

Fichten und Buchen bei Trockenheit im Rein- und Mischbestand

Zur Erforschung der Auswirkungen längerer Trockenperioden wurden mittelalte Rein- und Mischbestände fünf Jahre lang im Sommer ausgetrocknet und ab Sommer 2019 bewässert. Während der Trockenphase verloren die Fichten im Mittel 54 % Zuwachs, die Buchen nur 18 %. Eine Mischung der Baumarten verringerte den Zuwachsverlust der Fichte um 28 %. Zuwachsreduktionen im Oberstand wurden durch stabilere Zuwächse im Zwischenstand teilweise kompensiert. Auf das Ende der Austrocknung reagierten die Buchen schneller, bei Fichten dauert die Erholung an.

TEXT: HANS PRETZSCH, FLORIAN MOTTE, THORSTEN E. E. GRAMS, KARIN PRITSCH, THOMAS RÖTZER, BENJAMIN D. HESSE, KARL-HEINZ HÄBERLE

Einzelne Trockenjahre können den Zuwachs der Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche um bis zu 50 % reduzieren [20, 40] und die Mortalität signifikant erhöhen [1, 2, 23, 33]. Die relativen Zuwachseinbußen fallen häufig auf zuvor gut mit Wasser versorgten Standorten empfindlicher aus als auf trockeneren Standorten, auf denen Bäume sich an die Trockenheit gewöhnen konnten [8, 31].

Das KROOF – Dachexperiment im Kranzberger Forst

Vergleichsweise wenig ist bisher über die Effekte längerfristiger und wiederholter Trockenheiten bekannt, also über die Auswirkungen ganzer Serien von Trockenjahren, wie sie in Zukunft erwartet werden [28, 34]. Erste Aufschlüsse über die Zuwachsschäden in solchen Fällen und eventuelle Anpassungs- und Erholungsreaktionen gibt das vor zehn Jahren angelegte Dachexperiment KROOF [15, 23, 25] im Kranzberger Forst bei Freising (Abb. 1). Dort wurden sechs Parzellen mit etwa 80-jährigen Fichten und Buchen im Rein- und Mischbestand durch Überdachung ausgetrocknet (Regenausschluss, A) und mit sechs benachbarten Parzellen (Kontrolle, K) verglichen. Die Austrocknung erfolgte von 2014 bis 2018, also über fünf Jahre hinweg. Die Dächer mit regengesteuertem Schließmechanismus waren während der Vegetationsperiode von April bis Oktober bei Niederschlagsereignissen geschlossen. Über den Winter wurde der Niederschlag zur Auffüllung des Bodenwasserspeichers



Abb. 1: Austrocknung und Bewässerung von Fichten und Buchen im Rein- und Mischbestand im Kranzberger Forst: (o.) Einrichtung der Überdachungen im Jahr 2013 und Austrocknung in der Periode 2014 bis 2018, (l. u.) Bewässerung im Jahr 2019 auf den sechs zuvor ausgetrockneten Parzellen, (r. u.) gleichmäßige Bewässerung durch flächendeckende Perlschläuche

Fotos: L. Steinacker, K.-H. Häberle

zugelassen. Seit 2016 werden die Fichten sowohl auf den Kontroll- als auch auf den Regenausschlussflächen jährlich im Frühjahr zur Vermeidung von Borkenkäferbefall mit einem Insektizid besprüht, nachdem einige befallene Fichten entfernt werden mussten. Ab Sommer 2019 wurden die Parzellen bewässert.

Das KROOF-Experiment zeigt, wie der Zuwachs von Fichten und Buchen auf längerfristige Trockenheit reagiert, wie die Artenmischung die Zuwachsreaktionen modifiziert und wie sich beide Arten bei anschließender Bewässerung erholen.

