

Dr. Sebastian Dittrich

**Modellhafte Umsetzung eines Citizen-Science-Konzepts zum Management wertvoller Habitatbäume**  
**Wissenschaftlicher Begleitbericht**

**Teil A: Bäume im Klimawandel**



Vertragsleistung für:

Grüne Liga Osterzgebirge e.V.  
Große Wassergasse 9  
01744 Dippoldiswalde

Dresden, den 29.10.2024

Vorbemerkung: Entgegen der Spezifizierung im Antrag konnte im ersten Teilbericht noch keine Auswertung der Berichte der Baumpat:innen erfolgen, da diese innerhalb der Abgabefrist noch nicht vollständig zur Verfügung standen. Daher liegt der Schwerpunkt im vorliegenden Bericht auf einer Zusammenfassung des Wissensstandes zum Thema Klimawandel/Trockenstress, jedoch mit besonderem Fokus auf den bisher intensiv untersuchten Naturraum und Alt-Bäume.

## Bäume im Klimawandel

### 1 Klima-Wandel und Bäume: Symptome

Weltweite Dürrephasen, die insbesondere zu einem verstärkten (bzw. vorzeitigen) Absterben von Bäumen führen, sind in Folge des Klimawandels, aber verzögert, seit etwa 1970 aufgetreten (Allen et al. 2010). In Deutschland kam dieses Symptom des Klimawandels insbesondere ab 2018 ins öffentliche Bewusstsein: Weite Teile Deutschlands einschließlich des Naturraums Osterzgebirge in den Jahren 2018-2020 und 2022-2023 großflächig von starker Dürre betroffen. Vergleichbare Dürre-Erscheinungen gab es auch in der Slowakei (Dürremonitor 2024, Turňa et al. 2024). Diese zeigten sich besonders deutlich in Trockenstress- und Absterbe-Erscheinungen bei Bäumen in Waldbeständen aber auch außerhalb des Waldes (Abb. 1, 2).



Abb. 1 (links): Absterbende und von Pilzen befallene Alt-Buche (NSG Weißeritztalhänge bei Tharandt; September 2022)

Abb. 2 (rechts): Eberesche mit deutlicher Kronen-Auflichtung und abgestorbenen Zweigen (bei Lauenstein/Sachsen, August 2022).

Der Klimawandel geht auch einher mit Veränderungen der Phänologie (Rzanny et al. 2024); so ist auch bei einigen Bäumen ein früherer Austrieb zu verzeichnen – wobei das Spätfrost-Risiko bleibt (Hauck 2023) oder dann sogar zunimmt. Herbstfärbung und Laubfall können hingegen bei sommergrünen Bäumen oft später einsetzen bzw. langsamer voranschreiten (Zohner et al. 2023). Andererseits kann die Verfärbung bei extremen Trockenstress auch früher einsetzen bzw. ganz ausfallen („Verbraunung“ der Wälder: Hermann et al. 2023).

Verbunden mit dem Klimawandel ist auch eine Zunahme bzw. Verstärkung von Wetter-

Extremen wie Sturmereignissen, oder auch lokalen Überschwemmungen (Woodland Trust 2008). Außerdem gibt es deutliche Anzeichen für die zunehmend häufigere Kombination von Trocken- und Hitzestress (Hammond et al. 2022). Diese kann noch schwerere Auswirkungen auf Wälder und Bäume haben, selbst bei Arten die an sich als relativ Dürre-tolerant gelten (Walentowski et al. 2007, Niinemets & Valladares 2006). Im Folgenden wird im Zusammenhang mit dem Klimawandel aber insbesondere auf Ausprägungen und Auswirkungen des Trockenstresses eingegangen. Allein dieser und die Gegenreaktionen und Anpassungen der Bäume sind sehr vielfältig (Roloff 2021, 2022a).

## **2 Physiologische und morphologische Anpassungen und Reaktionen von Bäumen**

*„Many of the traits that explain plant adaptation to drought – such as phenology, root size and depth, hydraulic conductivity and the storage of reserves – are associated with plant development and structure and are constitutive rather than stress induced. But a large part of plant resistance to drought is the ability to get rid of excess radiation, a concomitant stress under natural conditions“* (Chaves et al. 2003: 239). Danach sind viele (physiologische) Anpassungen an Trockenstress konstitutiv, d.h. grundsätzlich (genetisch) angelegt, entwickeln sich also nicht kurzfristig als Stress-Reaktionen. Hinzu kommt Schutz bzw. Anpassung gegenüber starker Sonneneinstrahlung (die v.a. zu Hitzestress führt). Die folgende Übersicht zu Trockenstress-Reaktionen bzw. Anpassungen von Bäumen richtet sich nach den Auswertungen bei Roloff (2021):

### Kurzfristige Reaktionen auf Trockenstress sind:

- Schnelles Schließen von Atemöffnungen (Stomata) der Blätter
- Absenkungen des osmotischen Potenzials („Saugspannung“) um weitere Bodenwasser-Vorräte zu nutzen
- Aufnahme von Wasser über die Blattoberfläche (z.B. nächtlicher Tau, Regenschauer), v.a. bei Nadelbäumen
- Falten, Einrollen oder Hängen von Blättern, Ausrichtung der Blätter parallel zur Sonneneinstrahlung (Abb. 3) = Verringerung der Blattoberfläche
- Blatzzittern zur Abkühlung (z.B. Ahorne, Pappeln)

Bei kurzfristigem Trockenstress kann es danach zu schneller Erholung (besonders bei gut angepassten Arten) kommen. Bei fortdauerndem Trockenstress kommt es z.B. zu vorzeitigem Laubfall (Abb. 4) und Zweigabsprüngen. Wasserleitungsbahnen können bei anhaltendem Wassermangel durch Lufteintritt (Embolien) geschädigt und dauerhaft funktionslos werden.

### Mittelfristige Reaktionen und Anpassungen an Trockenstress sind:

- Bildung von Kurztrieben im Folgejahr = viel Photosynthese bei minimiertem Ressourcen-Verbrauch
- Absterben von Feinwurzeln und Kronenteilen („Eidechsen-Prinzip“) um den verbleibenden Rest zu schützen und besser zu versorgen
- Erhöhung der Stomata-Dichte in Blättern (effizientere Regulation der Verdunstung)

- Bildung von „Astwurzeln“, um z.B. zusätzliche Feuchtigkeit aus Moospolstern an Ästen und Stamm zu nutzen



Abb. 3 (links): Aufgerichtete Fiederblättchen der Robinie (Dresden, August 2024)

Abb. 4 (rechts): Vorzeitiger Laubfall bei einem Amerikanischen Tulpenbaum (Forstbotanischer Garten Tharandt, August 2022).

Zu den langfristigen – teils auch genetisch fixierten – Anpassungen zählen:

- Gefiederte und gelappte Blätter (Abb. 3)
- Glänzende und/oder harte Blätter: dicke Cuticula (Wachsschicht) bzw. dicke Epidermis (Abschlussgewebe) der Blätter (Abb. 5) = Verringerung der Transpiration
- Behaarung v.a. der Blatt-Unterseite (Abb. 6) als Strahlenschutz
- Nadelartige oder Roll-Blätter
- Assimilierende Triebe, Dornen
- Stärker ausgebildete Leit- und Festigungsgewebe
- verdickte Borke und Korkleisten an Trieben (Abb. 7)
- Stamm-Wasserspeicher bei Nadelbäumen und zerstreutporigen Laubbäumen
- Klein- und Kümmerwuchs
- Tiefreichende Wurzeln
- Erhöhte Holzdichte (v.a. bei zerstreutporigen Bäumen)



Abb. 5: Laub der mediterranen Kork-Eiche (*Quercus suber*) (Frankfurt/Main, September 2024)

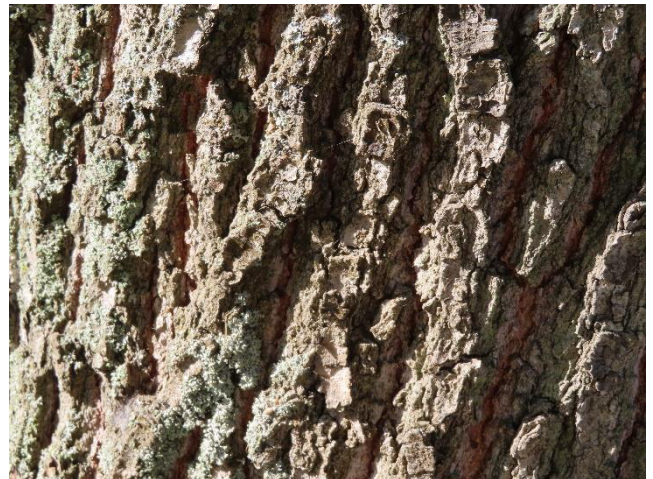


Abb. 6 (links): Behaarte Blatt-Unterseiten der Silber-Linde (Tharandt, September 2022)

Abb. 7 (rechts): Dicke Borke der Trauben-Eiche (Dresden, September 2023)

### **3 Ausprägungen von Trockenstress**

#### **3.1 Einfluss des Standortes und der Bestandsstruktur**

Die Nährstoffversorgung beeinflusst die Trockenheitstoleranz von Baumarten. So erreichen viele einheimische Baumarten eine niedrigere Trocken-Grenze an sauren, weniger nährstoffversorgten Standorten (Mellert et al. 2018). Auch die Wasserhaltefähigkeit des Bodens vermag klimatische Trockenheit in geringem Maße auszugleichen (Mellert et al. 2017). Es wurde nachgewiesen, dass die Dürretoleranz von seltenen Mischbaumarten an günstigeren Standorten geringer ist, sie sich hier jedoch nach einer Dürrephase besser erholen (Kunz et al. 2018). Auch häufigere Laubbaumarten können an (in Normaljahren) günstigeren Standorten empfindlicher auf Trockenstress reagieren und so prädisponiert für durch Trockenstress beförderte Krankheiten sein (Ogris et al. 2021).

