

Durststrecken im Wald: Wie reagieren Buche und Eiche?



1 Trockenschäden bei Buche an der Waldklimastation Ebrach Foto: Hans-Peter Dietrich, LWF

Laura Wachtveitl, Klaas Wellhausen, Stephan Raspe, Lothar Zimmermann, Joachim Stiegler, Philipp Maldoner

Buche und Eiche zählen auf vielen Standorten weiter zu den Hoffnungsträgern im Klimawandel. Trockene Jahre hinterlassen aber auch bei diesen Baumarten Spuren. An den bayerischen Waldklimastationen (WKS) werden Umweltveränderungen und die Reaktionen der Bäume bereits seit über 30 Jahren beobachtet. Wie haben Buchen in den vergangenen Trockenjahren auf diesen Flächen reagiert? Zeigt sich eine anhaltende Vitalitätsschwäche der Bäume? Wie reagiert die Eiche im Vergleich zur Buche? Ein Blick in die Daten lohnt sich!

Seit 2018 häuften sich die Berichte über schwächelnde und gänzlich absterbende Buchen. Als Schwerpunkt des Schadgeschehens kristallisierte sich Unterfranken heraus, der klimatische »Hot-Spot« Bayerns. Dort sind mittlerweile auch vereinzelt Eichenbestände betroffen. Symptome der Vitalitätsschwäche sind unter anderem das frühzeitige Welken und Abwerfen von Blättern, das Zurücksterben der Krone bis hin zum Absterben des gesamten Baumes (Arend et al. 2022; George et al. 2022; Schmied et al. 2023b; Lobinger et al. 2024; Rukh et al. 2023). Meist weisen die betroffenen Bäume bereits eine Zuwachsreduktion in den vor-

herigen Jahren auf. Schäden treten vor allem in älteren und bereits aufgelichteten Wäldern auf, doch auch jüngere Bestände bleiben nicht verschont (Thierfelder 2020). Da Buche und Eiche wichtige Baumarten für den Waldumbau sind, ist es wichtig, die Schäden an diesen zu analysieren und richtig einzuwerten.

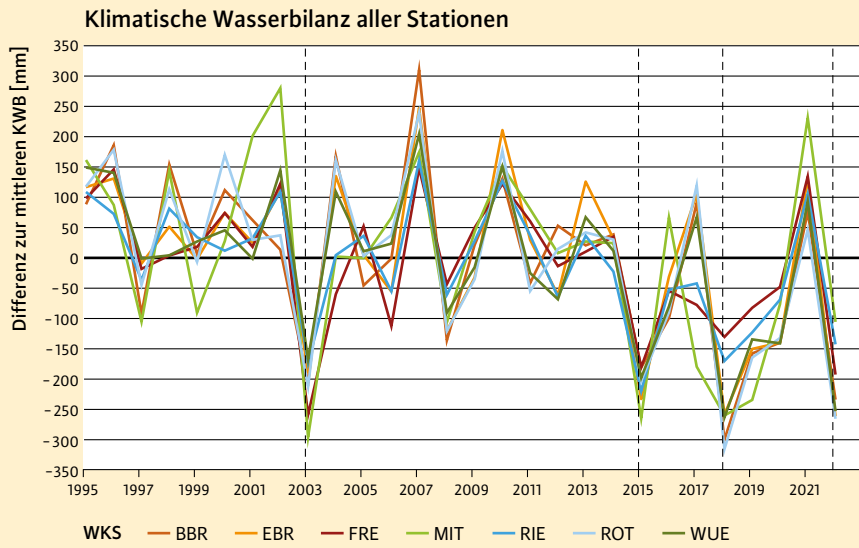
Forstliches Umweltmonitoring

Veränderungen der Umwelt und die Reaktionen der Bäume werden im forstlichen Umweltmonitoring erfasst. Mit Blick auf die Baumreaktionen stützt es sich im Wesentlichen auf zwei Säulen: Die jährliche Waldzustandserhebung (WZE, »Level 1«)