Abb. 2 zeigt die Entwicklung des Niederschlags (Säulen) und der Tempera-

„Die Zuwachsrückgänge können bei einer Folge von Trockenjahren deutlicher ausfallen als in einzelnen Extremjahren.“

HANS PRETZSCH

tur (Linie) von 1998 bis 2019. Demnach gab es in den zurückliegenden Jahren sowohl normale als auch besonders feuchte und besonders trockene Jahre, z. B. 2003 (gestrichelte Linie). Im Mittelpunkt dieser Auswertung standen die Jahre 2014 bis 2018. Die meteorologischen Daten in Abb. 2 stammen von

Schneller ÜBERBLICK

- » **Zur Erforschung der Auswirkungen wiederholter längerer Trockenperioden** wurden mittelalte Rein- und Mischbestände fünf Jahre lang im Sommer ausgetrocknet und ab Sommer 2019 kontrolliert bewässert
- » **Die Untersuchungen des KROOF-Experiments** zeigen, dass die Zuwachsrückgänge bei einer Aufeinanderfolge von Trockenjahren deutlicher ausfallen können als in einzelnen Extremjahren
- » **Im Mittel fiel der Durchmesserzuwachs der Fichte** mit Beginn der Austrocknung steil unter das Niveau der Kontrolle, stabilisierte sich dann aber auf geringem Niveau
- » **Der Durchmesserzuwachs der ausgetrockneten Buche** ging weniger stark zurück und pendelte sich schneller unter dem Niveau der Kontrolle ein
- » **Die Mischung verringerte den Zuwachsverlust der Fichte** signifikant und nicht etwa auf Kosten der Buche

Zuwachseinbußen von Fichte und Buche

Tab. 1: Zuwachseinbußen der Baumarten Fichte und Buche insgesamt und unter Berücksichtigung der Nachbarschaft (Reinbestand versus Mischung)

Baumart, Mischung	Verlust an Grundflächenzuwachs der Bäume in der Austrocknungsperiode 2014–2018 [%]
Fichte im Mittel	54
Fichte neben Fichte	81
Fichte neben Buche	28
Buche im Mittel	18
Buche neben Buche	18
Buche neben Fichte	19

der Waldklimastation Freising und wurden dankenswerterweise von der LWF in Freising/Weihestephan zur Verfügung gestellt. Weitere Informationen zur Versuchsanlage im Kranzberger Forst, zu den Standorten, der Technik, der Austrocknung und zum Baum- und Bestandeswachstum finden sich bei Göttlein et al., Häberle et al., Pretzsch et al. und Grams et al. [41–45].

Der Effekt der Austrocknung, beginnend im Jahr 2014, zeigt sich durch den deutlichen Rückgang des Niederschlags auf weniger als ein Viertel des vorherigen langjährigen Mittels (graue Säulen im Vergleich zu schwarzen Säulen).

In den Jahren der Austrocknung (2014 bis 2018) zeigen die schwarzen

Säulen den Niederschlag auf den Kontrollflächen an, die grauen Säulen zeigen den Niederschlag auf den Austrocknungsflächen an.

Zuwachsreaktionen auf 5-jährige Austrocknung

Die Austrocknung im Jahr 2014 ergab eine deutliche Abnahme des Durchmesserzuwachses bei den ausgetrockneten Fichten und Buchen (Abb. 4 links, gestrichelte Linien) im Vergleich zu den Kontrollen (K, durchgezogene Linien). Im Mittel fiel der Durchmesserzuwachs der Fichte mit Beginn der Austrocknung steil unter das Niveau der Kontrolle, stabilisierte sich dann auf