Eine erhöhte Konkurrenz bzw. Bestandsdichte kann Trockenstress verstärken (Gleason et al. 2017, Schmied et al. 2023). Aber auch hier gibt es Unterschiede zwischen Baumarten bzw. Baumarten-Mischungen (de Sauvage et al. 2023). Durchforstungen (= Reduzierung der Bestandsdichte) können die Vitalität von Einzelbäumen erhöhen und Wachstumsrückgänge während Dürreperioden abmildern, aber mögliche Effekte auf die Zeit danach sind unklar (Schmied et al. 2023, Castagneri et al. 2022). So dürften Konkurrenz-Effekte auch durch andere, lokale Bedingungen überlagert werden. Zudem werden starke Durchforstungen auch kritisch gesehen, weil dadurch das Mikroklima (bzw. das Waldinnenklima) der Bestände zusätzlich beeinträchtigt werden und in Folge Hitze- und Trockenstress zunehmen könne (Blumröder et al. 2021). Jungbäume können aber auch moderate Störungen der Kronenschicht durchaus tolerieren (Thom et al. 2023a).

#### **3.2 Artspezifische Trockenheits-Toleranz**

Eine geringe Dürre- oder Trockenheits-Toleranz geht bei Laubbäumen einher mit einem erhöhten zukünftigen Absterbe-Risiko, während diese bei Nadelbäumen mit einer schlechten Regeneration nach Dürre-Perioden korreliert (DeSoto et al. 2020). Auch gehören zu den trockenheitsresilienten Baumarten viele Pionierarten mit geringen Bodenansprüchen und hohem Lichtbedarf, deren Wachstum bis zum Spätsommer anhalten kann (sogenanntes „freies Wachstum“; Roloff 2021). Andererseits scheinen sich manche Pionierbaumarten auch frühzeitig auf bestimmte Standortbedingungen „festzulegen“ und tolerieren später kaum noch stärkere Trockenheit bzw. längere Dürrephasen (z.B. Birken: Weiß 2024). Möglicherweise kann neben dem natürlichen Vorkommen an zeitweilig oder dauerhaft trockenen Standorten auch die Frosthärte von Bäumen einen Hinweis auf Trockenheits-Toleranz geben, da tiefe Wintertemperaturen auch mit erheblichem Trockenstress einher gehen (Roloff 2021).

Bei relativ trockenheitsresilienten Laubbaumarten zeigen zerstreutporige Baumarten (z.B. Spitz-Ahorn, Winter-Linde) größere Wachstumseinbußen in Dürreperioden als ringporige Arten (z.B. Trauben-Eiche, Esche) (Fuchs et al. 2021). Grundsätzlich können aber beide Gruppen mit Trockenstress umgehen. Während zerstreutporige Arten grundsätzlich kürzere Gefäße mit kleineren Durchmessern aufweisen, die weniger

Embolie-gefährdet sind, sind Ringporer an stark schwankende Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode angepasst (Roloff 2021). So werden hier in regenreichen Frühjahren besonders große Frühholzgefäße gebildet, die auch zu einem stärkeren Wachstum beitragen. Die Frühholzgefäße werden im Sommer permanent verschlossen, während dann kleinere Gefäße im Spätholz gebildet werden, die weniger Embolie-gefährdet sind (Roloff 2021).

Darüber hinaus gibt es erhebliche artspezifische Unterschiede in der Dürre-Toleranz zwischen den einzelnen Baumarten, wie auch in der Dürre-Sensitivität (Wachstumsreaktionen). So waren Zuwachs-Einbußen in der Dürre-Periode 2018-2020 bei einheimischen Laubbäumen (Rot-Buchen, Eichen) geringer ausgeprägt als bei Fichten und Kiefern (Thom et al. 2023b). Ferner können veredelte Bäume (Zier-, Obstsorten) stärkere Trockenstress-Symptome als Wildarten zeigen (Roloff 2021). Die Art-Identität beeinflusst auch die Ausprägung von Trockenstress unter Konkurrenz-Bedingungen bzw. in unterschiedlichen Baumarten-Mischungen (Lübbe et al. 2016, Didion-Gency et al. 2021). Hier zeigt die Art-Identität sogar einen größeren Einfluss als die Diversität der Baumarten-Mischung (d.h. die Anzahl der miteinander vergesellschafteten Arten; Lübbe et al. 2016). So profitieren z.B. Rot-Buche und Weiß-Tanne in Mischbeständen dieser beiden Arten (höhere Wachstumsraten bei gleichbleibender Dürresilienz, Schwarz & Bauhus 2019).

Zur Dürre- bzw. Trockenheitstoleranz der verschiedenen Baumarten liegen bereits diverse Klassifikationen vor. Hierbei gibt es einige Beschränkungen, etwa aufgrund der unterschiedlichen Beurteilung der zugrunde liegenden Dürre-Ereignisse und den zum Vergleich herangezogenen Vor- und Nach-Dürre-Perioden, wie auch Berechnungen bei Zuwachs-basierten Resilienz-Einstufungen (Schwarz et al. 2022). In Tab. 1 werden der ältere *Drought Tolerance Index* (DTI, Niinemets & Valladares 2006) und die neuere Einstufung der KlimaArtenMatrix (KLAM, Roloff 2021) gegenübergestellt.

#### **4 Alte Bäume unter Trockenstress im Klimawandel**

Literaturangaben zur spezifischen Trockenheits-Resistenz bzw. Klimaresilienz von alten Bäumen sind widersprüchlich. Eigene Recherchen in der deutsch- und englischsprachigen Fachliteratur ergaben nur sehr wenige spezifische Studien. Einschlägige populärwissenschaftliche Veröffentlichungen sind vielfach anekdotisch und stellen Behauptungen auf, die empirisch (bisher) nicht immer klar belegt sind (z.B. Severide 2024) oder sind auch überholt: *„Doch einzelne Sommer bewirken kaum etwas; nicht einmal in den im Vergleich zum Umland noch heißeren und trockeneren Großstädten. Im zwei Quadratkilometer großen Untersuchungsgebiet [...] gab es infolge dieses kombinierten Hitze- und Trockenstresses 2003 dann doch nur knapp zwei Dutzend abgestorbener Bäume...“* (Reichholf 2007: 188).

Etwas zurückhaltender schreibt eine ältere britische Handreichung zur Baumpflege: *„More evidence is needed to determine general trends from individual examples“* (Woodland Trust 2008: 5). Und auch in jüngeren Beiträgen wird festgehalten, *„dass es DEN Trockenstress nicht gibt. Das bedeutet: weitreichende Verallgemeinerungen und voreilige Schlussfolgerungen sind demzufolge nicht zulässig oder können sogar unverantwortlich bzw. irreführend sein“* (Roloff 2022a: 41). Im Folgenden soll aber dennoch umrissen werden,

was aus der jüngeren Forschungsliteratur zum Einfluss des Klimawandels, im Besonderen Trockenstress, auf alte und große Bäume bekannt ist.

Alte und große Bäume sind grundsätzlich stärker von Trockenstress und Trockenheitsbedingtem Absterben betroffen als jüngere und kleine Bäume (Au et al. 2022, Beloiu et al. 2022, Stovall et al. 2019). Als Gründe hierfür gelten v.a. hydraulische Unterschiede: Sie müssen mehr lebendes Gewebe mit Wasser versorgen. Zudem ist ihre strahlungsexponierte und transpirierende Blatt-Oberfläche exponentiell größer als bei jüngeren Bäumen. Auch Kalamitäten betreffen insbesondere größere Bäume (Penninckx et al. 1999, Bennett et al. 2015). Entsprechend können natürliche Kronenverkleinerung bzw. Absprünge belaubter Zweige (wenigstens teilweise) als Strategie verstanden werden, die Wasserversorgung mittelfristig zu verbessern und Trockenstress abzumildern (Rust & Roloff 2004). Dies kann nach Rust & Roloff (2004) aber an (Ernährungs-)Grenzen stoßen, wenn dadurch die assimilierende (Photosynthese betreibende) Blattoberfläche zu stark reduziert wird – was natürlich auch bei Schnittmaßnahmen zu beachten ist.

Andererseits war eine stärkere Schädigung von Altbäumen z.B. bei der insgesamt stark Dürre-betroffenen Rot-Buche (Schuldt et al. 2020, Langer & Bußkamp 2023) lange nicht allgemein nachweisbar. So konnten bisher in Trockenphasen höhere Absterberaten bei Altbäumen in Schweden und der Ukraine festgestellt werden, dagegen geringe oder keine Effekte der Baumgröße in Deutschland und der Schweiz. In jene Studie von Leuschner (2020) waren Daten nach 2018 aber nur teilweise eingegangen. Diese Einschätzung kann auch deswegen inzwischen als überholt gelten. So sind inzwischen sowohl bei Rot-Buche als auch anderen europäischen Baumarten deutlich höhere Wachstumseinbußen, Schädigungs- und Absterberaten bei älteren oder größeren im Vergleich zu jüngeren bzw. kleineren Bäumen nachgewiesen (Etzold et al. 2019, Lucas-Borja et al. 2021, Zang et al. 2012). Bei einzelnen Arten kann aber eine ähnliche Erholung junger wie älterer Bäume nach Dürreperioden stattfinden (Lucas-Borja et al. 2021). Bei anderen Baumarten bzw. anderen Naturräumen sind Größen- und Alters-abhängige Muster nicht immer erkennbar (Belokopytova et al. 2022).

Auch gibt es weiterhin Beobachtungen die oben zitierten Studien scheinbar widersprechen: *„This drought stress may be more important for older trees as aged trees are more likely to suffer from water stress due to a larger ratio between the transpiring surfaces and root absorption capacity (Penninckx et al., 1999). However, in our study area, we did not see a more explicit growth reduction in the VLT [Very large trees = Bäume mit BHD > 80 cm] compared to the smaller trees“* (Belgien; Vandekerckhove 2019: 94). Bei gepflanzten Bäumen gelten jüngere Bäume sogar als stärker gefährdet, da sie weniger gut eingewurzelt sind als ältere Bäume und Wasservorräte im Boden noch kaum erschlossen haben – hier sind alte bzw. länger etablierte Bäume im Vorteil (Roloff 2022a).

