

# Auswirkung von extremer Witterung auf die Vitalität und Produktivität der Hauptbaumarten in Nordwestdeutschland

Anja Gröning, Caroline Klinck und Uwe Paar

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13846897>

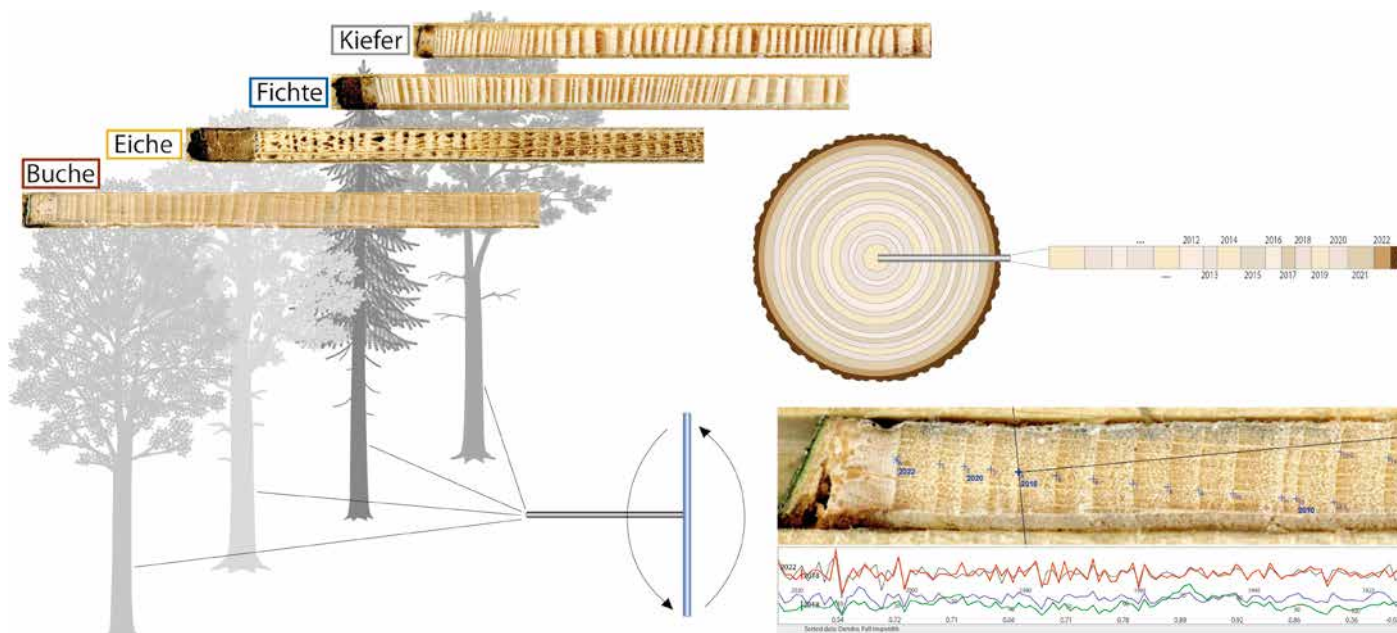
## Hintergrund des Projekts

Die sich ändernden klimatischen Bedingungen führen zu einer Zunahme extremer Wetterereignisse. Besonders höhere Sommertemperaturen und reduzierte Niederschläge während der Vegetationsperiode, die zu intensiveren und länger andauernden Dürreperioden führen, hinterlassen in den Wäldern Nordwestdeutschlands deutliche Schäden (Ruhk et al. 2023). In der Waldzustandserhebung kann eine abnehmende Vitalität der Hauptbaumarten dokumentiert werden. Es wird allgemein angenommen, dass häufigerer Trockenstress die Vitalität der Bäume auf bestimmten Standorten reduziert, was wiederum eine geringere Produktivität und ein insgesamt höheres Risiko für weitere abiotische und biotische Stressfaktoren zur Folge hat. Für eine langfristige forstliche Planung müssen diese Bedingungen berücksichtigt werden. Ein Ansatz dabei ist, baumartenspezifische Trockenheitsgrenzen als Referenz für die Waldbewirtschaftung festzulegen. Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt bezieht sich in ihren Anbauempfehlungen daher unter anderem auf die Standortwasserbilanz (SWB) nach Grier und Running (1977). Diese verrechnet den Mittelwert