

SONDERDRUCK

aus

1 | 2025

VBio

Verband | Biologie, Biowissenschaften
& Biomedizin in Deutschland

BOTANIK
Problemfall
Schwefel

**VERHALTENS-
ÖKOLOGIE**
Konflikte zwischen
Geschwistern

ÖKOLOGIE
Stadtbäume
der Zukunft



BIOLOGIE

IN UNSERER ZEIT

Treiberameisen





Stadtbäume erfüllen eine Reihe von Funktionen. Neben Kühlungseffekten durch Beschattung und Verdunstung sind es ökologische und ästhetische Funktionen. Mit ihrer Blüte, ihren Blättern und ihrer Borke erzeugen sie eine lebenswerte Atmosphäre. Klimabäume sind den Anforderungen der Klimaveränderungen oft besser gewachsen als bisher übliche Baumarten. Italienischer Ahorn (*Acer opalus*) in seiner prachtvollen Herbstfärbung ist eine der auffälligsten mitteleuropäischen Baumarten und eigentlich schon lange bekannt, wird aber viel zu selten angepflanzt.

Keine Angst vor Klimabäumen

Stadtbäume für die übernächste Generation

JÜRGEN BOUILLON

Klimabäume sind – im Gegensatz zu vielen einheimischen Baumarten – gut an zu erwartende Klimaverhältnisse und an die Besonderheiten urbaner Standorte angepasst. Sie stehen allerdings im Verdacht, durch ungewollte und übermäßige Ausbreitung einheimische Baumarten zu verdrängen. Aufgrund der geographischen Nähe wird Assisted Migration submediterranean Arten mittlerweile zunehmend akzeptiert. Aber reicht das schon für ein klimaresilientes Stadtgrün? Auch exotischere Baumarten sind zu empfehlen. Dieser Artikel ist ein Plädoyer für eine differenzierte Betrachtung.

Die mit einem grünen Pfeil markierten Begriffe werden im Glossar auf Seite 48 erklärt.

Gerne wird in der Diskussion über klimaresilientes Stadtgrün auf gebietseigene Herkünfte ► einheimischer Arten hingewiesen. Aber sind vergangene Anpassungen an regionale Verhältnisse ein guter Indikator für einen Blick in die Zukunft? Und lassen sie sich auf den Standort Stadt übertragen? Möglicherweise werden die Anforderungen, die der Klimawandel voraussichtlich an Bäume stellen wird, unterschätzt. Es ist augenfällig, dass viele einheimische Baumarten seit Jahren leiden. Im Jahr 2023 hat es neben Birke (*Betula pendula*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Stiel-Eiche (*Quercus robur*) fast unbemerkt eine weitere Baumart getroffen. Trotz feuchtem Sommer wurde in vielen Regionen Deutschlands die Hainbuche (*Carpinus betulus*) stark geschwächt: Blätter vertrockneten, manche Bäume fruktifizierten übermäßig stark oder starben sogar vollständig. Und das war nicht das erste Mal: Bereits im Sommer 2010 konnte dieses Phänomen beobachtet werden (Abbildung 1). Ist das wirklich eine Auszeichnung für ein als Klimabaum ausgewiesenes Gehölz, wenn der Klimawandel erst begonnen hat?

Prognosen zum Klimawandel

Um die verschiedenen Klimaprognosen in Bezug auf die Gehölzverwendung einordnen zu können, ist es wichtig zu wissen, wofür wir Bäume in der Stadt pflanzen und ab wann und wie lange sie ihre Funktionen dort erfüllen sollen. Unstrittig ist sicher, dass Bäume besonders in Städten durch Schattenwirkung und Kühlung als Folge von Verdunstung dazu beitragen, das Leben dort lebenswerter zu gestalten. Weitere Ökosystemleistungen kommen hinzu. Ein Baum, den wir heute pflanzen, wird in 15 Jahren mit fachgerechter Pflege vom Jungbaum in die Reifephase übergehen. Er hat sein gewünschtes ► Lichtraumprofil erhalten und beginnt eine arttypische Krone auszubilden. Im Jahr 2100 würde unser jetzt gepflanzter Baum ungefähr 75 Jahre an seinem Standort stehen – für uns ein stattliches Alter, aber für den Baum noch lange nicht das Lebensende, wenn die Wachstumsbedingungen passen.