Sehr bemerkenswert sind Beobachtungen an besonders alten, in Deutschland als „Nationalerbe-Bäume“ gesicherten Individuen: *„Keiner der bis jetzt ausgewählten und mit Fachmaßnahmen gepflegten und gesicherten Nationalerbe-Bäume zeigt bisher Trocken- oder Sturmschäden, was ein großes Wunder ist. Als Erklärungen sind anzunehmen die*



*genetische Ausstattung der Uraltbäume (da sie den gesamten Genpool aus ihren Jahrhunderten Lebensgeschichte gespeichert haben) sowie die große Ausdehnung ihrer Wurzelsysteme. In einem Fall (Linde Evessen) wurden die Wurzeln über 35 m entfernt vom Stamm im Garten eines benachbarten Grundstückes gefunden!"* (Roloff 2022b: 8).

Tatsächlich kann die individuelle Dürre-Toleranz von Bäumen (teilweise) in ihrer genetischen Ausstattung begründet sein. Das wurde z.B. bei der Rot-Buche nachgewiesen (Pfenninger et al. 2021) und kann somit (auch) eine Erklärung für das Überleben von Einzelbäumen oder sogar größeren Beständen selbst an Extremstandorten sein (Abb. 8). Da auch andere Baumarten eine erhebliche intraspezifische Varianz in der Dürre-Sensitivität zeigen (Thom et al. 2023b), kann auch bei vielen Altbäumen davon ausgegangen werden, dass sie gerade in genetischer Sicht „*life history lottery winners*“ (Cannon et al. 2022) sind (Abb. 9).



Abb. 8 (links): Kaum geschädigter Orchideen-Buchenwald an einem flachgründigen Südhang über Muschelkalk (Hörselberge, Thüringen; Juni 2020).

Abb. 9 (rechts): Die über 800-jährige Schmorsdorfer Linde (November 2022).

Dazu dürften bei sehr großen und alten Bäumen im Siedlungsbereich aber teils auch besonders günstige (und konkurrenzarme!) Standortbedingungen sowie – wenigstens in der Vergangenheit – aufmerksame, fachgerechte, Pflege beitragen (Abb. 9). Auch die Beobachtungen von Roloff (2022b, s.o.) weisen deutlich auf die Bedeutung eines großen ungestörten Wurzelraumes hin, der die Resilienz auch unter Trockenstressbedingungen deutlich verbessert bzw. Trockenstress-Symptome und Folgeschäden, z.B. durch Stress-beförderte Kalamitäten, mindert (Straßer 2016).

Es ist weiterhin unbestreitbar, dass auch ohne den Einfluss des Klimawandels extreme (bzw. verschlechterte) Standortbedingungen sowie unsachgemäße Pflege zum vorzeitigen Absterben alter Bäume führen (Roloff 2023). Daher trägt auch die Reduktion solcher Stressfaktoren und Vermeidung von Schäden zur Stärkung der Bäume gegen Auswirkungen des Klimawandels bei (Woodland Trust 2008). Schon vor 1990 gab es z.B. in der damaligen DDR Hinweise zur Vermeidung von Baumschäden etwa durch Streusalz und Bodenverdichtung (Behrens & Hoffmann 2007).

## 5 Ausprägungen von Trockenstress an Bäumen im Osterzgebirge (2022)

Zustandsveränderungen an von den Pat:innen betreuten Einzelbäumen werden in einem späteren Teilbericht ausgewertet. In Tab. 4 sind für die bisher berücksichtigten Baumarten Trockenstress-Symptome und sonstige Schäden zusammengestellt. Basis für diese Übersicht waren einerseits Beobachtungen in der Vegetationsperiode 2022 (während der z.T. noch Bäume erfasst wurden), zum anderen Zustandsvergleiche einzelner Bäume mit den relativ niederschlagsreichen Jahren 2023 und 2024 durch den Verfasser.

Vielfach bestätigen diese Beobachtungen die Literaturangaben zur Trockenheits- bzw. Dürretoleranz bestätigt, in anderen Fällen muss stärker standörtlich differenziert werden. So befinden sich die (kaum betroffenen) Weiß-Tannen ausschließlich in Waldgebieten, während die einheimischen Linden-Arten z.B. an Naturstandorten weitaus weniger von Trockenstress betroffen sind als die meisten, zahlreicher untersuchten Individuen im Siedlungsbereich.

Andererseits gab es auch 2022 noch ältere Buchen-Solitäre in Parkanlagen, die kaum Trockenstress-Symptome zeigten (Abb. 10), während gerade einige Buchen in naturnahen Waldgebieten (z.B. NSG Weißeritztalhänge) erhebliche Trockenschäden aufwiesen. In der Folge war hier teilweise schon im selben Jahr, verstärkt im Folgejahr starker Befall durch holzersetzende Pilze feststellbar (Abb. 1), und zahlreiche Zusammenbrüche.



Abb. 10: ND Lutherbuche auf dem Friedhof Niederbobritzsch (September 2022)

## 6 Mögliche Zukunfts-Baumarten

Als vergleichsweise resiliente einheimische Baumarten kommen vor allem die einheimischen Eichen-Arten (und hier v.a. Trauben-Eiche, Flaum-Eiche) verstärkt in den Blick (Roloff 2021). In den höheren Lagen dürfte der Waldumbau von Fichtenbeständen hin zu etwas resilienteren Buchenwäldern fortgesetzt werden, wobei Trockengrenzen der Buche insgesamt zunehmend deutlicher werden (Falk et al. 2022). Bisher eher wenig beachtet wurden andere (vergleichsweise) seltene einheimische Mischbaumarten. Auch einige dieser Arten gelten als relativ trockenheitstolerant sind und sollten stärker gefördert werden. Dazu gehören die einheimischen Ulmen-Arten, Felsen-Ahorn (Abb. 11), Feld-Ahorn, Hainbuche sowie Elsbeere und Speierling (Roloff 2021; Schmucker et al. 2023, 2024).

Vor allem im Siedlungsbereich, wo Bäume schon jetzt extremen Stressfaktoren ausgesetzt sein können, spielen gebietsfremde Baumarten eine zunehmend größere Rolle (Roloff 2021). Zu den gebietsfremden Arten gehören einige, die gegenüber einheimischen Arten als trockenheits- und stresstoleranter gelten (Tab. 1). Ihre ökologischen Auswirkungen, gerade auch auf spezialisierte Artengruppen, werden – soweit überhaupt bekannt – zum Teil als negativ eingestuft (Invasivität; Nehring et al. 2013, Wohlgemuth et al. 2022). Die Verwendung eingeführter Baumarten wird aber – auch bei fortbestehenden Wissenslücken – zunehmend pragmatischer gesehen (Alexander et al. 2016). Dies ist auch mit Erwartungen verbunden, dass jene Arten zumindest einen Teil der Ökosystemleistungen von Bäumen aufrechterhalten können, wenn einheimische Baumarten verstärkt absterben bzw. unter extremeren Standortbedingungen nur noch eingeschränkt verwendbar sind (Dickie et al. 2014).



Abb. 11 (links): Felsen-Ahorn (*Acer monspessulanum*) (Burg Giebichenstein, Halle/Saale; Mai 2022)

Abb. 12 (rechts): Rund 120 Jahre alte Blumen-Esche (*Fraxinus ornus*) mit hohlem Stamm (Dresden, Mai 2024)

Vielfach handelt es sich bei den „neuen“ Arten jedoch um schnellwüchsige wie auch eher mittel- bis kurzlebige Bäume. Solche Pionier-Baumarten können durchaus ökologisch von Interesse sein, da sie in kürzerer Zeit wichtige Habitats für Baumbewohner bereitstellen können (Dittrich et al. 2021, Spînu et al. 2023; Abb. 12). Zu den langlebigeren gebietsfremden Baumarten gehören dagegen Ess-Kastanie (*Castanea sativa*, Abb. 13), Ginkgo (*Ginkgo biloba*), Bastard-Platane (*Platanus x hispanica*), der Riesen-Mammutbaum (*Sequoiadendron giganteum*) und Zedern (*Cedrus atlantica*, *C. libani*, Abb. 14), die z.T. auch eine hohe Trockenstress- oder Dürre-Toleranz aufweisen (Tab. 1). Monumentale Alt-Exemplare solcher Arten wurden auch bereits in Schutzkonzepte einbezogen, z.B. als Naturdenkmale oder Nationalerbe-Bäume (Roloff & Deutsche Dendrologische Gesellschaft 2023, Roloff 2020).

Grundsätzlich müssen die Potenziale und Risiken der Verwendung gebietsfremder Baumarten sorgfältig gegeneinander abgewogen werden (Hauck 2023). Im geplanten 3. Teilbericht wird daher auch auf die weitere Ökologie dieser und einheimischer Arten eingegangen. So sollen mit Blick auf die Trockenheitstoleranz und (möglichen) Auswirkungen auf die Biodiversität jene Baumarten ermittelt werden, die unter Bedingungen des Klimawandels langfristig Baumdenkmale bleiben oder werden können, zugleich aber auch weiterhin die Biodiversität fördern (Woodland Trust 2009, Dickie et al. 2014).



Abb. 13: Junge Esskastanie (Naturverjüngung!) in einem aufgelichteten Fichten-Bestand (Tharandter Wald, September 2022)

Abb. 14: Libanon-Zeder (Forstbotanischer Garten Tharandt, April 2022)

Tab. 1: Trockenheitstoleranz und Winterhärte bei ausgewählten Baumarten. DTI, DroughtTolerance Index nach Niinemets & Valladares (2006; 0, keine bis 5, höchste Dürretoleranz; Mittelwert  $\pm$  Standardfehler) sowie die Bewertung der KlimaArtenMatrix KLAM (Roloff 2021; Trockenheitstoleranz.Winterhärte; s. Tab. 2). Hier wurde einige nicht bewertete Arten mit Einstufungen der Trockenheits-Toleranz und Frosthärte (USDA-Winterhärtezonen, Tab. 3) aus der CITREE-Datenbank ergänzt. Daten: im Naturraum Osterzgebirge Einzelbäume erfasst. Dick gedruckt: Favoriten für die Verwendung als Stadtbäume bei Roloff (2021).