der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit (Verhältnis zwischen Verdunstungsanspruch und zur Verfügung stehenden Niederschlägen) mit der nutzbaren Feldkapazität des Bodens (pflanzenverfügbares Wasser) für eine Bezugstiefe von 1 m. Auf dieser Grundlage wurden baumartenspezifische Schwellenwerte für das Trockenstressrisiko als Entscheidungshilfe für die klimaangepasste Baumartenwahl festgelegt (Albert et al. 2017; Spellmann et al. 2011). Diese Schwellenwerte dienen zur Be-

wertung der Vitalität, Widerstandsfähigkeit und Leistungsgrenzen der Baumarten. Um die definierten Schwellenwerte im Gelände zu überprüfen, untersucht das Projekt die Vitalität und das Wachstum der vier Hauptbaumarten Eiche (*Quercus petraea* + *Q. robur*), Kiefer (*Pinus sylvestris*), Fichte (*Picea abies*) und Buche (*Fagus sylvatica*) entlang artspezifischer Standortswasserbilanz-Gradienten mithilfe von Jahrringanalysen. Es wurden ausschließlich Flächen ausgewählt, die innerhalb des Probenetzes der Waldzustandserhebung (WZE) und der Bodenzustandserhebung (BZE) liegen. Dadurch können neben den Jahrringmessungen auch plotspezifische Informationen über den Standort aus der BZE sowie baumindividuelle Informationen über den Kronenzustand aus der WZE in die Analysen mit einbezogen werden.

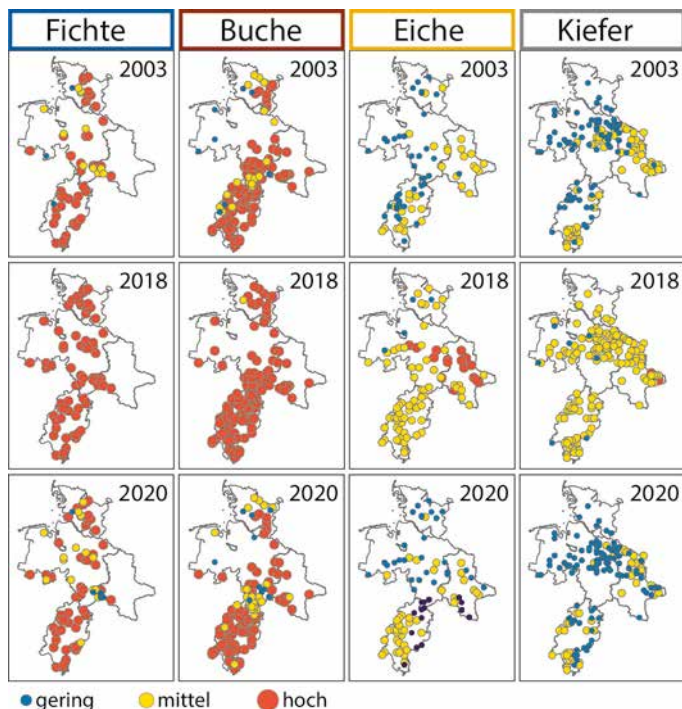
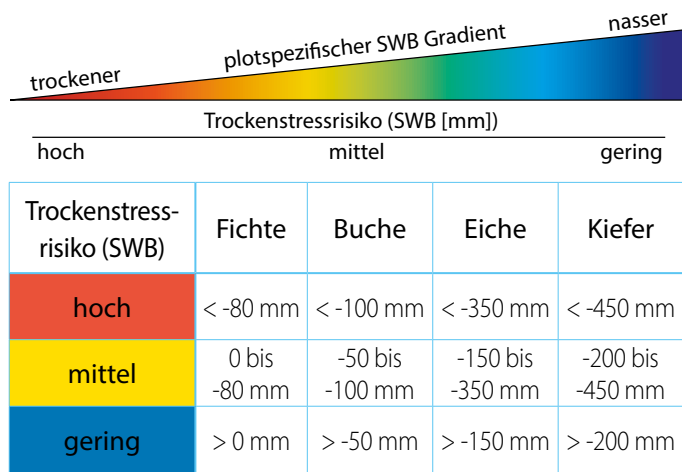
## In Bäumen lesen – Jahrringanalyse als Werkzeug