Ab dem Jahr 2040 beginnen die unterschiedlichen Klimawandelprognosen in Bezug auf den Strahlungsantrieb und damit auch die Temperaturerhöhungen merklich auseinanderzulaufen. Realistisch erscheinen heute Szenarien in einem Bereich, in dem die weltweiten Treibhausgasemissionen bis zur Mitte des Jahrhunderts auf dem heutigen Niveau stagnieren (SSP2-4.5) bis hin zu einer Verdoppelung der Emissionen bis zum Ende des Jahrhunderts (SSP3-7.0) [1, 2] (siehe auch Kasten „Klimaszenarien“). Landgebiete erwärmen sich derzeit um 50–100 Prozent stärker als der globale Mittelwert [3]. Es ist daher durchaus möglich, dass die Temperatur in Deutschland im Jahr 2100 um 3–4 Grad höher liegt als heute. Ist es daher nicht sinnvoll, auch für ein ungünstigeres Szenario vorzubeugen?

In Bezug auf die Niederschläge sehen die Veränderungen für Deutschland nicht ganz so gravierend aus. Selbst im fossilen Szenario (SSP4-8.5) sollen sich die Niederschläge bis zum Jahr 2100 eher leicht erhöhen, wobei sie im Sommer auf dem heutigen Niveau stagnieren sollen [4]. Selbst bei 20 Prozent geringeren Niederschlägen, wie sie in manchen Klimamodellen angenommen werden [5], kann sich das Klima in weiten Teilen Deutschlands – vielleicht mit Ausnahme der Küstengebiete – von einem kühlgemäßigten Ozeanklima hin zu einem immerfeuchten, subtropischen Klima entwickeln, wie wir es heute im südöstlichen Nordamerika oder in Norditalien antreffen. Bei weniger starken Veränderungen gemäß dem Szenario SSP2-4.5 ist nach wie vor ein gemäßigttes Ozeanklima – allerdings mit wärmerer, submediterranean Tönung – zu erwarten. Eine ausgeprägte Sommertrockenheit wird es aber voraussichtlich nicht geben. Das bedeutet keine Entwarnung, denn höhere Temperaturen führen zu höherer Verdunstung und damit zu mehr Stress für Bäume. Dürren in einzelnen Jahren können ebenfalls auftreten. Auf jeden Fall werden sich mit der Klimaerwärmung die Florenregionen verschieben.



ABB. 1 Säulen-Hainbuche (*Carpinus betulus* 'Fastigiata') vertrocknet an einem typischen städtischen Extremstandort.

IN KÜRZE

- **Bäume** stellen für das städtische Ökosystem **eine Reihe von Leistungen** – insbesondere Verschattung und Kühlung – bereit, geraten aber durch die Veränderungen des Klimawandels und stadtspezifische Standort Einschränkungen **zunehmend unter Stress**.
- Bereits in 75 Jahren könnten viele einheimische Baumarten den **Anforderungen von Hitze und mangelnder Wasserverfügbarkeit nicht mehr gewachsen sein**.
- **Natürliche Wanderungsbewegungen** von Gehölzen benötigen mehr Zeit, als uns zur Verfügung steht, so dass diese Entwicklung durch **gezielte Anpflanzung von submediterranen und subtropischen Arten** aus dem süd- und südosteuropäischen Raum vorweggenommen werden sollte (**Assisted Migration**).
- **Im voreiszeitlichen Klima** gab es auch im heutigen Mitteleuropa eine **höhere Biodiversität** als heute. Es bietet sich bei künftig ähnlichen Klimaverhältnissen an, im urbanen Kontext den **Artenreichtum Vorderasiens, Ostasiens oder Nordamerikas zu nutzen**, wo es durch die Eiszeiten keine oder nur **eine geringe Artenverarmung der Gehölzflora** gegeben hat.
- Bei geeigneten Standortbedingungen ist von einer **Etablierung und Ausbreitung häufiger gepflanzter, neuer Arten** auszugehen.

KLIMASZENARIEN

Nach dem 6. Sachstandsbericht (AR6 = Sixth Assessment Report) des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) bestehen Klimaszenarien aus zwei sich ergänzenden Komponenten: den Shared Socioeconomic Pathways (SSPs), die mögliche zukünftige sozioökonomische Entwicklungen beschreiben und den Representative Concentration Pathways (RCPs), die mögliche Konzentrationspfade atmosphärischer Treibhausgase und damit mögliche zukünftige Entwicklungen des Klimas abbilden.

SSP1-2.6: Der 2-Grad-Weg. Eine international koordinierte Entwicklung, dem Pariser Abkommen folgend, ermöglicht durch aktiven Klimaschutz eine Beschränkung der globalen Erwärmung auf 2 Grad gegenüber dem vorindustriellen Zeitraum. Der Einsatz erneuerbarer Energien hat gesellschaftlich eine hohe Priorität und wird dementsprechend stark forciert. Die Treibhausgasemissionen werden bis zum Jahr 2030 massiv reduziert. Die Treibhausgaskonzentrationen nehmen bis zum Ende des Jahrhunderts allmählich ab. Ende des 21. Jahrhunderts gibt es keine anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen mehr. Dieses wird u. a. durch aktive Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts erreicht.

