

Trieb­längen­wachstum der Fichte als Vitalitätsindikator

Corinna Kohn, Inge Dammann, Uwe Paar und Johannes Eichhorn

Welche Risiken ergeben sich für das Wachstum der Fichte bei Trockenstress? Die extreme Sommerwärme und geringe Sommerniederschläge des Jahres 2003 begründen, dieses Jahr als Referenzjahr für die Reaktion der Baumarten bei Trockenstress zu verwenden. Auf der systematischen Stichprobe der Bundesländer Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt wurde die Reaktion der Trieb­längen der Fichte auf das Jahr 2003 unter verschiedenen Standortsbedingungen geprüft. Es kann gezeigt werden, dass sich trockene und warme Sommer wie 2003 negativ auf die Vitalität der Fichte auswirken. Das Trieb­längen­wachstum ist ein wichtiger Indikator für die Reaktion der Fichte auf Trockenstress.

Die Kronenstruktur und das Wachstum der Triebe sind für Bäume von besonderer Bedeutung. Wuchskräftige Zweige mit dichter Belaubung oder Benadelung ermöglichen eine Photosyntheseleistung, durch die Kohlenstoff der Baumbiomasse zugeführt wird. Rasches Höhenwachstum stärkt den Baum in der Konkurrenz der umgebenden Bäume um die Ressourcen Licht, Wasser und Nährstoffe.

Da die optimale Baumvitalität unbekannt ist, können zeitliche Änderungen eines Indikators wie das Wachstum zur Beurteilung der Vitalität herangezogen werden und in Bezug zu Schadereignissen beurteilt werden [4, 5]. Nach ROLOFF [11] spiegelt sich ein verschlechterter Allgemeinzustand eines Baumes in abnehmenden Trieb­längen wider. Das Trieb­längen­wachstum der Bäume kann anhand der Trieb­basisnarben

MSc C. Kohn leistete die Untersuchung als wiss. Mitarbeiterin der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. FOR'in I. Dammann ist wissenschaftliche Mitarbeiterin des Sachgebiets Wald- und Bodenzustand, das von FD Dr. U. Paar geleitet wird. LFD Prof. Dr. J. Eichhorn leitet die Abteilung Umweltkontrolle der NW-FVA.



Corinna Kohn
corinna.kohn@hawk-hhg.de

rekonstruiert werden. Die Knospenschuppen hinterlassen beim Austreiben im Frühjahr Narben auf der Trieboberfläche. Durch diese rillenförmigen Narben, die über viele Jahre hinweg sichtbar bleiben, lassen sich Jahrestriebe voneinander abgrenzen [12]. Insbesondere bei der Fichte, die eine sehr klare Verzweigungsstruktur aufweist, sind die Trieb­basisnarben 10 Jahre oder länger sichtbar [11]. ▶

Methoden

Im Jahr 2007 wurden am Stichprobenraster der bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE II, 8 x 8 km Raster) an insgesamt 142 Plots in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt Trieb­längenmessungen an Fichten durchgeführt. Die beprobten Bäume stammen aus allen Altersklassen (19 bis 207 Jahre). Es wurden jeweils zwei Zweige zwischen dem 7. und 12. Quirl von drei herrschenden Bäumen (BKL 1 und 2) auf jedem Plot geerntet. Die Trieb­längen wurden anhand der Trieb­basisnarben retrospektiv für die Jahre 1997 bis 2007 bestimmt [3].

Die Daten wurden sowohl auf einer zeitlichen Ebene als auch auf räumlicher Ebene mit dem Programm R (R Development Core Team 2011) analysiert. Nach einer explorativen Datenanalyse wurde eine Varianzkomponentenanalyse durchgeführt. Bedingt durch das Messdesign sind die Trieb­längenmessungen nicht unabhängig voneinander und weisen auch keine Normalverteilung auf. Der Einfluss der erklärenden Variablen auf das Trieb­längen­wachstum wurde deswegen durch generalisierte additive gemischte Modelle (GAMM) analysiert. Dabei wurden folgende Variablen

auf einen Einfluss auf das Trieb­längen­wachstum getestet:

- Baumalter,
- Höhe ü.NN,
- Hangneigung,
- Exposition,
- Substratgruppe,
- Nährstoffversorgung,
- nutzbare Feldkapazität,
- C/N-Verhältnis des oberen Mineralbodens (0 bis 5 cm),
- Calcium-Vorrat des Bodens bis 100 cm Bodentiefe,
- Kalkungsmaßnahmen,
- Klimatische Wasserbilanz (KWB) in der Vegetationsperiode,
- Temperatursumme in der Vegetationsperiode,
- Trockenheitsindex nach DE MARTONNE in der Vegetationsperiode.