Das Baumwachstum der gemäßigten Zone zeigt sich in jährlichen Ringen, die durch den Wechsel von Vegetations- und Nicht-Vegetationsperiode geprägt sind. Die einzelnen Jahrringe können durch Unterschiede in der Zellgröße und -dichte zwischen Frühholz (in der Regel großporiger und heller) und Spätholz (in der Regel kleinporiger und dunkler) differenziert werden (Fritts 2001). Die Breite und Dichte der Jahrringe variiert in Abhängigkeit von diversen Umweltfaktoren, wodurch die Wuchsbedingungen eines Baumes widergespiegelt werden. In der Regel lässt sich festhalten: Je besser die Bedingungen, desto größer die Jahrringe – und umgekehrt. Zur Bestimmung der Jahrringe wurden den Bäumen sogenannte Bohrkerne (von 5 mm Durchmesser) mit einem Zuwachsbohrer entnommen. Die Bohrkerne werden so auf-



Übersicht der Bohrkerntnahme und Aufbereitung. An Plots der WZE/BZE werden 10–15 Bäume beprobt. Die einzelnen Bohrkerne werden aufbereitet, sodass die Jahrringe eingemessen werden können. Die daraus gewonnenen Wachstumskurven sind Grundlage für die weiteren Analysen.

bereitete, dass die einzelnen Jahrringe sichtbar werden. Die einzelnen Jahrringe können per Software für jeden Bohrkern und jedes Baumindividuum millimetergenau eingemessen werden. Für jeden Baum erhält man so eine individuelle Wachstumskurve. Einzelne Wachstumskurven können zu Standortchronologien zusammengefasst werden und sind ein guter Indikator für das allgemeine Wachstumsverhalten auf bestimmten Standorten bzw. für eine Baumart. In Extremjahren zeigen die Kurven überregionale Reaktionen, die als Zeigerjahre identifiziert werden können. Beispiele für solche Zeigerjahre sind die sehr trockenen Jahre 2003 und 2018, was sich in einem verringerten Wachstum der Hauptbaumarten widerspiegelt. Wie stark und auf welche Art und Weise Bäume auf Extremereignisse reagieren, hängt dabei zum einem vom Standort, zum anderen von der Baumart selbst ab. So zeigen beispielsweise Buchen oft eine zeitversetzte Reaktion



Baumartenspezifischer Gradient der Standortwasserbilanz entlang der Schwellenwerte des Trockenstressrisikos. Eine Übersicht der WZE-Punkte zeigt, welche Plots der Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer für die Trockenjahre 2003, 2018 und 2020 ein geringes, mittleres und hohes Risiko nach den Schwellenwerten aufwiesen.



