



Klimasensitives Höhenwachstum der Eiche

Die Trauben- und die Stieleiche sind zwei heimische Baumarten, die aufgrund ihrer breiten ökologischen Amplituden und vergleichsweise hohen Trockenheitstoleranz im Klimawandel eine wichtige Rolle im Waldumbau spielen können. Wie sich ihr Höhenwachstum entlang eines klimatischen Gradienten und bei unterschiedlicher Bestandesstruktur verhält, wurde in einer Studie von Stimm et al. [22] anhand von Inventurdaten in Bayern untersucht.

TEXT: KILIAN STIMM, MICHAEL HEYM, ENNO UHL, STEFAN TRETTER, HANS PRETZSCH

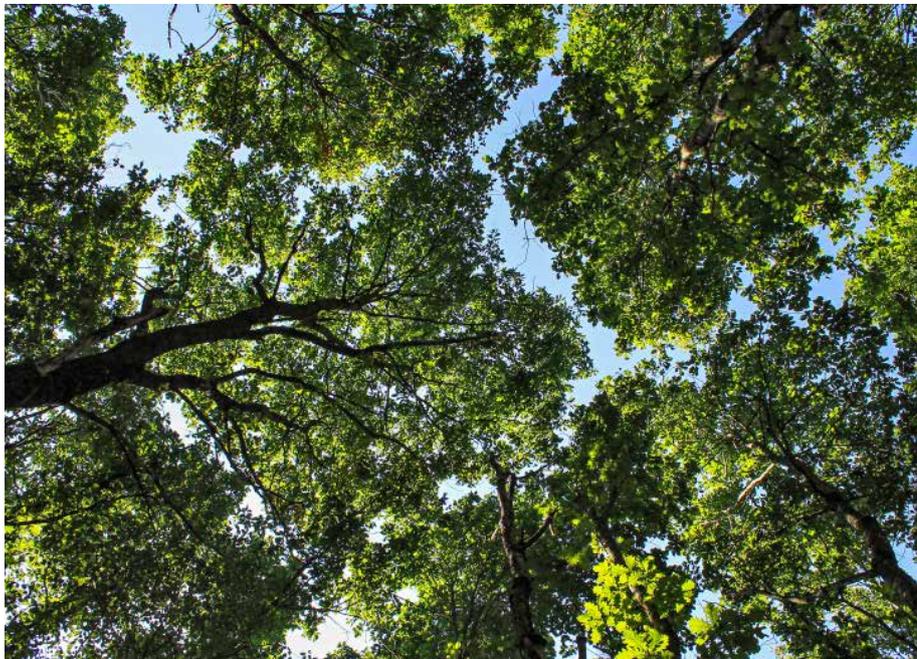


Foto: M. Steckel

Abb. 1: Blick in die Kronen eines Eichenbestands

Mit dem Klimawandel nehmen die Herausforderungen für die heimische Forstwirtschaft zu. In diesem Zusammenhang leistet der Waldumbau hin zu strukturierten Mischbeständen aus mehreren Baumarten einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Erhöhung der Stabilität heimischer Wälder [5, 16].

Hintergrund „Herausforderung Klimawandel“

Die Beteiligung von Trauben- (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) und Stieleiche (*Quercus robur* L.) als trockenheitstolerante heimische Baumarten mit breiten ökologischen Amplituden kann dabei

eine wesentliche Rolle spielen [14]. Gleichzeitig sind die beiden Eichenarten in ihrem physiologischen Optimum außerhalb ihrer ökologischen Nische aktuell vergleichsweise konkurrenzschwach [15]. Eine waldbauliche Förderung zugunsten der Eiche, insbesondere gegenüber der Rotbuche, ist erforderlich.

Als ein wichtiger Faktor bestimmt unter anderem das Höhenwachstum die Leistungs- und Konkurrenzfähigkeit einzelner Bäume. Wie dieses von klimatischen und walddstrukturellen Gegebenheiten abhängt, wurde in einer Studie von Stimm et al. [22] anhand von Waldinventurdaten für die beiden Eichenarten untersucht. Der Fokus der

Schneller ÜBERBLICK

- » **Die Sommertemperatur** zeigte einen überwiegend positiven Effekt auf das Höhenwachstum der Eichen
- » **Der negative Effekt** einer geringeren Wasserverfügbarkeit überlagert den positiven Einfluss der Sommertemperatur
- » **Die lokale Bestandesdichte** wirkt sich überwiegend positiv auf die Baumhöhe aus
- » **Eine höhere vertikale** Bestandesstruktur beeinflusst die Eichenhöhen insbesondere in den Mischbeständen positiv

Untersuchung lag auf der Beschreibung des Effekts der Sommertemperatur, der Wasserverfügbarkeit und der Nährstoffversorgung auf das Höhenwachstum der Eichen. Zudem wurden Strukturvariablen, wie die Bestandesdichte und die vertikale Struktur in den Beständen, berücksichtigt. Betrachtet wurden sowohl Eichen in Rein- als auch in Mischbeständen.