Der Trockenheitsindex nach DE MARTONNE errechnet sich aus der monatlichen Durchschnittstemperatur und dem monatlichen

Niederschlag während der Vegetationszeit. Er errechnet sich folgendermaßen:

$$I_{DM} = \frac{NS}{T + 10}$$

Niedrige Werte ergeben sich demzufolge bei trockenen Bedingungen, hohe Werte kennzeichnen feuchte Bedingungen [1, 9].

Die klimatische Wasserbilanz (KWB) ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration. Es wird davon ausgegangen, dass stets ausreichend Wasser vorhanden ist, sodass die realen Bedingungen vereinfacht dargestellt werden [1]. Addiert man, wie in dieser Analyse, die nutzbare Feldkapazität zur KWB hinzu, berücksichtigt man auch das im Boden gespeicherte Wasser und betrachtet somit den gesamten Wasserhaushalt des Plots.

Die klimatischen Variablen (KWB, Temperatursumme, Trockenheitsindex nach DE MARTONNE) wurden für jeden einzelnen BZE-Plot für die Vegetationsperiode im langjährigen Zeitraum 1980 bis 2010 modelliert (vgl. [14]). Die standortsbeschreibenden Variablen entstammen der Zweiten Bodenzustandserhebung in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt.



Abb. 1: 100-jährige Fichten im Forstamt Hess. Lichtenau. Probenahme für Triebblängenuntersuchungen je Baum jeweils zwei Zweige zwischen dem 7. und dem 12. Quirl. Nach Trockenjahren ist eine sprunghafte Abnahme des Längenwachstums der Höhentriebe sowie der Zweige erster Ordnung der obersten Baumkrone festzustellen.

In der aktuellen Diskussion hat der Klimawandel einen wichtigen Stellenwert. Klimaprojektionen gehen von einem Anstieg der Temperaturen und Änderungen des Niederschlagsregimes aus [8]. In Mitteleuropa sind höhere Niederschläge im Winter und ein Niederschlagsdefizit im Sommer zu erwarten. Extreme Wetterereignisse wie Trockenperioden und Stürme können vermehrt auftreten. Die Fichte (eine Baumart der kühl-humiden Regionen) reagiert besonders sensibel auf Sommer-trockenheit und kann in ihrer Vitalität durch diese klimatischen Veränderungen negativ beeinflusst werden. Mögliche Antworten darauf sind Nadelverlust, Absterben von Knospen und Zweigen und verringertes Wachstum [13].

Das Untersuchungsgebiet der hier vorgestellten Studie deckt sowohl warm-trockene Standorte als auch Hochlagen der Mittelgebirge ab. Die Triebblängen wurden für den Zeitraum 1997 bis 2007 analysiert (siehe Kasten) und dem Baumalter und langjährigen Standortvariablen gegenübergestellt. Bundesweit war 2003 ein Jahr mit wesentlichem Einfluss auf die Kronenentwicklung der Fichte in Deutschland. Wie die Statistik des BMELV [2] zeigt, erreichte die mittlere Kronenverlichtung der Fichte 2004, bedingt durch 2003, maximale Werte. Kein anderes Jahr zwischen 1984 und 2011 zeigte einen derartig starken synchronisierenden Einfluss auf das Erscheinungsbild der Fichte, sodass man in der jüngeren Vergangen-

heit das Jahr 2003 als Referenzjahr für die Reaktion der Fichte auf Trockenstress verstehen kann.

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Vitalität der Fichte in einem räumlichen Vergleich bei unterschiedlichen Standortverhältnissen und im zeitlichen Verlauf mit verschiedenen Witterungsbedingungen zu betrachten.