Wiss. Name	Deutscher Name	Herkunft	DTI	KLAM	Daten
<i>Abies alba</i>	Weiß-Tanne	Europa	1.81 $\pm$ 0.28	x	+
<i>Abies concolor</i>	Colorado-Tanne	Nordamerika	1.91 $\pm$ 0.12	x	+
<i>Abies grandis</i>	Küsten-Tanne	Nordamerika	2.33 $\pm$ 0.33	x	
<i>Abies homolepis</i>	Nikko-Tanne	Ostasien	2.5 $\pm$ 0.5	x	+
<i>Abies procera</i>	Edel-Tanne	Nordamerika	2.5	x	+
<b><i>Acer buergerianum</i></b>	<b>Dreizähliger Ahorn</b>	<b>Ostasien</b>	<b>2.75</b>	<b>2.1</b>	
<b><i>Acer campestre</i></b>	<b>Feld-Ahorn</b>	<b>Europa</b>	<b>2.93<math>\pm</math>0.32</b>	<b>1.1</b>	<b>+</b>
<i>Acer glabrum</i>	Kahler Ahorn	Nordamerika	2.88 $\pm$ 0.12	3.1	
<b><i>Acer monspessulanum</i></b>	<b>Felsen-Ahorn</b>	<b>Europa</b>	<b>4.31<math>\pm</math>0.41</b>	<b>1.2</b>	
<i>Acer negundo</i>	Eschen-Ahorn	Nordamerika	3.03 $\pm$ 0.82	1.1	
<b><i>Acer opalus</i></b>	<b>Schneeball-Ahorn</b>	<b>Europa</b>	<b>3.72<math>\pm</math>0.17</b>	<b>1.2</b>	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	Europa	2.73 $\pm$ 0.16	2.1	+
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	Europa	2.75 $\pm$ 0.16	4.1	+
<i>Acer rubrum</i>	Rot-Ahorn	Nordamerika	1.84 $\pm$ 0.16	1.2	
<i>Acer saccharinum</i>	Silber-Ahorn	Nordamerika	2.88 $\pm$ 0.12	3.1	
<i>Acer tataricum</i>	Tataren-Ahorn	Europa	3.37 $\pm$ 0.32	1.1	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Balkan-Roskastanie	Europa	2.82 $\pm$ 0.15	3.2	+
<i>Aesculus x carnea</i>	Rotblühende Roskastanie	x	2.75	trockentolerant/6b	
<i>Ailanthus altissima</i>	Götterbaum	Ostasien	2.96 $\pm$ 0.12	1.2	
<i>Albizia julibrissin</i>	Seiden-Akazie	Westasien/Ostasien	4.47 $\pm$ 0.47	1.4	
<b><i>Alnus cordata</i></b>	<b>Herzblättrige Erle</b>	<b>Europa</b>	<b>x</b>	<b>2.2</b>	
<i>Alnus glutinosa</i>	Schwarz-Erle	Europa	2.22 $\pm$ 0.66	4.2	+
<i>Alnus incana</i>	Grau-Erle	Europa	1.89 $\pm$ 0.29	1.1	
<i>Alnus x spaethii</i>	Purpur-Erle	x	x	2.1	
<i>Amelanchier lamarckii</i>	Kupfer-Felsenbirne	Nordamerika	x	3.1	
<i>Asimina triloba</i>	Pawpaw	Nordamerika	2	verträgt keine Trockenheit/6b	
<i>Betula papyrifera</i>	Papier-Birke	Nordamerika	2.02 $\pm$ 0.3	3.1	
<i>Betula pendula</i>	Sand-Birke	Europa	1.85 $\pm$ 0.21	2.1	+
<i>Betula pendula</i> ssp. <i>szechuanica</i>	Szechuan-Birke	Ostasien	2.5	empfindlich/5b	
<i>Betula pubescens</i>	Moor-Birke	Europa	1.27 $\pm$ 0.18	x	
<i>Broussonetia papyrifera</i>	Papier-Maulbeerbaum	Ostasien	x	2.4	
<i>Broussonetia x kazinoki</i>	Japanische Papier-Maulbeere	Ostasien	4	2.4	
<i>Buxus sempervirens</i>	Buchsbaum	Europa	3.88 $\pm$ 0	1.1	+
<b><i>Carpinus betulus</i></b>	<b>Hainbuche</b>	<b>Europa</b>	<b>2.66<math>\pm</math>0.16</b>	<b>2.1</b>	<b>+</b>
<i>Carpinus caroliniana</i>	Amerikanische Hainbuche	Nordamerika	2.02 $\pm$ 0.02	3.1	
<i>Carya cordiformis</i>	Bitternuss	Nordamerika	4	3.2	
<i>Carya glabra</i>	Ferkelnuss	Nordamerika	4 $\pm$ 0	3.2	
<i>Carya illinoensis</i>	Pekan-Nussbaum	Nordamerika	2	2.2	
<i>Carya laciniosa</i>	Könignuss	Nordamerika	2	4.3	
<i>Carya ovata</i>	Schindel-Hickory	Nordamerika	3	2.2	
<i>Carya tomentosa</i>	Spottnuss	Nordamerika	3	1.2	
<i>Castanea sativa</i>	Ess-Kastanie	Europa	3.46 $\pm$ 0.18	1.2	+
<i>Catalpa bignonioides</i>	Gewöhnlicher Trompetenbaum	Nordamerika	2.58 $\pm$ 0.3	2.3	+

Wiss. Name	Deutscher Name	Herkunft	DTI	KLAM	Daten
<i>Catalpa speciosa</i>	Prächtiger Trompetenbaum	Nordamerika	4.22±0.35	2.2	
<i>Cedrus atlantica</i>	Atlas-Zeder	Nordafrika	x	1.4	
<i>Cedrus deodara</i>	Himalaya-Zeder	Ostasien	3.85±0.15	3.4	
<i>Cedrus libani</i>	Libanon-Zeder	Europa	2.75	1.4	+
<i>Celtis australis</i>	Südlicher Zürgelbaum	Europa	x	1.2	
<b><i>Celtis occidentalis</i></b>	<b>Amerikanischer Zürgelbaum</b>	<b>Nordamerika</b>	<b>3.85±0.15</b>	<b>1.2</b>	
<i>Cercis canadensis</i>	Kanadischer Judasbaum	Nordamerika	4.05±0.4	2.2	
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Lawsons Scheinzypresse	Nordamerika	2.06±0.58	empfindlich/6a	
<i>Cladrastis kentukeana</i>	Amerikanisches Gelbholz	Nordamerika	x	2.2	
<i>Cornus mas</i>	Kornelkirsche	Europa	3.17±0.42	1.1	
<i>Corylus avellana</i>	Haselnuss	Europa	3.04	empfindlich/5a	
<b><i>Corylus colurna</i></b>	<b>Baum-Hasel</b>	<b>Europa</b>	<b>3.13±0.37</b>	<b>2.2</b>	
<i>Crataegus crus-galli</i>	Hahnesporen-Weißdorn	Nordamerika	4.98±0.02	2.1	
<i>Crataegus laevigata</i> agg.	Zweiggriffeliger Weißdorn	Europa	2.9±0.15	3.1	
<i>Crataegus monogyna</i> agg.	Eingriffeliger Weißdorn	Europa	3.46±0.42	2.1	
<i>Crataegus x lavalleyi</i>	Lavalles Weißdorn	x	3.69	1.1	
<i>Cryptomeria japonica</i>	Japanische Sichelanne	Ostasien	2.75±0.25	x	
<i>Cupressus arizonica</i>	Arizona-Zypresse	Nordamerika	4.47±0.47	sehr tolerant/7b	
<i>Cupressus sempervirens</i>	Echte Zypresse	Europa	4.95	1.4	
<i>Cydonia oblonga</i>	Quitte	Europa	3.88	x	
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Schmalblättrige Ölweide	Europa	4.47±0.47	1.2	
<b><i>Eucommia ulmoides</i></b>	<b>Guttapercha-Baum</b>	<b>Ostasien</b>	<b>x</b>	<b>2.1</b>	
<i>Fagus orientalis</i>	Orient-Buche	Europa/Westasien	2.7	x	+
<i>Fagus sylvatica</i>	Rot-Buche	Europa	2.4±0.43	3.2	+
<i>Fraxinus americana</i>	Amerikanische Esche	Nordamerika	2.38±0.38	2.1	
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Schmalblättrige Esche	Europa	x	1.2	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	Europa	2.5±0.25	2.2	+
<i>Fraxinus ornus</i>	Blumen-Esche	Südeuropa	4.31±0.41	1.2	
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Rot-Esche	Nordamerika	3.85±0.15	2.1	
<i>Fraxinus quadrangulata</i>	Blau-Esche	Nordamerika	2.75	2.2	
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	Ostasien	3.99±0.47	1.1	+
<b><i>Gleditsia triacanthos</i></b>	<b>Amerikanische Gleditschie</b>	<b>Nordamerika</b>	<b>4.98±0.02</b>	<b>1.2</b>	
<i>Gymnocladus dioica</i>	Geweihebaum	Nordamerika	3.69	2.2	
<i>Halesia carolina</i>	Carolina-Schneeglöckchenbaum	Nordamerika	2±0	x	+
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Sanddorn	Europa	3.46±0.42	2.1	
<i>Ilex aquifolium</i>	Gewöhnliche Stechpalme	Europa	3.04±0	2.2	+
<i>Juglans regia</i>	Walnuss	Westasien	2.98±0.22	2.3	+
<i>Juniperus communis</i>	Wacholder	Europa	4.41±0.59	1.1	+
<b><i>Koelreuteria paniculata</i></b>	<b>Bunte Blasenlesche</b>	<b>Ostasien</b>	<b>4.47±0.47</b>	<b>1.2</b>	
<i>Laburnum anagyroides</i>	Gewöhnlicher Goldregen	Nordamerika	3	2.2	
<i>Larix decidua</i>	Europäische Lärche	Europa	2.31±0.55	x	+
<i>Larix kaempferi</i>	Japanische Lärche	Ostasien	3±1	x	
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Amerikanischer Amberbaum	Nordamerika	2.92±0.08	2.2	
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Amerikanischer Tulpenbaum	Nordamerika	2.6±0.3	3.2	+
<i>Maclura pomifera</i>	Osagedorn	Nordamerika	4.22±0.35	1.2	
<i>Magnolia acuminata</i>	Gurken-Magnolie	Nordamerika	1.27±0.27	empfindlich/5b	
<i>Magnolia denudata</i>	Yulan-Magnolie	Ostasien	2	empfindlich/6b	
<i>Magnolia fraseri</i>	Berg-Magnolie	Nordamerika	2±0	empfindlich/6b	
<i>Magnolia grandiflora</i>	Immergrüne Magnolie	Nordamerika	2.88±0.12	empfindlich/8a	
<i>Magnolia kobus</i>	Kobushi-Magnolie	Ostasien	2.88±0.12	2.2	