Datengrundlage und Methode

Für die Analyse wurden Waldinventurdaten verwendet, die die bayerische Waldfläche mit ihrem großen standörtlichen Gradienten und dabei im Wesentlichen das Wuchsoptimum der beiden

Auswirkungen von Sommertemperatur, Wasserbilanz und Basensättigung

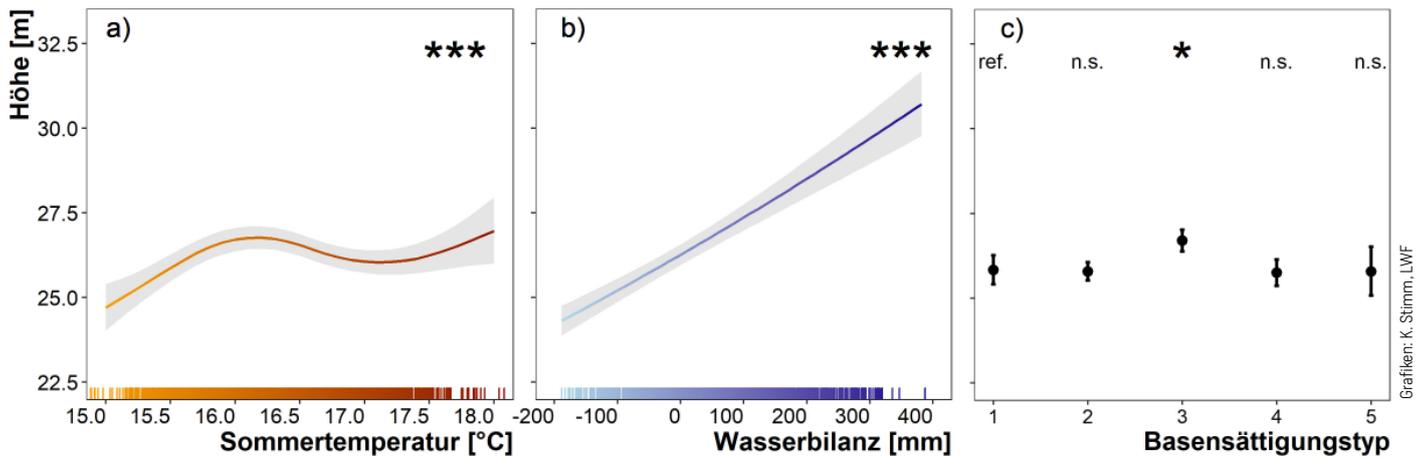


Abb. 2: Effekt der Sommertemperatur (a), der Wasserbilanz (b) und der Basensättigung (c) auf die Baumhöhen der untersuchten Eichen im Reinbestand

Eichenarten abdecken. Nach einer Kategorisierung der Inventurdaten in Rein- (Baumartenanteil Eiche > 90 %) und Mischbestände (Baumartenanteil Eiche + 1 Mischbaumart > 90 %) und Selektion der Höhenmessbäume wurden insgesamt 23.607 Höhenmessungen von hauptständigen Eichen für die statistischen Auswertungen herangezogen. Davon waren 9.166 Messungen in Rein- und 14.441 Messungen in Mischbeständen. Die in der Studie untersuchten 2er-Mischungen setzten sich jeweils aus Eiche (beide Eichenarten) mit Buche (*Fagus sylvatica* L.), Kiefer (*Pinus sylvestris* L.), Hainbuche (*Carpinus betulus* L.), Linde (*Tilia spec.*) und Esche (*Fraxinus excelsior* L.) zusammen. Die beiden Eichenarten wurden in der Studie zusammengefasst, da eine Unterscheidung aufgrund der Datenverfügbarkeit nicht möglich war.