Fotos: A. Gröning

Probennahme eines Bohrkerns mit Hilfe eines Zuwachsbohrers

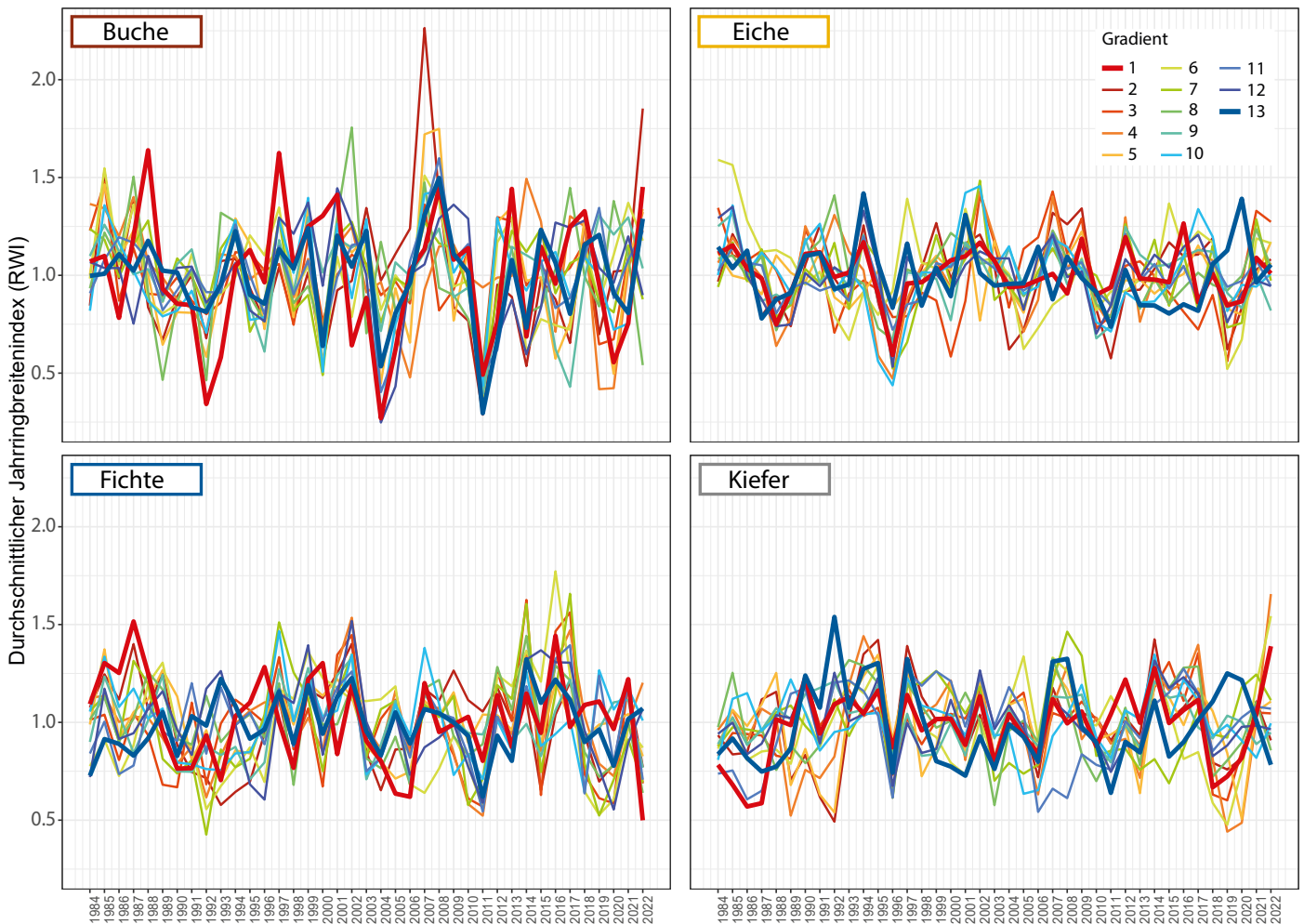
auf Trockenstress, was sich sowohl im Wachstum als auch in der Kronenverlichtung äußert (Meyer et al. 2020). Eichen und Kiefern gelten bisher als relativ trockenresistent, weshalb sie erst ab einem deutlich negativeren Standortwasserbilanz-Defizit in eine hohe Risikoklasse eingeordnet werden (Spellmann et al. 2011). Im Jahr 2018 wurden jedoch auch für die Eiche und die Kiefer Plots identifiziert, die ein hohes Risiko aufwiesen.