Alterseinfluss des Triebblängenwachstums

Im Mittel beträgt die jährliche Triebblänge der Fichte in den Jahren 2000 bis 2007 17 cm, es ist jedoch ein großer Alterseinfluss erkennbar. Während die Fichten bis 50 Jahre durchschnittlich 23 cm lange Triebe ausbilden, wachsen die Triebe der Bäume, die über 80 Jahre alt sind, nur 12,3 cm. Bäume zwischen 51 und 80 Jahren bilden im Durchschnitt Triebe mit 17,9 cm Länge. Die maximale Triebblänge liegt in den drei Altersklassen zwischen 79 cm (Altersklasse 1) und 50,7 cm (Altersklasse 3; Tab. 1).

Triebblängenwachstum der Fichte in den Jahren 2000 bis 2007

Nach einzelnen Trockenjahren, wie es z.B. 2003 in Mitteleuropa auftrat, ist eine sprunghafte Abnahme des Längenwachstums der Höhentriebe festzustellen (Abb. 2) [3, 6].

Betrachtet man die Triebblängen im Jahresverlauf 2000 bis 2007, so ist in allen drei Altersklassen ein ähnlicher Verlauf erkennbar. Die längsten Triebblängen wurden jeweils in den Jahren 2001 und 2002 ausgebildet. 2003 erfolgte eine leichte Reduktion des Triebblängenwachstums, das 2004 besonders stark ausgeprägt ist. In den Jahren 2005 bis 2007 steigt das Triebblängenwachstum im Vergleich zu 2004 wieder an, erreicht aber außer bei den ältesten Bäumen nicht das Niveau von 2001 und 2002.

Die stärkste Reduktion des Triebblängenwachstums wird bei den jüngsten Bäumen (0 bis 50 Jahre) gefunden.

Die Reduktion der Triebblängen im Jahr 2004 kann auch auf einer räumlichen Ebene

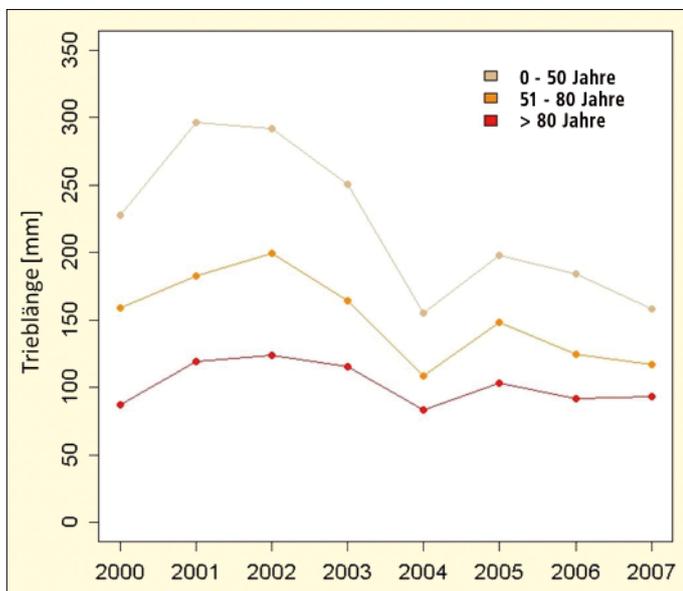


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf des Triebblängenwachstums der Fichte in drei Altersklassen. Nach dem Trockenjahr 2003 ist eine deutliche Abnahme des Längenwachstums der Höhentriebe festzustellen.

Tab. 1: Mittelwert, Median, maximale und minimale Triebblänge der Fichte (in mm) im Zeitraum 2000 bis 2007 in 3 Altersklassen

	Mittelwert	Median	Min TL	Max TL
Alle Bäume	170	152	13	790
0 bis 50 J.	230	216	14	790
51 bis 80 J.	179	168	20	642
über 80 J.	123	112	13	507