Für die Umweltvariablen wurden regionalisierte Standorts- und Klimadaten des Bayerischen Standortinformationssystems (BaSIS) verwendet, die für jeden Inventurpunkt vorlagen. Die Sommertemperatur lag demnach über alle Messungen im Durchschnitt bei 16,4 °C. Die Wasserbilanz in der Vege-

tationsperiode, die sich aus der Differenz der klimatischen Wasserbilanz und der nutzbaren Feldkapazität errechnet, lag im Mittel bei 35,1 mm. Über alle Baumartenmischungen hinweg lag der Schwerpunkt der auf einer mittleren Basensättigung [13]. Die mittlere Bestandesdichte, bei einem Indexdurchmesser des Bestands von 25 cm (SDI, [20]) auf den untersuchten Inventurpunkten, lag bei 882,5 Bäumen/ha. Die Berechnung für die Mischbestände erfolgte durch Aufsummieren der art-spezifischen Dichte unter Berücksichtigung der arteigenen räumlichen Ansprüche [19].

Für die statistischen Analysen wurde ein verallgemeinertes additives gemischtes Modell (GAMM) verwendet. Dabei wurde die Baumhöhe als eine Funktion aus Alter, Sommertemperatur, Wasserbilanz, Basensättigung, Bestandesdichte, vertikaler Struktur und geografischer Lage geschätzt. Basensättigung und vertikale Struktur gingen dabei als kategorielle Variablen und alle anderen als nicht lineare Glättungsfunktionen in das Modell ein. Zur Berücksichtigung von räumlicher und zeitlicher Autokorrelation wurden die

Zufallseffekte auf Baum- und Inventurpunktebene gesetzt.

Effekt von Sommertemperatur und Wasserbilanz

Die Modellergebnisse ergaben, dass mit steigenden Sommertemperaturen die untersuchten Eichen in den Reinbeständen im Untersuchungsgebiet eine größere Baumhöhe erreichten. Dieser positive Effekt konnte insbesondere bis zu einer Sommertemperatur von 16,4 °C beobachtet werden. Ein sich andeutender positiver Trend bei Temperaturen > 17,5 °C war statistisch nicht belegt (Abb. 2a). Frühere Studien konnten ebenfalls positive Effekte der Temperatur auf das Höhenwachstum von Eichen [7] und anderen Baumarten [1, 8] finden.

Deutlicher ist der positive Effekt der Wasserbilanz auf die Eichenhöhen (Abb. 2b). Dieser ist stärker als der Einfluss der Sommertemperatur und verhält sich linear in dem in der Studie betrachteten Wertebereich von -200 bis 400 mm. Dabei muss beachtet werden, dass das Risiko für ein hohes Wasserdefizit für die Eiche und Kiefer bei -500 mm und für die Buche bei -400 mm liegt [2], was in der Studie nicht beobachtet werden konnten.

Umwelt- und Strukturvariablen

Tab. 1: Überblick über die Umwelt- und Strukturvariablen für die untersuchten Inventurpunkte

Variable	Einheit	Mittel	Min	Max	Sd
Sommertemperatur (Temp)	°C	16,4	13,1	18,1	0,5
Wasserbilanz in Veg. periode (WB)	mm	35,1	-196,1	400	68,3
Bestandesdichte (SDI)	n ha ⁻¹	882,5	5,1	2989,7	397,7
Breitengrad	°		47,7	50,6	
Längengrad	°		9,1	13,7	

Der vorliegende Beitrag stellt wesentliche Ergebnisse von Stimm et al. [22] in komprimierter Form dar. Für detailliertere Informationen wird auf den Originalartikel verwiesen. Die Studie ist im Rahmen eines Forschungsprojekts zum „Entwicklungspotenzial der Eiche“ entstanden, das von der Bayerischen Forstverwaltung gefördert wurde. Ein besonderer Dank gilt dem Thünen-Institut und den Bayerischen Staatsforsten, die die Inventurdaten für die Analysen bereitgestellt haben. Ebenso sei dem Projektpartner, der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, gedankt, die die Daten des Bayerischen Standortinformationssystems zur Verfügung gestellt haben.



Auswirkung der Bestandsdichte

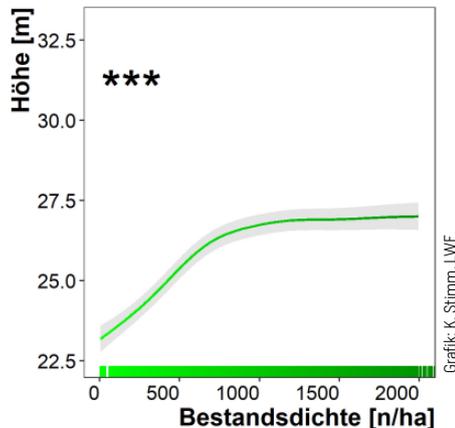


Abb. 3: Effekt der Bestandsdichte auf die Eichenhöhen im Reinbestand

Daraus ergibt sich für alle betrachteten Mischungen im langfristigen Mittel ein moderates Wasserdefizitrisiko. Neben dem grundsätzlichen Zusammenhang von Produktivität und Wasserverfügbarkeit [8, 22] scheint dieser unter anderem durch eine veränderte Ressourcenallokation verstärkt zu werden. So konnte beispielsweise schon für junge Eichen ein überproportionales Wurzelwachstum in Relation zum Sprosswachstum zur Aufrechterhaltung der Wasserversorgung beobachtet werden [6].