Jahrestemperaturen und –niederschläge im Kranzberger Forst

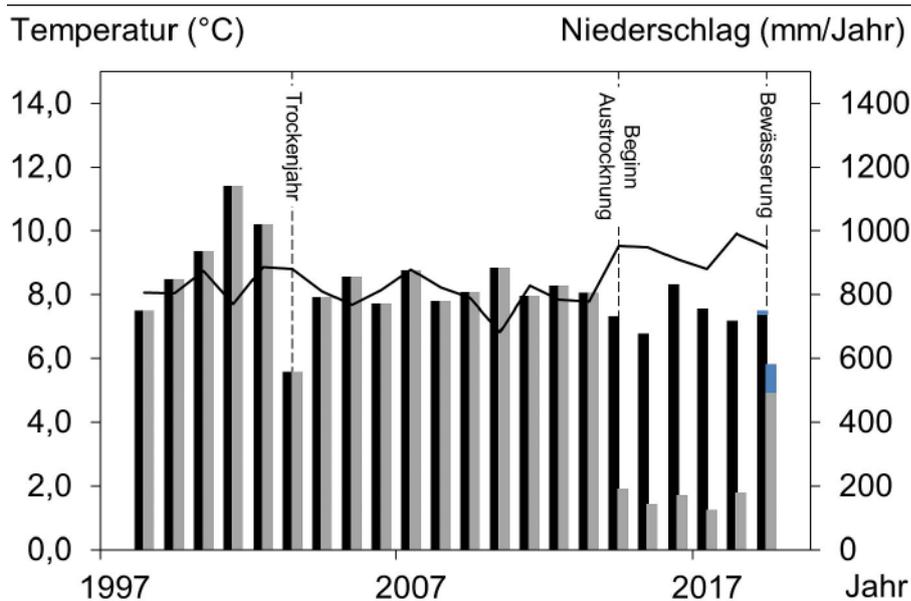


Abb. 2: Mittlere Jahrestemperaturen (Linie) und Jahresniederschläge (schwarze Säulen: Niederschlag auf Kontrollflächen, graue Säulen: Niederschlag auf Austrocknungsflächen, blaue Markierung: Anteil der Bewässerung an der Niederschlagsmenge auf Kontrollflächen und Austrocknungsflächen) für den Kranzberger Forst von 1998 bis 2019. Das Trockenjahr 2003, der Beginn der Austrocknung 2014 und die Entfernung der Überdachung und Bewässerung sind durch vertikale Linien hervorgehoben.



Fotos: K.-H. Häberle

Abb. 3: Wirkung der fünfjährigen Austrocknung auf die Trieb­längen und Zapfen der Fichten: Die Länge der Höhen- und Seitentriebe wird geringer (l. u., r. o.); die Zapfengröße nimmt durch die Austrocknung ab (r. u.).

geringem Niveau bis zu einer erkennbaren Erholung kam. Während der Austrocknung (2014 bis 2018) erreichte die Fichte nur etwa die Hälfte des Durchmesserzuwachses der Kontrollgruppe und blieb auch nach der Bewässerung deutlich hinter den Kontrollbäumen zurück.

Der Durchmesserzuwachs der ausgetrockneten Buche ging weniger stark zurück und pendelte sich schneller unter dem Niveau der Kontrolle ein. Eine deutlich erkennbare Anpassung und Erholung setzte schon vor Beginn der Bewässerung 2019 ein und

der Durchmesserzuwachs der behandelten Bäume erreichte 2019 schon wieder fast das Niveau der Kontrollgruppe. Tab. 1 zeigt, dass der Grundflächenzuwachs in der 5jährigen Austrocknungsperiode 2014 bis 2018 bei den Fichten im Mittel um 54 % zurückgegangen ist, bei den Buchen dagegen nur um 18 %. Die prozentualen Einbußen beziehen sich auf den Zuwachs in der dreijährigen, ungestörten Vorperiode von 2011 bis 2013. Besonders interessant ist, dass die Fichten im Reinbestand im Mittel 81 % ihres Zuwachses verloren, wenn sie in Nachbarschaft

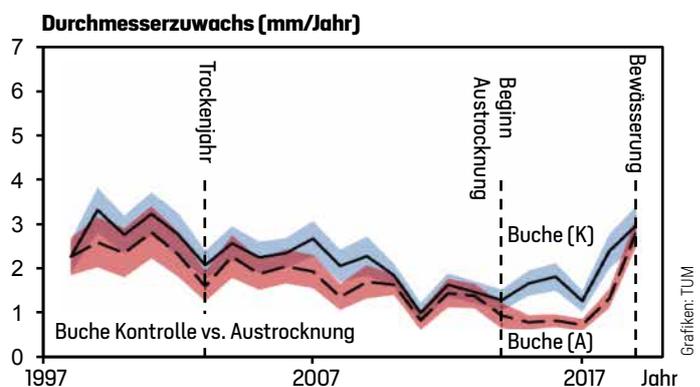
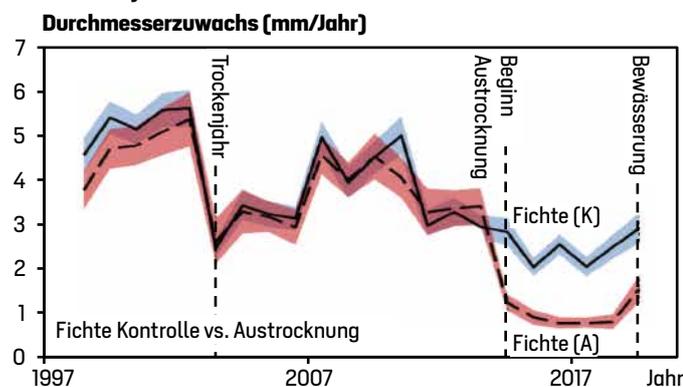
von Buchen wuchsen, dagegen nur 28 % an Zuwachs durch die Trockenheit einbüßten. Bei der Buche bestanden dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Einbußen im Rein- und Mischbestand. Das heißt, die Stressminderung bei den Fichten in Mischung mit Buche ging nicht zulasten des Zuwachses der benachbarten Buchen.