und das intensive Monitoring an den Waldklimastationen (»Level 2«). Die seit 1983 durchgeführte WZE erfasst den Vitalitätszustand von Bäumen an über 450 Inventurpunkten in Bayern (Maldoner 2024). Diese Erhebungen werden an den WKS durch intensive Messungen u. a. zur Meteorologie, zum Wasser- und Stoffhaushalt und zum Baumwachstum ergänzt. Durch die kontinuierliche Zeitreihe sind die gewonnenen Daten eine wertvolle Referenz. Zudem eignen sie sich durch ihre räumliche Verteilung in ganz Bayern sehr gut für Vergleiche zwischen verschiedenen Standorten und Baumarten. Abgeleitet aus der Baumartenzusammensetzung in der herrschenden Schicht, wurden die WKS Bad Brückenau, Ebrach und Mitterfels als Buchenstationen und die WKS, Riedenburg, Rothenbuch und Würzburg als Eichenstationen festgelegt. Freising fungiert sowohl als Buchen- wie auch als Eichenstation.

Wann ist trocken »zu trocken«?

Eine allgemeingültige Definition des Begriffs »Trockenjahr« existiert im Grunde nicht. Allein schon in der Meteorologie gibt es verschiedene Methoden, um zu beurteilen, wie trocken ein Jahr im Vergleich zu anderen war. Eine mögliche Annäherung ist die Klimatische Wasserbilanz (KWB): Diese berechnet sich aus der Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung. Verdunstet aufgrund hoher Temperaturen mehr Wasser als durch den gefallenen Niederschlag verfügbar ist, wäre die KWB dieses Standorts negativ. Für die Pflanzen bedeutet das: Stress durch zu wenig Wasser. Die Bodenverhältnisse und der spezifische Wasserbedarf der einzelnen Baumarten bleiben bei dieser Berechnung zunächst unberücksichtigt. Genau darin liegt der Vorteil der KWB. Sie benötigt wenig Eingangsgrößen, ist vergleichsweise einfach zu berechnen und lässt regionale Vergleiche zu (Zimmermann et al. 2020). Detailliertere Betrachtungen zur standörtlichen und baumartenspezifischen Wasserbilanz erfordern hingegen aufwändigere Wasserhaushaltsmodellierungen, wie zum Beispiel das Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 (Hammel und Kennel 2001). Betrachten wir für die ausgewählten Stationen in Abbildung 2 zunächst den Verlauf der KWB seit 1995, stechen die Jahre 2003, 2015, 2018 und 2022 durch deutliche Ausschläge der Kurven nach unten