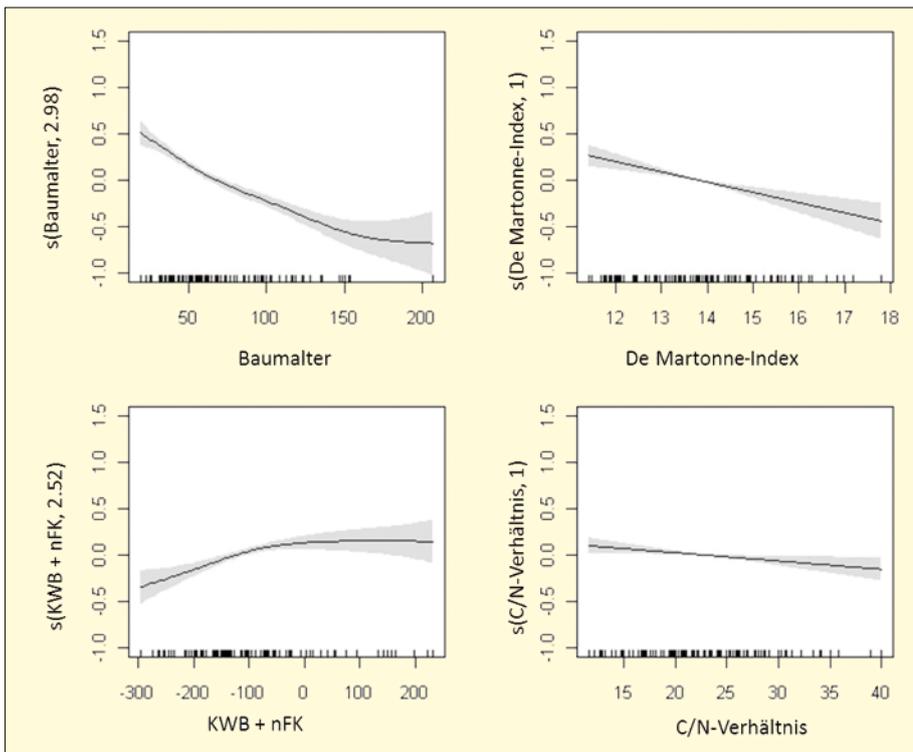


Abb. 3: Einfluss von Baumalter sowie den Standortvariablen Trockenheitsindex, klimatische Wasserbilanz plus nutzbare Feldkapazität (KWB + nFK) sowie das C/N Verhältnis des Oberbodens auf das Triebblängenwachstum

in den Bundesländern Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen betrachtet werden. Dabei ist besonders auffällig, dass die stärkste Reduzierung der Triebblängen im Mittelwestniedersächsischen und Ostniedersächsischen Tiefland sowie in der Rhein-Main-Ebene auftritt. In diesen Regionen werden im Mittel die längsten absoluten Triebblängen gebildet. Die geringste Reduktion hingegen lässt sich finden im Harz, Spessart, Taunus und Odenwald, wo die kürzesten absoluten Triebblängen gebildet werden.

Die Fichte zeigt in der Regel ein gebundenes Triebwachstum, d.h. die Knospen für den nächsten Jahrestrieb werden bereits im Vorjahr angelegt und im folgenden Jahr als Jahrestrieb gestreckt [4, 7]. Das Triebblängenwachstum ist somit wesentlich durch die Umweltbedingungen im Vorjahr beeinflusst. Da die Fichte eine sehr trockenheitsempfindliche Baumart ist, ist anzunehmen, dass die Sommertrockenheit 2003 das Anlegen der Knospen für das kommende Jahr stark beeinflusst hat. Aus dem zeitlichen Verlauf lassen sich sehr deutlich die Effekte des warmen und trockenen Sommers 2003 im Triebblängenwachstum im Jahr 2004 erkennen. Aber auch die klimatischen Bedingungen während des Triebwachstums haben einen Einfluss auf die Triebblänge [7]. Daher ist das Triebblängenwachstum bereits 2003 im Vergleich zum Vorjahr reduziert.

Einfluss der Standortvariablen auf das Triebblängenwachstum

In einer statistischen Modellierung mit generalisierten additiven und gemischten Modellen wurden die einzelnen in ihrer mittelfristigen Ausprägung dargestellten Standortvariablen auf ihren signifikanten Einfluss auf das Triebblängenwachstum der Fichte getestet. Die Modellierung ergibt, dass das Triebblängenwachstum durch die Variablen Baumalter ($p < 0,0001$), den Trockenheitsindex nach DE MARTONNE ($p < 0,0001$), der klimatischen Wasserbilanz plus nutzbare Feldkapazität (KWB + nFK; $p < 0,0001$) sowie dem C/N-Verhältnis des Oberbodens ($p < 0,0145$) bestimmt wird (Abb. 3). Allen anderen Variablen konnte kein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden.

