist Mitarbeiter an der Abteilung Waldwachstum der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

**Prof. Dr. rer. Silv. Anka Nicke** ([anka.nicke@fh-erfurt.de](mailto:anka.nicke@fh-erfurt.de)) leitet die Professur für Waldwachstum und Forsteinrichtung an der Fachhochschule Erfurt

**Prof. Dr. Ulrich Kohnle** ([Ulrich.Kohnle@forst.bwl.de](mailto:Ulrich.Kohnle@forst.bwl.de)) leitet die Abteilung Waldwachstum der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.