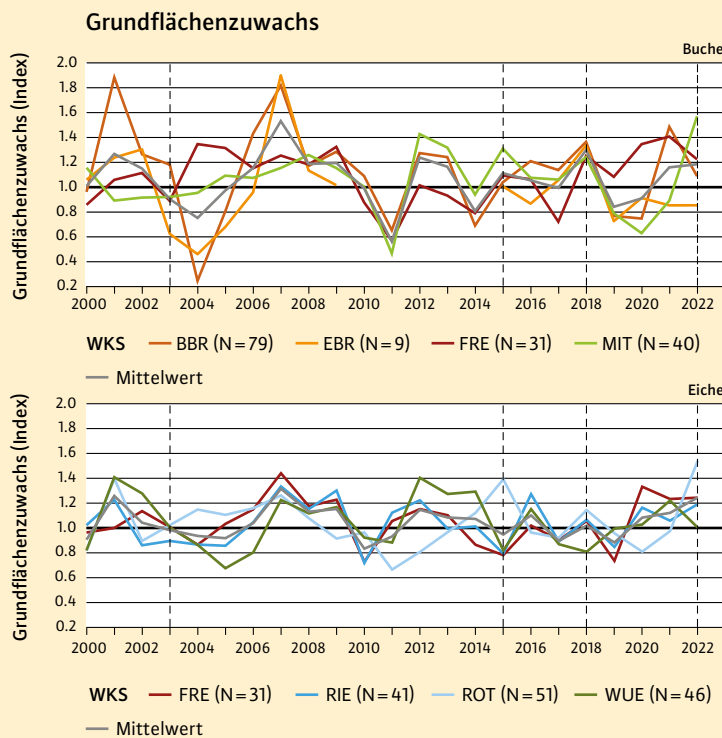


2 Anhand der Differenz zur mittleren Klimatischen Wasserbilanz lassen sich die Trockenjahre (gestrichelte Linien) gut erkennen, auch wenn nicht alle Stationen gleich reagieren.

neben längerfristigen Effekten wie soziale Stellung und Alter, auch kurz- und mittelfristige Einwirkungen wie Witterung, Fruktifikation und Veränderungen im Bestandesgefüge. An den Waldklimastationen werden die Zuwächse der herrschenden Bäume jährlich mittels Umfangmaßbändern erfasst. Werden diese Daten um mittelfristige (z. B. Durchforstungen) und langfristige Trends (Alter) bereinigt, kann man die Reaktionen der Bäume auf die Witterung untersuchen (Cook und Kairiūkštis 1992; Bunn 2008). Die trendbereinigten Wachstumsverläufe von Buche und Eiche sind in Abbildung 3 dargestellt. Werte unter 1 zeigen dabei Jahre mit unterdurchschnittlichem Wachstum, während Jahre mit überdurchschnittlichem Wachstum Werte über 1 aufweisen.

Sorgenkind Buche?

Einen deutlichen und über alle Standorte vorhandenen Einbruch des Zuwachses, wie ihn das starke Spätfrostereignis im Jahr 2011 bei der Buche hinterließ, konnten wir an den WKS in den Trockenjahren 2003, 2015, 2018 und 2022 nicht erkennen (Abbildung 3). Ganz im Gegenteil: Im Jahr 2018 wuchsen die Buchen an allen Stationen sogar überdurchschnittlich gut. In 2019 und 2020 folgten dann zwei Jahre mit unterdurchschnittlichem Wachstum – vermutlich konnten sich die Bäume aufgrund der anhaltenden Trockenheit in diesen Jahren nicht erholen (Szejner et al. 2020; Schmied et al. 2023a). Das feuchte Jahr 2021 verhalf den Bäumen dann aber wieder zu einem überdurchschnittlichen Zuwachs. Einen allgemeinen, über mehrere Jahre anhaltenden Abwärtstrend hinsichtlich der Vitalität, wie er häufig beschrieben wird, können wir an unseren Buchenstationen nicht ablesen. Eine Ausnahme bildet die Station in Ebrach, auf die wir im Verlauf des Artikels noch gesondert eingehen werden.



3 Im zeitlichen Verlauf seit 2000 schwanken die untersuchten Eichen deutlich weniger im Grundflächenzuwachs als die Buchen, bei beiden Baumarten sind aber Zuwachseinbrüche in den Trockenjahren selbst (gestrichelte Linien) nicht eindeutig zu erkennen.

hervor. Die Klimatische Wasserbilanz in diesen Jahren war also negativ. Aus der Grafik ist auch ersichtlich, dass die Verläufe der südbayerischen und nordbayerischen WKS oft ähnlich verlaufen. In einzelnen Jahren, vor allem jedoch im Jahr 2018, kann man aber auch starke regionale Witterungsunterschiede zwischen Südbayern (Stationen FRE und RIE) und Nordbayern erkennen.