### Gradienten-Design

Um zu identifizieren, wie sich die verschiedenen Baumarten entlang eines Gradienten der Standortwasserbilanz unterscheiden, wurden für das Projekt im Winter 2022/2023 insgesamt 1340 Bohrkern von 670 Bäumen auf jeweils 13 Plots pro Baumart gewonnen. Der Gradient für jede Baumart ist dabei so gewählt, dass die baumartenindividuellen Trockenstressgrenzen (durchschnittliche Standortwasserbilanz in der Vegetationsperiode im Zeitraum 1990–2020) abgebildet werden. So erstrecken sich die einzelnen Gradienten von trockenen Plots (mit höherem Risiko) zu feuchten Plots (mit geringerem Risiko).

### Wachstumsverläufe

Da die Jahrringbreite von Bäumen sowohl durch klimatische als auch durch nicht-klimatische Faktoren beeinflusst wird, wird der Jahrringbreitenindex (RWI) verwendet, um das Wachstum von Bäumen vergleichbar zu machen (Fritts 2001). Der Jahrringbreitenindex wird durch die Standardisierung der Rohdaten (die gemessenen Jahrringbreiten in mm)



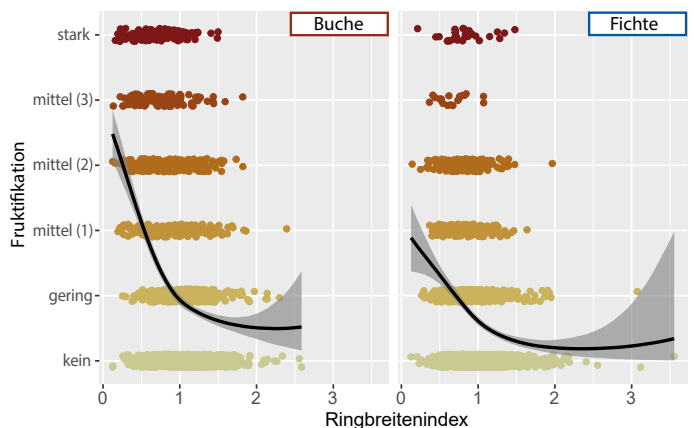
Durchschnittlicher Jahrringbreitenindex (RWI) für die einzelnen Baumarten im Zeitraum der WZE entlang des Gradienten. 1 = trockenster Plot, 13 = feuchtester Plot einer Baumart.

berechnet. Ein Indexwert > 1 bedeutet, dass das Wachstum in diesem Jahr über dem erwarteten Wert lag (z. B. günstige Bedingungen) und umgekehrt. Im Zeitraum der WZE von 1984–2022 zeigten sich unterschiedliche Wachstumsverläufe der Baumarten. Die Buche zeigt die größten Wachstumsschwankungen, während Eiche, Kiefer und Fichte weniger ausgeprägte Schwankungen aufweisen. Insbesondere in oder nach den Trockenjahren 2003 und 2018 sind kleinere Werte des RWI für alle Baumarten zu verzeichnen, was ein reduziertes Wachstum beschreibt. In der Betrachtung der Plots entlang des Gradienten zeigten besonders die trockeneren Plots ein gesteigertes Wachstum im Feuchtejahr 2007, wohingegen feuchtere Plots in Trockenjahren (2003 und 2019) ein deutlich reduziertes Wachstum zeigten.