Wiss. Name	Deutscher Name	Herkunft	DTI	KLAM	Daten
<i>Magnolia liliflora</i>	Pupur-Magnolie	Ostasien	2.5	empfindlich/6b	
<i>Magnolia obovata</i>	Weißrückige Magnolie	Ostasien	2	empfindlich/6a	
<i>Magnolia stellata</i>	Stern-Magnolie	Ostasien	1.77±0.23	verträgt keine Trockenheit/4	
<i>Magnolia tripetala</i>	Schirm-Magnolie	Nordamerika	2	empfindlich/6b	
<i>Magnolia virginiana</i>	Sumpf-Magnolie	Nordamerika	1.5±0.5	empfindlich/6b	
<i>Magnolia x loebneri</i>	Loebners Magnolie	Ostasien	1.53	empfindlich/6b	
<i>Magnolia x soulangeana</i>	Tulpen-Magnolie	Ostasien	1.77±0.23	empfindlich/6b	
<i>Malus pumila</i> var. <i>domestica</i>	Kultur-Apfel	Europa	3.04	x	+
<i>Malus sylvestris</i>	Holz-Apfel	Europa	3.16±0.18	2.2	+
<i>Mespilus germanica</i>	Mispel	Europa	32203	2.2	
<b><i>Metasequoia glyptostroboides</i></b>	<b>Urwelt-Mammutbaum</b>	<b>Ostasien</b>	<b>2.38±0.38</b>	<b>2.1</b>	
<i>Morus alba</i>	Weißer Maulbeerbaum	Ostasien	2.88±0.12	1.2	
<i>Morus nigra</i>	Schwarzer Maulbeerbaum	Westasien	x	2.3	
<b><i>Nyssa sylvatica</i></b>	<b>Tupelobaum</b>	<b>Nordamerika</b>	<b>2±0</b>	<b>2.2</b>	
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Gemeine Hopfenbuche	Europa	3.07±0.17	1.1	
<b><i>Ostrya virginiana</i></b>	<b>Virginische Hopfenbuche</b>	<b>Nordamerika</b>	<b>3.25±0.38</b>	<b>1.2</b>	
<i>Parrotia persica</i>	Parrotie	Westasien	x	2.2	
<i>Paulownia tomentosa</i>	Chinesischer Blauglockenbaum	Ostasien	3	2.4	
<i>Phellodendron amurense</i>	Amur-Korkbaum	Ostasien	x	2.2	
<i>Picea abies</i>	Gewöhnliche Fichte	Europa	1.75±0.41	x	+
<i>Picea omorika</i>	Serbische Fichte	Europa	2.75	2.1	
<i>Picea pungens</i>	Stech-Fichte	Nordamerika	2.88±0.12	x	
<i>Pinus aristata</i>	Grannen-Kiefer	Nordamerika	4.97±0.03	1.1	
<i>Pinus bungeana</i>	Tempel-Kiefer	Ostasien	2.88±0.12	1.2	
<i>Pinus cembra</i>	Zirbel-Kiefer	Europa	3.01±0.43	x	
<i>Pinus contorta</i> ssp. <i>contorta</i>	Murray-Kiefer	Nordamerika	4.04±0.38	x	
<i>Pinus monophylla</i>	Einnadelige Kiefer	Nordamerika	4.97±0.03	1.4	
<i>Pinus mugo</i>	Latschen-Kiefer	Europa	4.23±0.47	2.1	
<i>Pinus nigra</i>	Schwarz-Kiefer	Europa	4.38±0.47	1.1	+
<i>Pinus peuce</i>	Rumelische Kiefer	Europa	x	2.2	
<i>Pinus ponderosa</i>	Ponderosa-Kiefer	Nordamerika	4.32±0.32	1.2	
<i>Pinus rigida</i>	Pech-Kiefer	Nordamerika	4	1.2	
<i>Pinus strobus</i>	Weymouth-Kiefer	Nordamerika	2.29±0.38	x	+
<i>Pinus sylvestris</i>	Wald-Kiefer	Europa	4.34±0.47	1.1	+
<i>Pinus uncinata</i>	Haken-Kiefer	Europa	3.88	2.1	
<i>Pinus wallichiana</i>	Himalaya-Kiefer	Ostasien	2.75	3.4	
<i>Platanus occidentalis</i>	Abendländische Platane	Nordamerika	2.25±0.25	2.2	
<i>Platanus orientalis</i>	Morgenländische Platane	Europa	3.5	1.2	
<i>Platanus x hispanica</i>	Bastard-Platane	x	3.35±0.35	2.2	+
<i>Platyclusus orientalis</i>	Morgenländischer Lebensbaum	Ostasien	2.88±0.12	1.2	
<i>Populus alba</i>	Silber-Pappel	Europa	2.67±0.23	2.2	+
<i>Populus nigra</i>	Schwarz-Pappel	Europa	2.2±0.38	x	+
<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel	Europa	2.85±0.25	1.1	+
<i>Populus x canadensis</i>	Hybrid-Pappel	x	1.77±0.23	x	+
<i>Populus x canescens</i>	Grau-Pappel	Europa	2.21	2.1	
<i>Prunus armeniaca</i>	Aprikose	Europa	2.75	1.2	
<i>Prunus avium</i>	Vogel-Kirsche	Europa	2.66±0.22	2.1	+
<i>Prunus cerasifera</i>	Kirsch-Pflaume	Europa	2.9±0.15	1.2	
<i>Prunus domestica</i>	Pflaume	Europa	2.9±0.15	x	
<i>Prunus mahaleb</i>	Steinweichsel	Europa	4.31±0.41	1.1	+
<i>Prunus padus</i>	Echte Traubenkirsche	Europa	1.93±0.1	2.1	+

Wiss. Name	Deutscher Name	Herkunft	DTI	KLAM	Daten
<i>Prunus sargentii</i>	Sargents Kirsche	Ostasien	2.88±0.12	3.2	
<i>Prunus serotina</i>	Späte Traubenkirsche	Nordamerika	3.02±0.02	2.1	+
<i>Pseudolarix amabilis</i>	Gold-Lärche	Ostasien	x	2.2	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Gewöhnliche Douglasie	Nordamerika	2.62±0.41	x	+
<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	Kaukasische Flügelnuss	Westasien	x	3.3	
<i>Pyrus calleryana</i>	Chinesische Wildbirne	Ostasien	4.47±0.47	sehr tolerant/6a	
<i>Pyrus communis</i>	Kultur-Birne	Europa	2.73±0.38	2.2	
<i>Pyrus pyraeaster</i>	Holz-Birne	Europa	3.31±0.59	1.2	+
<b><i>Quercus bicolor</i></b>	<b>Zweifarbige Eiche</b>	<b>Nordamerika</b>	<b>3.35±0.35</b>	<b>1.1</b>	
<b><i>Quercus cerris</i></b>	<b>Zerr-Eiche</b>	<b>Europa</b>	<b>4.29±0.21</b>	<b>1.2</b>	
<i>Quercus coccinea</i>	Scharlach-Eiche	Nordamerika	4	1.2	
<i>Quercus dentata</i>	Japanische Kaisereiche	Ostasien	3.75±0.25	2.2	
<i>Quercus falcata</i>	Sichelblättrige Eiche	Nordamerika	5	2.4	
<i>Quercus frainetto</i>	Ungarische Eiche	Europa	x	1.2	
<i>Quercus imbricaria</i>	Schindel-Eiche	Nordamerika	3.85±0.15	2.2	
<i>Quercus libani</i>	Libanon-Eiche	Westasien	x	1.2	
<b><i>Quercus macranthera</i></b>	<b>Persische Eiche</b>	<b>Westasien</b>	<b>x</b>	<b>1.2</b>	
<i>Quercus macrocarpa</i>	Kletten-Eiche	Nordamerika	3.85±0.15	2.1	
<i>Quercus marilandica</i>	Schwarz-Eiche	Nordamerika	4	2.4	
<i>Quercus muehlenbergii</i>	Gelb-Eiche	Nordamerika	4.97±0.03	1.2	
<i>Quercus palustris</i>	Sumpf-Eiche	Nordamerika	2.38±0.38	2.2	
<b><i>Quercus petraea</i></b>	<b>Trauben-Eiche</b>	<b>Europa</b>	<b>3.02±0.15</b>	<b>1.2</b>	<b>+</b>
<i>Quercus phellos</i>	Weiden-Eiche	Nordamerika	1	3.2	
<i>Quercus prinus</i>	Kastanien-Eiche	Nordamerika	3.5±0.5	1.2	
<b><i>Quercus pubescens</i></b>	<b>Flaum-Eiche</b>	<b>Europa</b>	<b>4.1±0.25</b>	<b>1.2</b>	
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche	Europa	2.95±0.31	2.1	+
<i>Quercus rubra</i>	Rot-Eiche	Nordamerika	2.88±0.12	2.2	+
<i>Quercus velutina</i>	Färber-Eiche	Nordamerika	3	trockentolerant/ 5b	
<i>Rhus typhina</i>	Essigbaum	Nordamerika	4	1.1	
<b><i>Robinia pseudoacacia</i></b>	<b>Gewöhnliche Robinie</b>	<b>Nordamerika</b>	<b>4.11±0.65</b>	<b>1.1</b>	<b>+</b>
<i>Salix x rubens</i>	Fahl-Weide	Europa	0.53	x	
<i>Salix alba</i>	Silber-Weide	Europa	2±0.21	2.1	
<i>Salix caprea</i>	Sal-Weide	Europa	2.24±0.23	2.1	+
<i>Salix fragilis</i>	Bruch-Weide	Europa	1.23±0.39	x	
<i>Sequoiadendron giganteum</i>	Riesen-Mammutbaum	Nordamerika	2.88±0.12	x	
<b><i>Sorbus aria</i></b>	<b>Echte Mehlbeere</b>	<b>Europa</b>	<b>3.55±0.12</b>	<b>1.1</b>	
<i>Sorbus aucuparia</i>	Gewöhnliche Eberesche	Europa	2.11±0.34	3.1	+
<i>Sorbus domestica</i>	Speierling	Europa	3.52±0.26	1.2	
<b><i>Sorbus intermedia</i></b>	<b>Schwedische Mehlbeere</b>	<b>Europa</b>	<b>2.21</b>	<b>2.1</b>	<b>+</b>
<i>Sorbus torminalis</i>	Elsbeere	Europa	3.74±0.13	1.2	
<b><i>Styphnolobium japonicum</i></b>	<b>Japanischer Schnurbaum</b>	<b>Ostasien</b>	<b>2.75</b>	<b>1.2</b>	
<i>Taxodium distichum</i>	Sumpf-Zypresse	Nordamerika	3.25±0.38	3.2	
<i>Taxus baccata</i>	Europäische Eibe	Europa	3.01±0.17	sehr tolerant/6a	+
<i>Tetradium daniellii</i>	Bienenbaum	Ostasien	x	3.4	
<i>Thuja occidentalis</i>	Abendländischer Lebensbaum	Nordamerika	2.71±0.38	x	
<i>Thuja plicata</i>	Riesen-Lebensbaum	Nordamerika	2.23±0.25	trockentolerant/ 5b	
<i>Tilia x europaea</i>	Holländische Linde	Europa	3.04	2.2	+
<b><i>Tilia cordata</i></b>	<b>Winter-Linde</b>	<b>Europa</b>	<b>2.75±0.15</b>	<b>2.1</b>	<b>+</b>
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommer-Linde	Europa	2.52±0.16	3.2	+
<b><i>Tilia tomentosa</i></b>	<b>Silber-Linde</b>	<b>Europa</b>	<b>2.81±0.12</b>	<b>1.2</b>	<b>+</b>
<i>Tsuga canadensis</i>	Kanadische Hemlockstanne	Nordamerika	1	x	
<i>Tsuga heterophylla</i>	Westliche Hemlocktanne	Nordamerika	1.17±0.17	x	