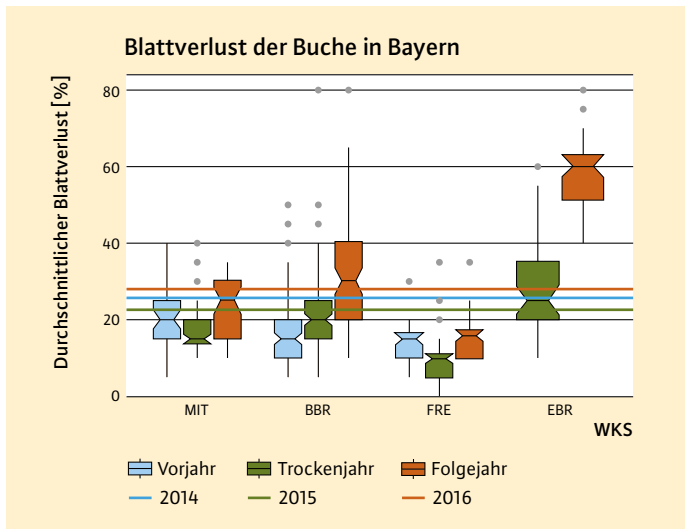
Waldklimastationen	Kürzel
Bad Brückenau	BBR
Ebrach	EBR
Freising	FRE
Mitterfels	MIT
Riedenburg	RIE
Rothenbuch	ROT
Würzburg	WUE

Von der Umwelt abhängig: Der Zuwachs
Der jährliche Durchmesser- und Grundflächenzuwachs eines Baumes ist von vielen Faktoren abhängig. Dazu zählen

Der Blick in die Kronen

Veränderungen im Zuwachsverhalten bleiben für Waldbesitzende und Forstpraktiker zunächst über lange Zeit im Verborgenen. Dagegen sind Blattverluste und Trockenschäden in den Baumkro-

4 Im Folgejahr erkennt man bei der Buche stationsübergreifend größere Blattverluste als im Trockenjahr selbst. Auch bayernweit (horizontale Linien in der jeweiligen Farbe) lässt sich das beobachten.



nen schneller und unmittelbarer sichtbar. Die Daten der Kronenzustandserhebung (WZE) sind hierbei eine wichtige Erkenntnisquelle. Die WZE hat zum Beispiel gezeigt, dass der Nadel- und Blattverlust zuletzt baumartenübergreifend auf 26% zugenommen hat, zusammen mit dem Jahr 2021 ist das der zweithöchste Wert nach dem Jahr 2020, was den Einfluss der Trockenjahre seit 2018 deutlich widerspiegelt (Maldoner 2024). Da die Außenaufnahmen der WZE im Zeitraum von Juli bis Anfang August durchgeführt werden, ist das vorzeitige Welken und Abwerfen von Blättern im Spätsommer der Trockenjahre hierbei noch nicht erfasst (Zimmermann et al. 2020). An

den intensiv beobachteten WKS werden entsprechende Entwicklungen genauer beobachtet und alle vier Wochen die Menge der gefallenen Blätter in Streusammlern erfasst. Im Mittelwert der Jahre 1997–2018 fielen in den Monaten Juni bis August rund 13% der Gesamtstreuemenge (Zimmermann et al. 2020). Dagegen fanden sich im Trockenjahr 2003 an der WKS-Station in Ebrach (EBR) rund 22% der Gesamtstreuemenge in den Streusammlern und im Jahr 2015 sogar 43%. Auffällig waren auch die signifikant höheren Kronenverlichtungen der Buchen im Folgejahr der Trockenheit, welche im Jahr 2015 an allen vier Buchenstationen zu erkennen waren (Abbildung 4).



WKS Ebrach: Eine Buchenstation auf dem absteigenden Ast?