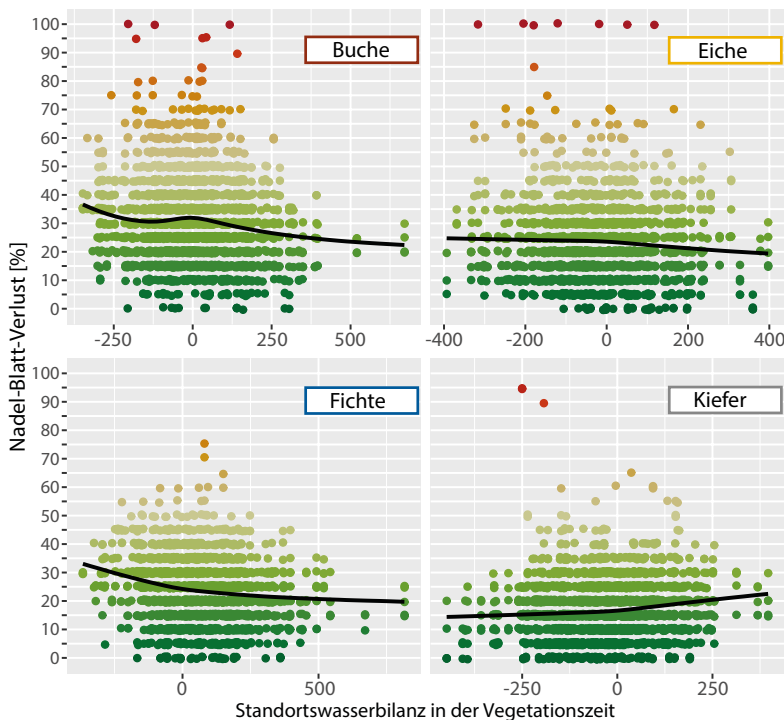
### Zusammenhänge zwischen Vitalität und Wachstum

Die Kronenverlichtung, die Fruktifikation und das Wachstum beschreiben als Vitalitätsindikatoren den Gesundheitszustand von Bäumen und stehen in direkter Beziehung zueinander. Der Zusammenhang von Kronenverlichtung bzw. Fruktifikation und jährlicher SWB in der Vegetationszeit sowie

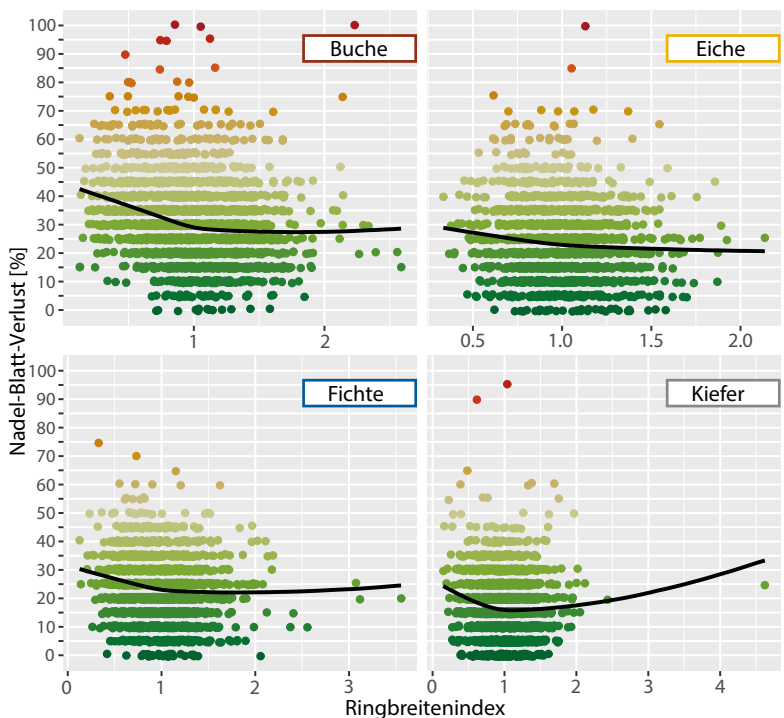
dem Ringbreitenindex kann durch ein nicht-lineares ordinales Modell beschrieben werden. Während Buche, Fichte und auch Eiche eine tendenziell höhere Kronenverlichtung bei negativeren SWB-Werten aufwiesen, wurde für Kiefer der gegenteilige Trend beobachtet. Für Buche, Fichte und Eiche ließ sich daraus schließen, dass Bäume auf trockeneren Standorten eine höhere Kronenverlichtung aufwiesen. Bei Bäumen mit höherer Kronenverlichtung wiederum wurde ein



Zusammenhang zwischen Fruktifikation nach Stärkestufen und dem Ringbreitenindex, für Buche und Fichte.