<b>Wiss. Name</b>	<b>Deutscher Name</b>	<b>Herkunft</b>	<b>DTI</b>	<b>KLAM</b>	<b>Daten</b>
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	Europa	2.41±0.13	3.1	+
<i>Ulmus laevis</i>	Flatter-Ulme	Europa	1.45±0.22	2.2	+
<i>Ulmus minor</i>	Feld-Ulme	Europa	3.39±0.15	x	+
<b><i>Ulmus pumila</i></b>	<b>Sibirische Ulme</b>	<b>Ostasien</b>	<b>3.35±0.35</b>	<b>1.1</b>	
<i>Zelkova serrata</i>	Japanische Zelkove	Ostasien	3.35±0.35	2.2	

Tab. 2: KlimaArtenMatrix (KLAM) mit 16 Einstufungen („Notenpaare“; nach Roloff 2021). Jeweils 1=hoch bis 4=gering.

		Winterhärte			
		.1	.2	.3	.4
Trockenstress-Toleranz	1.	1.1	1.2	1.3	1.4
	2.	2.1	2.2	2.3	2.4
	3.	3.1	3.2	3.3	3.4
	4.	4.1	4.2	4.3	4.4

Gruppierungen: 1.1, 1.2, sehr gut geeignet; 1.3, 2.1, 2.2 gut geeignet; 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, geeignet aber z.T. problematisch; 1.4, 2.4, 3.4, 4.1, 4.2, 4.3, nur eingeschränkt geeignet; 4.4, ungeeignet.

Tab. 3: USDA-Winterhärtezonen (Auszug nach DWD), Spannen tiefster Winter-Temperaturen

Zone	Von	Bis
Klimazone 4a	-34,4 °C	-31,7 °C
Klimazone 4b	-31,6 °C	-28,9 °C
Klimazone 5a	-28,8 °C	-26,2 °C
Klimazone 5b	-26,1 °C	-23,4 °C
Klimazone 6a	-23,3 °C	-20,5 °C
Klimazone 6b	-20,4 °C	-17,8 °C
Klimazone 7a	-17,7 °C	-15,0 °C
Klimazone 7b	-14,9 °C	-12,3 °C
Klimazone 8a	-12,2 °C	-9,5 °C
Klimazone 8b	-9,4 °C	-6,7 °C

Tab. 4: Trockenstress-Symptome und sonstige Schäden an verschiedenen Baumarten im Naturraum Osterzgebirge im Jahr 2022

Wiss. Name	Deutscher Name	Trockenstress	Symptome/Reaktionen, sonstige Schäden	Bemerkung
<i>Abies alba</i>	Weiß-Tanne	-		
<i>Abies concolor</i>	Colorado-Tanne	-		
<i>Abies homolepis</i>	Nikko-Tanne	-	z.T. starker Mistelbefall	
<i>Abies procera</i>	Edel-Tanne	-		
<i>Acer campestre</i>	Feld-Ahorn	-		
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	(+)	Z.T. Auflichtung, vereinzelt <i>Verticillum</i> -Welke und Rußrinde	V.a. im Siedlungsbereich
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	+	Z.T. Auflichtung, vereinzelt Rußrinde, keine Herbstfärbung	V.a. im Siedlungsbereich
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Balkan-Rosskastanie	?	Laubfall (nur Miniermotte?)	
<i>Alnus glutinosa</i>	Schwarz-Erle	-		
<i>Betula pendula</i>	Sand-Birke	(+)	Trockene Zweige, Laubfall	V.a. im Siedlungsbereich
<i>Buxus sempervirens</i>	Buchsbaum	-	Kalamität (Buchsbaumzünsler)	
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche	(+)	z.T. Laubfall	
<i>Castanea dentata</i>	Amerikanische Ess-Kastanie	(+)	z.T. kleinere Blätter	
<i>Castanea sativa</i>	Ess-Kastanie	(+)	kleinere Blätter	
<i>Catalpa bignonioides</i>	Gewöhnlicher Trompetenbaum	-		
<i>Cedrus libani</i>	Libanon-Zeder	-		
<i>Fagus orientalis</i>	Orient-Buche	-		
<i>Fagus sylvatica</i>	Rot-Buche	+	Auflichtung, Absterben noch im Folgejahr	an günstigen Standorten bzw. einzelnen Solitären auch ohne Symptome/Schäden

Wiss. Name	Deutscher Name	Trockenstress	Symptome/Reaktionen, sonstige Schäden	Bemerkung
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	-	z.T. Kalamität (Eschen-Triebsterben)	
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	-	Sturmschaden/Astabbruch	
<i>Halesia carolina</i>	Carolina-Schneeglöckchenbaum	-		
<i>Ilex aquifolium</i>	Gewöhnliche Stechpalme	-		
<i>Juglans regia</i>	Walnuss	-	Spätfrostschaden	
<i>Juniperus communis</i>	Wacholder	+	einzelne vertrocknet, evtl. auch durch Konkurrenzdruck	
<i>Larix decidua</i>	Europäische Lärche	-		
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Amerikanischer Tulpenbaum	+	Laubfall an flachgründigen Standorten, verminderter Blütenansatz	
<i>Malus pumila</i> var. <i>domestica</i>	Kultur-Apfel	+	Laub- und Fruchtfall	Sorten- und Standorts-abhängig
<i>Malus sylvestris</i>	Holz-Apfel	-		
<i>Picea abies</i>	Gewöhnliche Fichte	+	Vertrocknen bzw. Borkenkäfer	an günstigen Standorten noch relativ vitale, überlebende Altbäume
<i>Pinus strobus</i>	Weymouth-Kiefer	-	Harzfluss, evtl. Hinweis auf Rost	
<i>Pinus sylvestris</i>	Wald-Kiefer	+	Absterbende Gruppen im Wald	bisher überwiegend Extremstandorte, aufgenommene Altbäume nicht betroffen
<i>Platanus x hispanica</i>	Bastard-Platane	-	leichte Spätfrostschäden	
<i>Populus alba</i>	Silber-Pappel	-		
<i>Populus nigra</i>	Schwarz-Pappel	-		

Wiss. Name	Deutscher Name	Trockenstress	Symptome/Reaktionen, sonstige Schäden	Bemerkung
<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel	-		
<i>Populus x canadensis</i>	Hybrid-Pappel	-		
<i>Prunus avium</i>	Vogel-Kirsche	+	Laubfall, tlw. Monilia-Spitzendürre	
<i>Prunus mahaleb</i>	Steinweichsel	-	Monilia-Spitzendürre	
<i>Prunus padus</i>	Echte Traubenkirsche	-	Insektenfraß im Sommer, Blattkäfer und Gespinstmotten	
<i>Prunus serotina</i>	Späte Traubenkirsche	-		
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Gewöhnliche Douglasie	-		
<i>Pyrus pyraeaster</i>	Holz-Birne	-		Kulturbäume z.T. mit Laub- und Fruchtfall, Birnen-Gitterrost
<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche	(+)	Astabsprünge	Überwiegend an Extremstandorten, sonst ohne Symptome
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche	(+)	Astabsprünge	Überwiegend an Extremstandorten, sonst ohne Symptome
<i>Quercus rubra</i>	Rot-Eiche	-		
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Gewöhnliche Robinie	(+)	Aufstellung der Fiederblättchen in Hitzephasen	
<i>Salix caprea</i>	Sal-Weide	+	Laubfall	
<i>Sorbus aucuparia</i>	Gewöhnliche Eberesche	+	Auflichtung, Absterben der Zweige, Vertrocknen der Früchte, oft keine Herbstfärbung	Evtl. auch andere Gründe?