Im Gegensatz zu den anderen Stationen ist das Zuwachsniveau der noch verbliebenen Buchen in Ebrach seit 2019 auf unterdurchschnittlichem Niveau und hat sich nicht erholt (Abbildung 3). Im Einklang damit nahm der Blattverlust von 2018 bis 2022 kontinuierlich zu. Seit 2018 wurden 62% der untersuchten Buchen auf der Messfläche außerplanmäßig aufgrund abiotischer Schäden entnommen. Doch warum trifft es genau Ebrach so hart? Hier scheinen einige Faktoren zusammenzukommen: Neben dem hohen Alter (ca. 190 Jahre) wurde der Bestand durch kontinuierliche Durchforstungen stark aufgelichtet, um der vorhandenen Verjüngung Licht zu geben. Beides kann sich bei Trockenheit negativ auswirken (Klemmt 2023; Mathes et al. 2023; Zang et al. 2014). Hinzu kommt der tonige Boden, den die Buche schlecht durchwurzeln kann. Diese Kombination könnte die Ursache für die erhöhte Mortalität der Buche gewesen sein. Die Eichen an der Station sind hingegen nach wie vor vital.

Die Eiche im Vergleich

Auch bei der Eiche spiegelt sich Wassermangel nicht unmittelbar im Zuwachsverlauf (Abbildung 3) des Trockenjahrs selbst wider. Allerdings wachsen die Eichen an den WKS im Vergleich zur Buche insgesamt ausgeglichener. In den trockenen Jahren nach 2018 zeigte sich die Eiche resilienter im Zuwachs, denn im Gegensatz zur Buche war der Grundflächenzuwachs an drei von vier Stationen bereits im Jahr 2020 wieder überdurchschnittlich. Auffällig ist, dass in Freising, der einzigen Station, an der beide Baumarten untersucht werden konnten, die Eiche in den Trockenjahren offensichtlich keinen Vorteil gegenüber der Buche hatte. Die Buche scheint sich hier nach wie vor im Optimum zu befinden. Bayernweit reagierte die Eiche in den Jahren 2004 und 2019 mit höheren Blattverlusten als im vorangegangenen Trockenjahr. Bei der Buche war dies zusätzlich auch im Jahr 2015 der Fall (Abbildung 4).

5 Verschiedene Techniken der Zuwachserfassung an der WKS Freising

Foto: Tobias Hase, StMELF

WaldklimaStation	Bad Brückenau (BBR)	Ebrach (EBR)	Freising (FRE)	Mitterfels (MIT)	Riedenburg (RIE)	Rothenbuch (ROT)	Würzburg (WUE)
Bodentyp	Braunerde	Pseudogley-Braunerde	Parabraunerde über Braunerde	Podsolige Braunerde	Parabraunerde über Terra fusca	Braunerde	Braunerde-Pseudogley
Temperatur [°C] Mai–September	13	14,8	15,6	12,8	15,2	14,7	16,1
Niederschlag [mm] Mai–September	377,5	341,7	438,5	607	342,8	375,3	288,7
Höhenlage [m ü. NN]	812	410	508	1.025	475	470	330
Potentielle natürliche Vegetation	Waldgersten-Buchenwald	Hainsimsen-Buchenwald	Waldmeister-Buchenwald	Dornfarn-Buchenwald	Waldmeister-Buchenwald	Hainsimsen-Buchenwald	Waldmeister-Buchenwald
Alter [Jahre]	145	190	160	145	145	130	115
Schlussgrad	Licht geschlossen	Lückig	Licht geschlossen	Licht geschlossen	Geschlossen	Licht geschlossen	Licht geschlossen

6 Die untersuchten Waldklimastationen

Wer nicht wagt, der nicht gewinnt – die Trockenheitsstrategie von Buche und Eiche