Kronenverlichtung in % in Abhängigkeit von der jährlichen Standortswasserbilanz (SWB) in der Vegetationszeit im Zeitraum der WZE



Zusammenhang zwischen Kronenverlichtung (in %) und Ringbreitenindex (RWI)



Foto: A. Gröning

geringerer Ringbreitenindex gemessen und somit geringeres Wachstum nachgewiesen. Dieser Trend war besonders deutlich für Buche und Fichte zu beobachten. Auch der Zusammenhang zwischen der Fruktifikation und dem Wachstum zeigte sich am deutlichsten in der Buche und der Fichte. Die Fruktifikation wird durch unterschiedliche Stärkestufen innerhalb der WZE im Sommer (Juli/August) erfasst. Je mehr die Bäume fruktifizieren, desto höher die Stufe. Umso höher die Stufe, desto geringer war auch das Wachstum. Für die Kiefer und die Eiche konnte kein so deutlicher Zusammenhang festgestellt werden. Für Eiche finden die Aufnahmen innerhalb der WZE zu früh statt, um die Ausprägung der Fruktifikation gut erfassen zu können.

### Ausblick

Das Projekt bietet die Möglichkeit, wertvolle Zusammenhänge zwischen dem Wachstum und der Vitalität zu analysieren. Die Beprobung entlang eines Gradienten der SWB für die einzelnen Baumarten gibt Aufschluss über die Wirkungsweise von Trockenstress auf unterschiedlichen Standorten. Es zeigte sich, dass die Bäume entlang des Gradienten unterschiedlich auf Trockenstress reagieren. Diese Beobachtungen lassen sich besonders durch die Vitalitätsindikatoren der Kronenverlichtung und des Wachstums beschreiben. Im weiteren Verlauf des Projekts werden die verschiedenen ökologischen Zusammenhänge in einem multi-kriteriellen Ansatz betrachtet.

### Literatur

Albert, Matthias; Nagel, Ralf-Volker; Nuske, Robert; Suttmöller, Johannes; Spellmann, Hermann (2017): Tree Species Selection in the Face of Drought Risk—Uncertainty in Forest Planning. In: *Forests* 8 (10), S. 363. DOI: 10.3390/f8100363.

Fritts, Harold C. (2001): *Tree rings and climate*. Reprint of second printing 1976. London: The Blackburn Press.

Grier, Charles G.; Running, Steven W. (1977): Leaf Area of Mature Northwestern Coniferous Forests: Relation to Site Water Balance. In: *Ecology* 58 (4), S. 893–899. DOI: 10.2307/1936225.

Meyer, Benjamin F.; Buras, Allan; Rammig, Anja; Zang, Christian S. (2020): Higher susceptibility of beech to drought in comparison to oak. In: *Dendrochronologia* 64, S. 125780. DOI: 10.1016/j.dendro.2020.125780.

Rukh, Shah; Sanders, Tanja G. M.; Krüger, Inken; Schad, Tobias; Bolte, Andreas (2023): Distinct Responses of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) to Drought Intensity and Length—A Review of the Impacts of the 2003 and 2018–2019 Drought Events in Central Europe. In: *Forests* 14 (2), S. 248. DOI: 10.3390/f14020248.

Spellmann, Hermann; Albert, Matthias; Schmidt, Matthias; Suttmöller, Johannes; Overbeck, Marc (2011): Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. In: *AFZ/Der Wald* 66 (11).