<b>Wiss. Name</b>	<b>Deutscher Name</b>	<b>Trockenstress</b>	<b>Symptome/Reaktionen, sonstige Schäden</b>	<b>Bemerkung</b>
<i>Sorbus intermedia</i>	Schwedische Mehlbeere	-		
<i>Taxus baccata</i>	Europäische Eibe	(+)	tlw. verstärktes Nadel-Rieseln	
<i>Tilia x europaea</i>	Holländische Linde	(+)	Laubfall	überwiegend im Siedlungsbereich
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	+	Laubfall, evtl. Stigmina-Triebsterben	überwiegend im Siedlungsbereich
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommer-Linde	+	Laubfall, evtl. Stigmina-Triebsterben	überwiegend im Siedlungsbereich, aber auch dort Einzelbäume ohne Symptome
<i>Tilia tomentosa</i>	Silber-Linde	(+)	Aufwendung der Blatt-Unterseiten in Hitzephasen	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	+	Laubfall, Auflichtung; auch Kalamität (Blattpilze, evtl. Läuse)	
<i>Ulmus laevis</i>	Flatter-Ulme	+	Kleinere Blätter, Laubfall	
<i>Ulmus minor</i>	Feld-Ulme	(+)	Mäßige Auflichtung bei Altbäumen	

## 7 Quellen

- Alexander, K., Green, T. & Morris, R. 2016. Naturalised broadleaf trees – a call for a strategic reappraisal. – *British Wildlife* October 2016: 13-20.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.-H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A. & Cobb, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. – *Forest Ecology and Management* 259: 660-684.
- Au, T.F., Maxwell, J.T., Robeson, S.M., Li, J., Siani, S.M.O., Novick, K.A., Dannenberg, M.P., Phillips, R.P., Li, T., Chen, Z. & Lenoir, J. 2022. Younger trees in the upper canopy are more sensitive but also more resilient to drought. – *Nature Climate Change* 12: 1168-1174.
- Behrens, H. & Hoffmann, J. (Hg.) 2007. *Umweltschutz in der DDR 2: Mediale und sektorale Aspekte*. – Oekom, München: 433 S.
- Beloiu, M., Stahlmann, R. & Beierkuhnlein, C. 2022. Drought impacts in forest canopy and deciduous tree saplings in Central European forests. – *Forest Ecology and Management* 509: 120075 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120075>.
- Belokopytova, L.V.; Zhirnova, D.F.; Krutovsky, K.V.; Mapitov, N.B.; Vaganov, E.A. & Babushkina, E.A. Species- and Age-Specific Growth Reactions to Extreme Droughts of the Keystone Tree Species across Forest-Steppe and Sub-Taiga Habitats of South Siberia. – *Forests* 2022, 13, 1027. <https://doi.org/10.3390/f13071027>
- Bennett, A., McDowell, N., Allen, C. & Anderson-Teixeira, K.J. 2015. Larger trees suffer most during drought in forests worldwide. – *Nature Plants* 1: 15139. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.139>
- Blumröder, J. S., May, F., Härdtle, W., & Ibisch, P. L. (2021). Forestry contributed to warming of forest ecosystems in northern Germany during the extreme summers of 2018 and 2019. – *Ecological Solutions and Evidence* 2: e12087. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12087>
- Cannon, C.H., Piovesan, G. & Munné-Bosch, S. 2022. Old and ancient trees are life history lottery winners and vital evolutionary resources for long-term adaptive capacity. – *Nature Plants* 8: 136-145.
- Castagneri, D., Vacchiano, G., Hacket-Pain, A.R., DeRose, J., Klein, T. & Bottero, A. 2022. Meta-analysis Reveals Different Competition Effects on Tree Growth Resistance and Resilience to Drought. – *Ecosystems* 25: 30-43.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P. & Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. – *Functional Plant Biology* 30: 239-264. CITREE: <https://citree.de/> - letzter Zugriff: 3.09.2024
- DeSoto, L., Cailleret, M., Sterck, F., Jansen, S., Kramer, K., Robert, E.M.R., Aakala, T., Amoroso, M.M., Bigler, C., Camarero, J.J., Čufar, K., Gea-Izquierdo, G., Gillner, S., Haavik, L.J., Hereş, A.-M., Kane, J.M., Kharuk, V.I., Kitzberger, T., Klein, T., Levanič, T., Linares, J.C., Mäkinen, H., Oberhuber, W., Papadopoulos, A., Rohner, B., Sangüesa-Barreda, G., Stojanovic, D.B., Suárez, M.L., Villalba, R. & Martínez-

- Vilalta, J. 2020. Low growth resilience to drought is related to future mortality risk in trees. – Nature Communications 11: 545. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14300-5>
- Dickie, I., Bennett, B., Burrows, L., Nuñez, M., Peltzer, D., Porté, A., Richardson, D., Rejmanek, M., Rundel, P. & van Wilgen, B. 2014. Conflicting values: Ecosystem services and invasive tree management. – Biological Invasions 16: 705-719.
- Didion-Gency, M., Bachofen, C., Buchmann, N., Gessler, A., Morin, X., Vicente, E., Vollenweider, P. & Grossiord, C. 2021. Interactive effects of tree species mixture and climate on foliar and woody trait variation in a widely distributed deciduous tree. – Functional Ecology 35: 2397-2408.
- Dittrich, S., Thiem, E., Albrecht, B.M. & von Oheimb, G. 2021. Cryptogamic epiphytes and microhabitat diversity on non-native green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh., Oleaceae) in urban habitats. – iForest 14: 393-399.
- Dürremonitor 2024 – <https://www.ufz.de/index.php?de=47252> – letzter Zugriff: 18.09.2024
- DWD - [https://www.dwd.de/DE/leistungen/deutscherklimaAtlas/erlaeuterungen/elemente/erl\\_winterhaertezonen.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/deutscherklimaAtlas/erlaeuterungen/elemente/erl_winterhaertezonen.html) – letzter Zugriff: 4.10.2024
- Etzold, S., Ziemińska, K., Rohner, B., Bottero, A., Bose, A.K., Ruehr, N.K., Zingg, A. & Rigling, A. 2019. One Century of Forest Monitoring Data in Switzerland Reveals Species- and Site-Specific Trends of Climate-Induced Tree Mortality. – Frontiers in Plant Science 10: DOI=10.3389/fpls.2019.00307
- Falk, W., Engel, E., Mette, T. & Klemmt, H.-J. 2022. Die Zukunft der Buche – zwischen Rückeroberung und Rücksterben. – LWF Wissen 86: 35-43.
- Fuchs, S., Schuldt, B. & Leuschner, C. 2021. Identification of drought-tolerant tree species through climate sensitivity analysis of radial growth in Central European mixed broadleaf forests. – Forest Ecology and Management 494: 119287. 10.1016/j.foreco.2021.119287.
- Gleason, K. E., J. B. Bradford, A. Bottero, A. W. D'Amato, S. Fraver, B. J. Palik, M. A. Battaglia, L. Iverson, L. Kenefic, & C. C. Kern. 2017. Competition amplifies drought stress in forests across broad climatic and compositional gradients. – Ecosphere 8: e01849. [10.1002/ecs2.1849](https://doi.org/10.1002/ecs2.1849)
- Hammond, W.M., Williams, A.P., Abatzoglou, J.T., Adams, H.D., Klein, T., López, R., Sáenz-Romero, C., Hartmann, H., Breshears, D.D. & Allen, C.D. 2022. Global field observations of tree die-off reveal hotter-drought fingerprint for Earth's forests. – Nature Communications 13: 1761. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29289-2>
- Hauck, M. 2023. Zeitenwende im Wald: Klimawandelanpassung durch Ersatzbaumarten - eine langfristige Lösung? Natur und Landschaft 98: 516-523.
- Hermann, M., Röthlisberger, M., Gessler, A., Rigling, A., Senf, C., Wohlgemuth, T., & Wernli, H. 2023. Meteorological history of low-forest-greenness events in Europe in 2002–2022. – Biogeosciences, 20: 1155-1180.
- Kunz, J., Löffler, G. & Bauhus, J. 2018. Minor European broadleaved tree species are more drought-tolerant than *Fagus sylvatica* but not more tolerant than *Quercus petraea*. – Forest Ecology and Management 414: 15-27.