Keine Zuwachsreduktion im Trockenjahr, aber teilweise Zuwachsverluste und regelmäßig Kronenverlichtungen im Folgejahr – wie lässt sich dieses Verhalten erklären? Eine ganze Reihe an wissenschaftlichen Studien zeigen, dass Buche und Eiche ihre Spaltöffnungen auch bei abnehmender Wasserverfügbarkeit im Boden offenlassen (anisohydrisches Verhalten), somit also weiterhin Wasser an die Atmosphäre abgeben und Photosynthese betreiben (Klemmt 2023; Mathes et al. 2024; Pretzsch 2019; Roman et al. 2015; Leuschner et al. 2022). Solange noch Wasser im Boden verfügbar ist, können sie noch zuwachsen, riskieren zugleich aber Embolien – also einen Kollaps – des Leitungsgewebes. Diese Embolien können zu schwerwiegenden und sogar unumkehrbaren Schädigungen führen (Arend et al. 2022). Wassermangel führt bei Buche und Eiche also nicht nur zu einem vorzeitigen Abwerfen der Blätter, es hat auch Konsequenzen für das Folgejahr: Mit dem vorzeitigen Abwurf noch grüner Blätter stehen den Bäumen weniger Reservestoffe für das nächste Jahr zur Verfügung. Zudem verlieren die Bäume einen Teil ihres wasserführenden Leitungsgewebes durch Embolien. Pflanzenphysiologisch heißt das: Auch im Jahr nach der Trockenheit bauen sie weniger Blattmasse auf, wie es auch die Ergebnisse der WZE bestätigen. Nadelbäume wie Fichte und Kiefer hingegen schließen ihre Stomata bei Trockenheit sehr

schnell und beenden damit den Transpirationssog und auch das Wachstum weitgehend (isohydrisches Verhalten) (Pretzsch 2019). Deshalb können wir bei ihnen häufig noch im selben Jahr deutliche Zuwachseinbußen sehen (vgl. Wellhausen 2020). In manchen Studien wird auch die Eiche als isohydrische Baumart eingestuft (Gu et al. 2015; Thomsen et al. 2020), denn sie scheint in der Lage zu

sein, gegen Ende einer Trockenperiode ihre Spaltöffnungen aktiv zu schließen (Bonfils et al. 2013a). Zuvor kann es aber auch bei ihr zu Trockenschäden an den Blättern und zum Absterben ganzer Triebe kommen (Bonfils et al. 2013b). Daher wird der Eiche überwiegend ein anisohydrisches Verhalten nachgesagt (Leuschner et al. 2022; Yi et al. 2017; Roman et al. 2015; Klein et al. 2013; Sade et al. 2012).

Zusammenfassung

Die Trockenheitstoleranz von Buchen und Eichen ist ein viel diskutiertes Thema. Die Daten des forstlichen Umweltmonitorings erlauben wertvolle Einblicke in die Reaktion der Bäume auf Witterung und weitere Umwelteinflüsse. Einzelne Trockenjahre hinterließen bei Buchen und Eichen an den meisten Waldklimastationen keine längerfristigen Spuren im Zuwachs. Die Jahre von 2018 bis 2020, die im langjährigen Vergleich alle trocken waren, führten bei der Buche allerdings zu einer leichten Zuwachsdepression mit anschließender Erholung im Jahr 2021. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigten für einzelne Trockenjahre bei der Buche einen bayernweit erhöhten Blattverlust im Folgejahr. Auch bei der Eiche ist dieser Effekt nachweisbar, allerdings weniger stark ausgeprägt. Inwieweit das eher anisohydrische Verhalten zu einer unumkehrbaren Schädigung der Bäume führt oder eine grundlegende Erholung möglich ist, wird derzeit in Fachkreisen diskutiert. Erfreulicherweise zeigen sich bislang an der Mehrzahl der Buchen und Eichenstationen noch ausreichende Erholungsmechanismen.

Literatur

Das Literaturverzeichnis finden Sie unter www.lwf.bayern.de in der Rubrik »Publikationen«.

Autoren

Laura Wachtveitl ist Mitarbeiterin im forstlichen Umweltmonitoring in der Abteilung Boden und Klima. Dr. Klaas Wellhausen leitet die Abteilung, Dr. Stephan Raspe ist Projektleiter der Waldklimastationen.

Dr. Lothar Zimmermann, Joachim Stiegler und Philipp Maldoner betreuen die ausgewerteten Messprogramme.

Kontakt: laura.wachtveitl@lwf.bayern.de