Abb. 5 links zeigt, dass der Volumenzuwachs des Fichtenreinbestandes durch die Austrocknung im Mittel von 9,6 auf 3,6 m³/ha/a, also um 63 %, abnahm. In der fünfjährigen Trockenperiode akkumulierte sich ein Zuwachsverlust von 30,4 m³/ha. Bei der Buche (Abb. 5 rechts) ging der Bestandeszuwachs nur von 7,0 auf im Mittel 4,0 m³/ha/a zurück, d. h. um 43 %. Der in den Jahren 2014 bis 2018 akkumulierte Zuwachsverlust beträgt bei der Buche deshalb nur 15,2 m³/ha. Das Ende der Austrocknung mit Bewässerung im Jahr 2019 äußerte sich bei der Fichte (Abb. 5 links) in einer deutlichen Aufwärtsbewegung des Zuwachses, wobei das Niveau der Kontrollfläche aber bei Weitem nicht wieder erreicht wurde. Der Zuwachs des zuvor ausgetrockneten Buchenbestandes stieg wieder annähernd auf das Niveau der Kontrollfläche an (Abb. 5 rechts).

Bedeutung für die Praxis

Die Zuwächse vieler Bestände in Mitteleuropa verlaufen auf einem erhöhten und weiter steigenden Niveau, das als neue Normalität angesehen werden kann [11, 24, 37]. Bei der mehrjähri-

Mittlerer jährlicher Durchmesserzuwachs



Grafikern: TUW

Abb. 4: Mittlerer jährlicher Durchmesserzuwachs (\pm Standardfehler) der Einzelbäume der Fichte (l.) und Buche (r.) auf den ausgetrockneten Parzellen (A) im Vergleich zu den Kontrollflächen (K). Das Trockenjahr 2003, der Beginn der Austrocknung 2014 sowie das Ende der Austrocknung mit Bewässerung sind durch vertikale Linien hervorgehoben.

Laufender jährlicher Volumenzuwachs

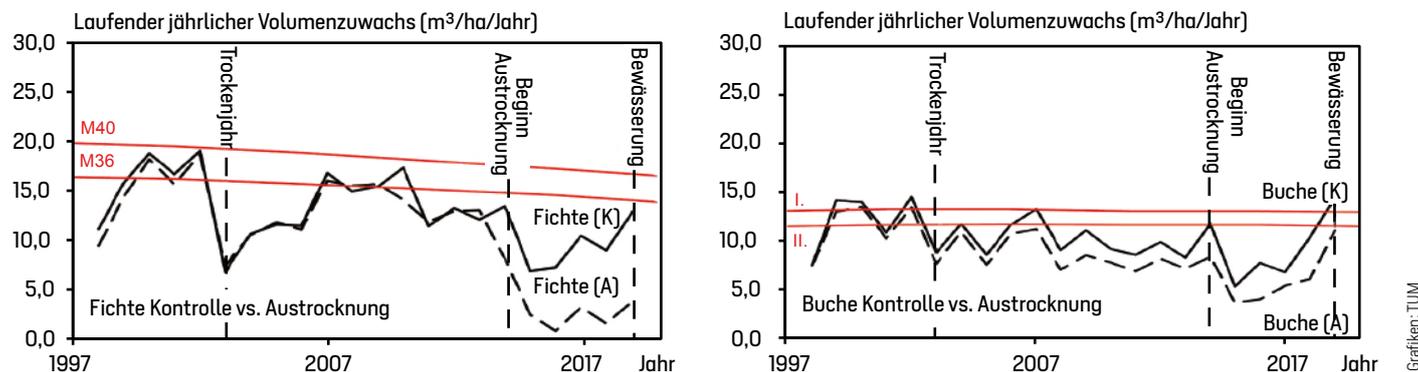


Abb. 5: Laufender jährlicher Volumenzuwachs pro ha von Fichte (l.) und Buche (r.) auf den ausgetrockneten Parzellen (A) im Vergleich zu den Kontrollflächen (K). Zusätzlich ist in Rot das Zuwachsniveau der Ertragstafel (ET für Fichte M40 und M36; ET für Buche I. und II.) dargestellt. Das Trockenjahr 2003, der Beginn der Austrocknung 2014 sowie das Ende der Austrocknung mit Bewässerung sind durch vertikale Linien hervorgehoben.