- Langer, G.J. & Bußkamp, J. 2023. Vitality loss of beech: a serious threat to *Fagus sylvatica* in Germany in the context of global warming. – Journal of Plant Diseases and Protection 130: 1101-1115.
- Leuschner, C. 2020. Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) – A review. – Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 47: 125576,
- Lübbe, T., Schuldt, B., Coners, H. & Leuschner, C. 2016. Species diversity and identity effects on the water consumption of tree sapling assemblages under ample and limited water supply. – Oikos 125: 86-97.
- Lucas-Borja, M.E.; Bose, A.K.; Andivia, E.; Candel-Pérez, D.; Plaza-Álvarez, P.A. & Linares, J.C. 2021. Assessing Tree Drought Resistance and Climate-Growth Relationships under Different Tree Age Classes in a *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* Forest. – Forests 12: 1161. <https://doi.org/10.3390/f12091161>
- Mellert, K.H., Lenoir, J., Winter, S., Kölling, C., Čarni, A., Dorado-Liñán, I., Gégout, J.-C., Göttlein, A., Hornstein, D., Jantsch, M., Juvan, N., Kolb, E., López-Senespleda, E., Menzel, A., Stojanović, D., Täger, S., Tsiripidis, I., Wohlgemuth, T. & Ewald, J. 2018. Soil water storage appears to compensate for climatic aridity at the xeric margin of European tree species distribution. – European Journal of Forest Research 137: 79-92.
- Mellert, K.H., Canullo, R., Mette, T., Ziche, D. & Göttlein, A. 2018. Die klimatische Trockengrenze häufiger Baumarten hängt vom Bodennährstoffstatus ab. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 169: 323-331.
- Nehring, S., Kowarik, I., Rabitsch, W. & Essl, F. 2013. Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. – BfN-Skripten 352: 202 S.
- Niinemets, Ü. & Valladares, F. 2006. Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate northern hemisphere trees and shrubs. – Ecological Monographs 76: 521-547.
- Ogris, N., Brglez, A. & Piškur, B. 2021. Drought Stress can induce the pathogenicity of *Cryptostroma corticale*, the causal agent of Sooty Bark Disease of Sycamore Maple. – Forests 12: 377. <https://doi.org/10.3390/f12030377>
- Penninckx, V., Meerts, P., Herbauts, J., Gruber W., 1999. Ring width and element concentrations in beech (*Fagus sylvatica* L.) from a periurban forest in central Belgium. – Forest Ecology and Management 113: 23-33.
- Pfenninger M, Reuss F, Kiebler A, Schönnenbeck P, Caliendo C, Gerber S, Cocchiararo B, Reuter S, Blüthgen N, Mody K, Mishra B, Bálint M, Thines M. & Feldmeyer B. 2021. Genomic basis for drought resistance in European beech forests threatened by climate change. – elife 10: e65532. doi: 10.7554/eLife.65532.
- Reichholf, J.H. 2007. Stadtnatur. Eine neue Heimat für Tier und Pflanzen. – oekom, München: 318 S.
- Roloff, A. Hg. 2020. Die starken Bäume Deutschlands. – Wiebelsheim: 272 S.
- Roloff, A. Hg. 2021. Trockenstress bei Bäumen. – Wiebelsheim: 288 S.
- Roloff, A. 2022a. Wie erfolgt eine Anpassung an Trockenstress bei Bäumen? Einflussfaktoren, Kriterien, Mechanismen, Bewertung. – Jahrbuch nassauischer Verein für Naturkunde. 143: 35-47.

- Roloff, A. 2022b. Bericht zu den Aktivitäten im Projekt Nationalerbe-Bäume Deutschlands 2022, mit Angaben zur Vorbereitung, Durchführung und Wirkung der Ausrufungen sowie Maßnahmen an Nationalerbe-Bäumen. Tharandt, 9 S. – Online: [https://nationalerbe-baeume.de/wp-content/uploads/2022/12/2022-Abschlussbericht-NEB\\_HP.pdf](https://nationalerbe-baeume.de/wp-content/uploads/2022/12/2022-Abschlussbericht-NEB_HP.pdf)
- Roloff, A. 2023. Methusalembäume – Wie und warum können manche Baumarten und Bäume 1000 Jahre alt werden? – Tharandter Forstwissenschaftliche Beiträge Beiheft 24: 159-179.
- Roloff, A. & Deutsche Dendrologische Gesellschaft (DDG) 2023. Nationalerbe-Bäume: Ziele, Konzeption und Stand der Umsetzung zum Schutz alter Bäume in Deutschland mit den ersten 30 Kandidaten. 2. Aufl. – TU Dresden, Tharandt: 175 S.
- Rust, S. & Roloff, A. (2004) Acclimation of crown structure to drought in *Quercus robur* L. – intra- and inter-annual variation of abscission and traits of shed twigs. – Basic and Applied Ecology 5: 283-291.
- Rzanny, M., Mäder, P., Wittich, H.C., Boho, D. & Wäldchen, J. 2024. Opportunistic plant observations reveal spatial and temporal gradients in phenology. – npj biodiversity 3: 5.
- de Sauvage, J.C., Bugmann, H., Bigler, C. & Lévesque, M. 2023. Species diversity and competition have minor effects on the growth response of silver fir, European larch and Douglas fir to drought. – Agricultural and Forest Meteorology 341: 109664 <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109664>.
- Schmied, G., Pretzsch, H., Ambs, D., Uhl, E., Schmucker, J., Fäth, J., Biber, P., Hoffmann, Y.-D., Šeho, M., Mellert, K.-H. & Hilmers, T. 2023. Rapid beech decline under recurrent drought stress: Individual neighborhood structure and soil properties matter. – Forest Ecology and Management 545: 121305, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121305>.
- Schmucker, J., Uhl, E., Schmied, G. & Pretzsch, H. 2023. Growth and drought reaction of European hornbeam, European white elm, field maple and wild service tree. – Trees 37: 1515–1536.
- Schmucker, J., Skovsgaard, J.P., Uhl, E. & Pretzsch, H. 2024. Crown structure, growth, and drought tolerance of true service tree (*Sorbus domestica* L.) in forests and urban environments. – Urban Forestry & Urban Greening 91: 28161.
- Schwarz, J., Skiadaresis, G., Kohler, M., Kunz, J., Schnabel, F., Vitali, V. & Bauhus, J. 2020. Quantifying Growth Responses of Trees to Drought – a Critique of Commonly Used Resilience Indices and Recommendations for Future Studies. – Current Forestry Reports 6: 185-200.
- Schuldt, B., Buras, A., Arend, M., Vitasse, Y., Beierkuhnlein, C., Damm, A., Gharun, M., Grams, T.E.E., Hauck, M., Hajek, P., Hartmann, H., Hiltbrunner, E., Hoch, G., Holloway-Phillips, M., Körner, C., Larysch, E., Lübke, T., Nelson, D.B., Rammig, A., Rigling, A., Rose, L., Ruehr, N.K., Schumann, K., Weiser, F., Werner, C., Wohlgemuth, T., Zang, C.S. & Kahmen, A. 2020. A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. – Basic and Applied Ecology 45: 86-103.

- Schwarz, J.A. & Bauhus J. 2019. Benefits of Mixtures on Growth Performance of Silver Fir (*Abies alba*) and European Beech (*Fagus sylvatica*) Increase With Tree Size Without Reducing Drought Tolerance. – *Frontiers in Forests and Global Change* 2: 10.3389/ffgc.2019.00079
- Severide, M. 2024. Resilient giants: How the world's oldest trees stand tall against climate change (commentary). <https://news.mongabay.com/2024/08/resilient-giants-how-the-worlds-oldest-trees-stand-tall-against-climate-change-commentary/> - letzter Zugriff: 4.10.2024
- Spînu, A. P., Mysiak, W., Bauhus, J., Bielak, K., & Niklasson, M. 2023. Pioneer tree species accelerate restoration of tree-related microhabitats in 50-year-old reserves of Białowieża Forest, Poland. – *Ecology and Evolution* 13: e10238. <https://doi.org/10.1002/ece3.10238>
- Stovall, A.E.L., Shugart, H. & Yang, X. 2019. Tree height explains mortality risk during an intense drought. – *Nature Communications* 10: 4385. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12380-6>
- Straßer, L. 2016. Stigmina-Triebsterben an Linde. – *AFZ-DerWald* 4/2016: 38-39.
- Thom, D., Ammer, C., Annighöfer, P. Aszalós, R., Dittrich, S., Hagge, J., Keeton, W.S., Kovacs, B., Krautkrämer, O., Müller, J., von Oheimb, G. & Rupert Seidl. 2023a. Regeneration in European beech forests after drought: the effects of microclimate, deadwood and browsing. – *European Journal of Forest Research* 142: 259-273.
- Thom, D., Buras, A., Heym, M., Klemmt, H.-J. & Wauer, A. 2023b. Varying growth response of Central European tree species to the extraordinary drought period of 2018 – 2020. – *Agricultural and Forest Meteorology* 338: 109506 <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109506>.
- Turňa, M., Ivaňáková, G., Ridzoň, J. & Krčová, I. 2023. Meteorological and soil drought in Slovakia in 2022. – *Meteorologické zprávy* 76: 111-118.
- Vandekerkhove, K. 2019. Status and development of old-growth elements and biodiversity during secondary succession of unmanaged temperate forests. – Dissertation, Instituut voor Natuuren Bosonderzoek, Brussel: 264 S.
- Walentowski, H., Kölling, C. & Ewald, J. 2007. Die Waldkiefer – bereit für den Klimawandel? – *LWF Wissen* 57: 37-46.
- Weiß, H. 2024. Die Birken – Überblick, Verwendung und Risiken in der Stadt – *Tharandter Forstwiss. Beiträge Beih.* 25: 67-92.
- Wohlgemuth, T., Gossner, M., Campagnaro, T., Marchante, H., Loo, M., Vacchiano, G., Castro-Díez, P., Dobrowolska, D., Gazda, A., Keren, S., Keserű, Z., Koprowski, M., La Porta, N., Marozas, V., Nygaard, H., Podrázský, V., Puchałka, R., Reisman-Berman, O., Straigyte, L. & Silva, J. 2022. Impact of non-native tree species in Europe on soil properties and biodiversity: a review. – *NeoBiota*. 78. 45-69.
- Woodland Trust Hg. 2008. Ancient tree guide 5: Trees and climate change. – Grantham: 8 S.
- Woodland Trust Hg. 2009. Ancient tree guide 7: Ancient trees for the future. – Grantham: 8 S.
- Zang, C., Pretzsch, H. & Rothe, A. 2012. Size-dependent responses to summer drought

in Scots pine, Norway spruce and common oak. – *Trees* 26: 557-569.

Zohner, C.M., Mirzaghali L., Renner, S.S., Mo, L., Rebindaine, D., Bucher, R., Palouš, D., Vitasse, Y., Fu, Y.H., Stocker, B.D. & Crowther, T.W. 2023. Effect of climate warming on the timing of autumn leaf senescence reverses after the summer Solstice. – *Science* 381: eadf5098 DOI:10.1126/science.adf5098

Alle Bilder wurden vom Verfasser angefertigt und können für projektbezogene Zwecke – unter Nennung des Bildautors – frei verwendet werden.