Die Basensättigung hingegen hat auf die Eichenhöhen einen vergleichsweise geringen Effekt, der sich lediglich durch ein verbessertes Höhenwachstum bei einer mittleren Basenausstattung des Standorts zeigt (Abb. 2c).

Lokale Bestandesstruktur als modifizierender Faktor

In der Studie wurde zudem untersucht, wie die Bestandsdichte das Wachstum beeinflusst (lokale Bestandsdichte). Die Bestandsdichte modifizierte das Höhenwachstum der Eichen in Reinbeständen bis zu einem Bestandsdichte-Index (SDI) von 800 Bäumen/ha positiv. Der beobachtete Effekt hat einen asymptotischen Verlauf, wie er schon für den grundsätzlichen Dichte-Höhen-Zusammenhang beschrieben wurde (Abb. 3) [3]. Ein wichtiger Grund für diesen Zusammenhang scheint die Konkurrenz um Licht zu sein [11]. Dies scheint insbesondere dann der Fall, wenn Standortfaktoren nicht limitierend

Auswirkung der vertikalen Struktur

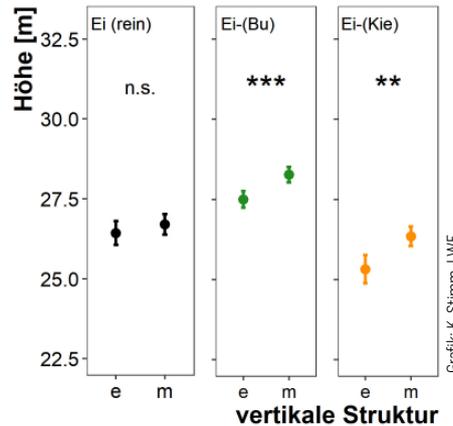


Abb. 4: Effekt der vertikalen Struktur für drei Baumartenmischungen; einschichtige (e) bzw. mehrschichtige (m) Bestandssituation

sind [18]. In der Mischung mit Buche tritt dieser Effekt schon bei geringeren Bestandesdichten bis zu einem SDI von 500 Bäumen/ha ein. In der Eichen-Kiefer-Mischung ist dieser schwächer ausgeprägt, was daran zu liegen scheint, dass die Konkurrenz um Licht in der Mischung mit Kiefer nur in geringerem Maße vorhanden ist [9, 12]. Wachsen die Eichen in einem mehrschichtigen Mischbestand mit Buche und Kiefer, so sind diese höher als Eichen in einschichtigen Beständen. Dieser Effekt scheint mit einer Konkurrenzreduzierung im direkten Umfeld der betrachteten Eichen einherzugehen, die nicht durch die Bestandsdichte des Hauptbestands erklärt wird. In den Reinbeständen ist dieser Unterschied zwischen ein- und mehrschichtigen Bestandssituationen nicht zu beobachten (Abb. 4).

Höhenwachstumsverläufe im Vergleich

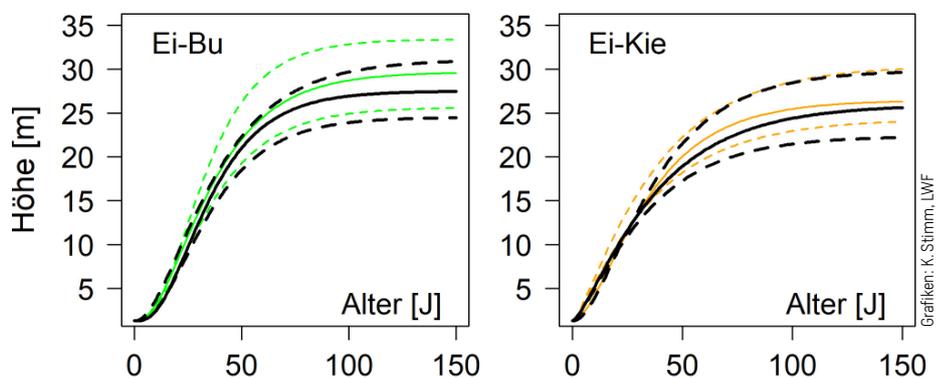


Abb. 5: Höhenwachstumsverläufe von Eiche (schwarz) und Buche (grün) sowie Eiche und Kiefer (orange) für trockene Standorte mit negativer Wasserbilanz (< 0 mm); dargestellt sind die 25-, 50- (durchgezogene Linie) und 75%-Quantile.