gen Austrocknung fiel der Bestandeszuwachs allerdings, insbesondere bei der Fichte, deutlich unter das Niveau der Erwartungswerte nach den Ertragstafeln (Fi im Alter 65, M40 = 17,4 Fm/ha/a; Bu im Alter 85, I. = 12,0 Fm/ha/a) ab. Die Untersuchungen des KROOF-Experiments zeigen, dass die Zuwachsrückgänge bei einer Aufeinanderfolge von Trockenjahren deutlicher ausfallen können als in einzelnen Extremjahren.

Die wichtigsten waldbaulichen Maßnahmen, die zur Anpassung an den Klimawandel und an den zunehmenden Trockenstress eingesetzt werden, sind die Reduktion der Bestandesdichte bei Durchforstungen [14, 35, 36], die waldbauliche Förderung besonders widerstandsfähiger Individuen [18, 21, 26], die Bestandesbegründung mit stressresistenten und resilienten Provenienzen der gegenwärtig vorherrschenden Baumarten [16, 30, 38] und die Einführung seltener heimischer oder fremdländischer Baumarten [5, 17]. Die Wirkung vieler dieser Maßnahmen wird gegenwärtig noch kontrovers diskutiert, es besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Der Übergang zu Mischbeständen ist dagegen kaum umstritten, weil damit nicht nur die Trockenresistenz erhöht [3, 27], sondern auch viele andere Ökosystemdienstleistungen verbessert werden können [6, 13]. Nach den Ergebnissen aus KROOF verringerte die Mischung den Zuwachsverlust

der Fichte signifikant, und das nicht etwa auf Kosten der Buche. Offenbar kann Mischung den Trockenstress und die Zuwachseinbußen reduzieren, wenn die Arten in der Wasseraufnahme räumlich oder zeitlich komplementär sind. Das trifft beispielsweise zu, wenn Arten wie Fichte und Buche verschiedene Bodenhorizonte für die Wasseraufnahme erschließen oder wenn immergrüne Arten von dem zeitlich versetzten Laubaustrieb, Wasserbedarf und Zuwachsbeginn der Laubbaumarten im Frühjahr begünstigt werden [4, 23, 27, 29]. Dadurch können trockenheitsbedingte Vitalitäts- und Zuwachsverluste in einzelnen Trockenjahren in gewissem Umfang gemindert werden.

Die Untersuchung unterstreicht weiter, dass der Zuwachsrückgang in einzelnen Trockenjahren und im ersten Jahr der Austrocknung besonders deutlich ausfällt, dann bei längerer Austrocknung aber eine gewisse Stabilität erkennen lässt. Nach fünfjähriger Austrocknung zeigen beide Baumarten, insbesondere aber die Buche, die Fähigkeit zur Erholung und eine Annäherung an das alterstypische Zuwachsniveau. Die Ursachenfindung für diese Erholung sind ein wichtiger

Forschungsschwerpunkt. Einblicke in die zugrunde liegenden Mechanismen werden die waldbauliche Planung auf eine solidere Wissensbasis stellen.



Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Pretzsch
Hans.Pretzsch@tum.de

leitet den Lehrstuhl für Waldwachstumskunde an der Technischen Universität München (TUM). **Florian Motte** ist Doktorand an dem Lehrstuhl. **Prof. Dr. Thorsten Grams** ist Teil der Arbeitsgruppe Ökophysiologie der Pflanzen an der TUM. **Prof. Dr. Karin Pritsch** arbeitet am Institut für Biochemische Pflanzenpathologie, Helmholtz Zentrum München. **Prof. Dr. Thomas Rötzer** arbeitet ebenfalls am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde. **Benjamin Hesse** ist Doktorand in der Arbeitsgruppe Ökophysiologie der Pflanzen. **Dr. Karl-Heinz Häberle** arbeitet am Lehrstuhl für Renaturierungsökologie der TUM.

agrarboden.de
 Agrar- und Forstimmobilien seit 1960

Literaturhinweise:

Download des Literaturverzeichnisses unter:
www.forstpraxis.de/downloads

ww.brennerforst.de
 Forstmarkierung – Forstbekleidung