Demzufolge ist für das mittelfristige Triebblängenwachstum der Fichte eine ausreichende Wasserversorgung von großer Bedeutung, denn die Triebblängen nehmen mit steigender KWB + nFK zu. Aber auch die mittlere Temperatur in der Vegetationszeit spielt eine Rolle, wie der Einfluss des DE MARTONNE-Indexes zeigt. Hier wird deutlich, dass die Triebe mit steigenden Temperaturen und verhältnismäßig wenigen Niederschlägen länger sind als bei geringen Temperaturen und hohen Niederschlägen. Dieses zunächst widersprüch-

lich erscheinende Ergebnis zeigt, dass im langjährigen Mittel von 1980 bis 2010 das Triebblängenwachstum vermutlich nicht durch geringe Niederschläge begrenzt war und warme Temperaturen das Triebblängenwachstum förderten. Wenn nun aber wie im Jahre 2003 eine starke Sommertrockenheit auftritt, reagiert die Fichte als trockenheitsempfindliche Baumart mit kürzeren Trieben und Vitalitätseinbußen.

Folgerungen

Es konnte in dieser Untersuchung gezeigt werden, dass sich trockene, niederschlagsarme Sommer wie im Jahr 2003 negativ auf die Vitalität der Fichten auswirken und das Triebblängenwachstum in den folgenden Jahren stark eingeschränkt ist. Temperatur und Wasserverfügbarkeit sind wichtige Einflussfaktoren für das Triebblängenwachstum der Fichte. Vor allem im Tiefland hat die Fichte eine sehr deutliche Reaktion gezeigt.

In Hinblick auf mögliche Klimaveränderungen hin zu erhöhten Temperaturen und Trockenperioden im Sommer [8] muss die Trockenheitsempfindlichkeit der Fichte beachtet werden. Trotz der Hinweise auf die Bedeutung des Wasserhaushalts beeinflusst das Alter der Bäume das Triebblängenwachstum stark (Abb. 3) und kann somit andere Zusammenhänge überdecken.

Literaturhinweise:

- [1] ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (2003): Forstliche Standortsaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 6. Auflage, Eching bei München: IHW-Verlag, 352 S.
 [2] BMVEL (2011): Waldzustandsbericht. <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Wald-Jagd/WaldBodenZustand/Waldzustand2011.html>.
 [3] DAMMANN, I.; KUHR, M.; FRIEDHOFF, T.; PAAR, U.; EICHHORN, J. (2009): Methoden zur Vermessung der Triebblängen von Buche und Eiche. In Forst und Holz 64 (10), S. 26-31.
 [4] DOBBERTIN, M. (2005): Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review. In European Journal of Forest Research 124 (4), S. 319-333.
 [5] EICHHORN, J.; ROSKAMS, P.; FERRETTI, M. (2010): Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. 49 pp. Manual Part IV. In: Manual on methods and criteria for Harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg. (<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>).
 [6] EICHHORN, J.; DAMMANN, I.; SCHÖNFELDER, E.; ALBRECHT, M.; BECK, W.; PAAR, U. (2008): Untersuchungen zur Trockenheitstoleranz der Buche am Beispiel des witterungsextremen Jahres 2003. In: Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Beiträge aus der NW-FVA, Bd. 3, 109-134.
 [7] GRÜBER, F. (1990): Verzweigungssystem, Benadelung und Nadelfall der Fichte (Picea abies). Basel: Birkhäuser, 135 S.
 [8] IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/syr/ar4_syr.pdf.
 [9] MARTONNE, E. DE (1926): Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. In La Météorologie 2, S. 449-458.
 [10] R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011): R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
 [11] ROLOFF, A. (2001): Baumkronen – Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Stuttgart: Eugen Ulmer, 164 S.
 [12] ROLOFF, A. (2004): Bäume – Phänomene der Anpassung und Optimierung: Ecomed, 276 S.
 [13] SOLBERG, S. (2004): Summer drought: a driver for crown condition and mortality of Norway spruce in Norway. In Forest Pathology 34 (2), S. 93-104.
 [14] SUTMÖLLER, J.; SPELLMANN, H.; FIEBIGER, C.; ALBERT, M. (2008): Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Buchenwälder in Deutschland. In Beiträge aus der NW-FVA 3, S. 135-158.