„Wollen wir vitale Eichen in der Baumartenpalette unserer Wälder erhalten oder etablieren, sollten wir sie auch weiterhin waldbaulich fördern.“

KILIAN STIMM

Waldumbau mit besonderer Berücksichtigung der Eiche

Das übergeordnete Ziel aktueller waldbaulicher Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel sollte die Etablierung strukturierter, gemischter Bestände mit hoher Vitalität sein, um Risiken zu minimieren und gleichzeitig die Biodiversität zu erhöhen [5]. Zu dieser Stärkung der klimatischen Anpassungsfähigkeit können die heimischen Eichenarten einen wertvollen Beitrag leisten.

Die beobachteten Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Eichen unter den aktuellen klimatischen Bedingungen selbst in den wärmsten und trockensten Gebieten Bayerns der Buche im Höhenwachstum noch unterlegen sind (Abb. 5). Eine klimatisch bedingte Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse

hinsichtlich des Höhenwachstums zugunsten der Eiche scheint sich erst bei höheren Temperaturen oder mit zeitlicher Verzögerung einzustellen [17]. Eine zunehmende Wasserknappheit mindert den positiven Effekt eines Temperaturanstiegs, was auch in Zukunft geringere Baumhöhen bei der Eiche erwarten lässt. Eine aktive Reduktion der Bestandsdichte könnte – neben der direkten Konkurrenzreduktion – helfen, diesen Effekt abzumildern.

Ungeachtet der beobachteten Höhenentwicklungen im langfristigen klimatischen Trend erwarten wir auch eine zunehmende Anfälligkeit der Mischbaumarten gegenüber Trocken- und Hitzeschäden [19]. Insbesondere auf häufigere und extremere Klimaereignisse scheint die Buche negativ zu reagieren [4]. Aktuelle Beobachtungen von vermehrten Schäden bei der Bu-

che, insbesondere in den vergangenen drei Jahren (2018 bis 2020), sind Indiz dafür. Dies kann zum einen eine interspezifische Konkurrenzreduktion zugunsten einzelner Eichen bedeuten und zeigt jedoch zum anderen auch die Notwendigkeit der Beteiligung von vitalen Eichen am Aufbau zukunftsfähiger Bestände, die relativ gesehen noch am besten mit Trockenereignissen zurechtgekommen sind.

Neben der Bedeutung der Eiche in heute schon warmen und trockenen Gebieten wird sie auch außerhalb dieser Gebiete auf vielen Standorten zunehmend an Relevanz gewinnen [10]. Ein möglicher Vitalitätsverlust der Eichen infolge von interspezifischer Konkurrenz, Trockenperioden oder auch Schadinsekten sollte deshalb durch waldbauliche Maßnahmen vermieden werden. Mit Blick auf eine mit großen Unsicherheiten behaftete klimatische Zukunft ist es sinnvoll und notwendig, die beiden Eichenarten als vitale und stabilisierende Bestandselemente in

Mischbeständen weiterhin zu fördern bzw. zu etablieren.



Kilian Stimm

kilian.stimm@tum.de

ist ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde an der Technischen Universität München, genauso wie **Michael Heym**.

Enno Uhl ist wissenschaftlicher Mitarbeiter dort. **Stefan Tretter** ist Leiter der Abteilung Waldbau und Bergwald an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.

Hans Pretzsch ist Leiter des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde an der Technischen Universität München.

Literaturhinweise:

Download des Literaturverzeichnisses unter www.forstpraxis.de/downloads



WALD-WIKI

Plattform für
Ihr Wissen
Ihren Wald
Ihre Region.



»Ich teile mein Wissen gern mit allen Aktiven im Wald und in der Forstwirtschaft.«

Das WALD-WIKI bietet mir eine ideale Plattform – online, benutzerfreundlich und mit größerer Reichweite als mein persönliches Netzwerk.«

Dr. Sebastian B.,
Forstexperte

Autor:in
werden

Autor:in werden oder
einfach mitlesen?

Infos
erhalten

WWW.WALD-WIKI.DE



»Nach dem letzten Sturm und starkem Borkenkäferbefall waren wir sehr unsicher, ob unser Waldstück betroffen ist und was wir ggf. tun müssen.

Im WALD-WIKI fanden wir konkrete regionale Informationen sowie praktische Tipps – und das Alles in für Laien verständlicher Form. Spitze!«

Kerstin & Bodo M.,
Waldbesitzende