SSP2-4.5: Der Mittelweg. Klimaschutz und wirtschaftliche Entwicklung, welche wie bisher auch auf dem Einsatz fossiler Rohstoffe beruht, halten sich die Waage. Das globale Bevölkerungswachstum ist moderat und schwächt sich in der zweiten Jahrhunderthälfte ab. Fossile Ressourcen werden weiterhin genutzt. Die Treibhausgasemissionen erreichen um 2040 ihren Höhepunkt und werden bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um die Hälfte reduziert. Die Herausforderungen der Anpassung werden mit zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels immer größer.

SSP3-7.0: Der konfliktreiche Weg. Eine Verstärkung des Nationalismus und regionale Konflikte führen zu einem hohen Rohstoff- und Energiebedarf, der größtenteils mit fossilen Energieträgern wie Kohle gedeckt wird. Die Bevölkerung in den armen Ländern wächst stark. Soziale Ungleichheiten nehmen zu. Die Treibhausgaskonzentrationen steigen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts weiter an. Die klimatischen Veränderungen sind umfangreich. In einigen Regionen kommt es zu starken Umweltzerstörungen, beispielsweise von Wäldern und anderen Ökosystemen. Dieses Szenario stellt große Herausforderungen an die Klimawandelanpassung.

SSP5-8.5: Der fossile Weg. Die soziale und ökonomische Entwicklung basiert auf der verstärkten Ausbeutung der fossilen Brennstoffressourcen mit einem energieintensiven Lebensstil weltweit. Die globale Wirtschaft wächst schnell. Das ist vor allem auf die Entwicklung in Industrie- und Schwellenländern zurückzuführen. Der Nutzung fossiler Brennstoffe wird eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz entgegengebracht. Das führt zu einer starken Erhöhung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre. Der Anstieg der Treibhausgasemissionen hält bis zum Ende des 21. Jahrhunderts an. Die klimatischen Veränderungen sind sehr stark. Durch internationale Zusammenarbeit, die sich im Rahmen einer stark vernetzten Weltwirtschaft etabliert hat, erhalten jedoch die durch die Klimaänderung am stärksten betroffenen Länder Unterstützung.

Anforderungen im urbanen Raum

Durch den städtischen Wärmeineffekt kommt bereits jetzt in Großstädten eine weitere Temperaturerhöhung hinzu, die im Jahresmittel durchaus 1,5 Grad und mehr betragen kann. Die Stadtböden nehmen ebenfalls Einfluss auf die Bäume. Durch schnellen und hohen Oberflächenabfluss der Niederschläge und damit einhergehende geringere Verdunstung verschlechtern sich die Wachstumsbedingungen der Bäume zunehmend. Bautätigkeiten an unterirdischer Infrastruktur führen häufig zu mechanischen Beschädigungen. Gehölze für urbane Standorte, sogenannte Klimabäume, sollten deshalb folgende Resistenzen aufweisen:

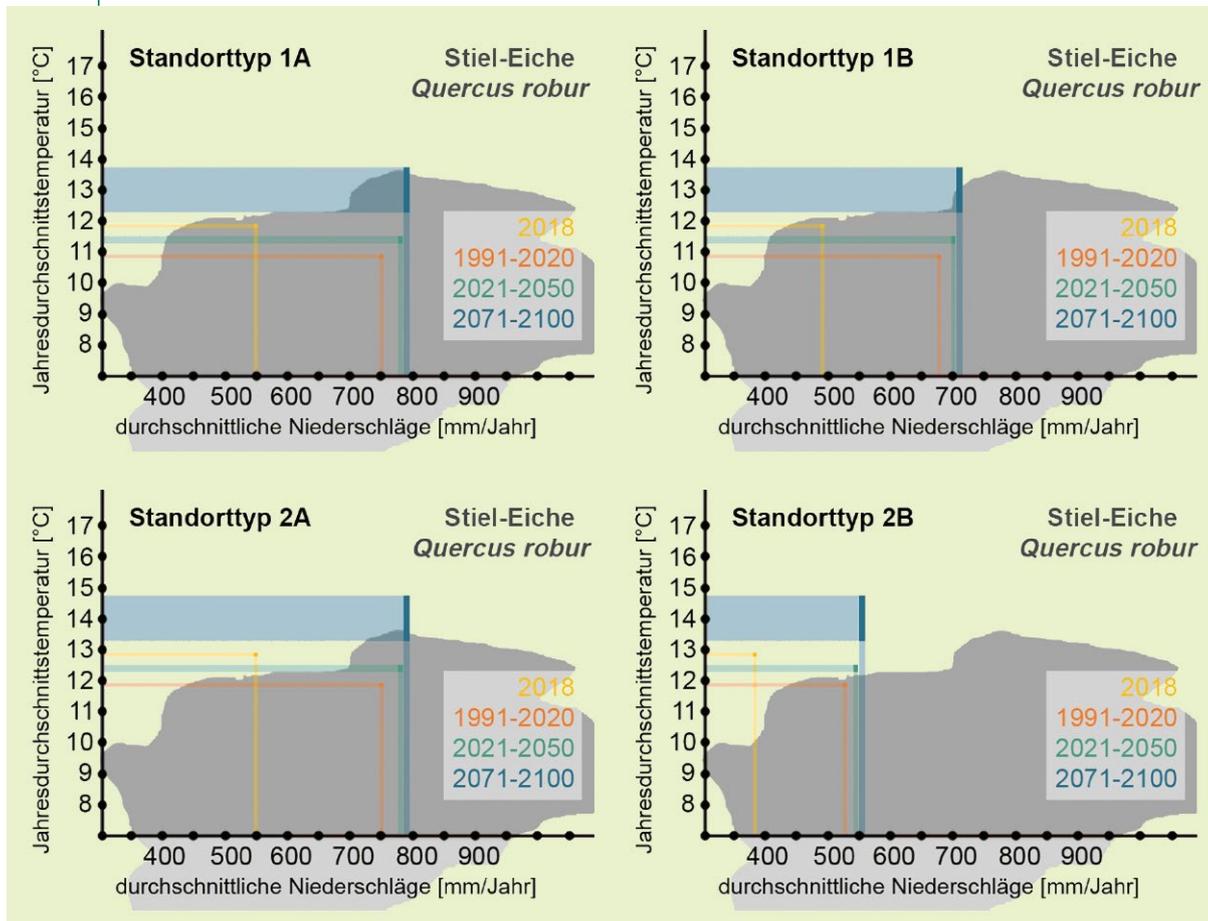
- Trockenheitsverträglichkeit im eingewachsenen Zustand,
- Hitzeverträglichkeit,
- Winterhärte gemäß Winterhärtezone,
- Verträglichkeit gegenüber hohen Nährstoffgehalten,
- Verträglichkeit von hohen pH-Werten,
- Toleranz gegenüber Bodenverdichtung und
- Störungstoleranz,
- möglichst geringe Astbrüchigkeit.

Weitere Anforderungen sind funktionaler (Kronenform, Schattenwirkung), ästhetischer (attraktive morphologische Eigenschaften wie Laubfärbung, Laubtextur, Blüte, Borke, ggf. Früchte) oder ökologischer Natur (Habitat und Nahrungsangebot für Insekten, Vögel, Säugetiere u. a.). Hinsichtlich Insektenfreundlichkeit sind Klimabäume im Übrigen nicht grundsätzlich schlechter als einheimische Bäume [6].

Standorte in Städten sind durchaus unterschiedlich. Neben dem Wärmeineffekt gibt es unter anderem auch Einschränkungen des Wurzelraums, die es dem Gehölz erschweren, sich mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen. In einer Modellrechnung wurden vier Stadtstandorte für Münster differenziert und die derzeit häufigsten Stadtbäume mit deren klimatischen Ansprüchen (► Klimahüllen nach Kölling [7]) in Beziehung gesetzt. Demnach wären die Standortverhältnisse in einer Parkanlage am Rand von Münster ohne Einschränkungen gerade noch innerhalb der Klimahülle der Stiel-Eiche (*Quercus robur*), im Worst-Case-Szenario sogar überschritten. Je größer die Standortungunst, desto weiter entfernen sich die Bedingungen von der Klimahülle (Abbildung 2) [8]. Ohne zusätzliche unterstützende, gärtnerische Maßnahmen wird daher selbst *Quercus robur* in ferner Zukunft an innerstädtischen Straßen voraussichtlich nicht mehr verwendbar sein, im Gegensatz zur Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*), deren Klimahülle alle betrachteten Veränderungen abdeckt [7]. Das ist ein weiterer Grund, sich intensiver mit dem Schwammstadtprinzip auseinanderzusetzen (siehe auch Kasten „Schwammstadt“) und neue, geeignetere Baumarten einzubringen.

Geeignete einheimische Baumarten

Im Hinblick auf den Klimawandel ist für urbane Räume eine Reihe in Deutschland einheimischer Arten geeignet.

ABB. 2 | KLIMAHÜLLE DER STIEL-EICHE (*QUERCUS ROBUR*)


Gezeigt wird die Übereinstimmung der Klimahülle (grau) der Stiel-Eiche (*Quercus robur*) mit den aktuellen Klimabedingungen (gelb und orange) und mit den Prognosen des Klimaszenarios SSP5-8.5 (grün und blau) an verschiedenen Standorttypen in Münster. 1A: geringe städtische Überwärmung, normales Wasserangebot, Parkanlage im Außenbereich; 1B: geringe Überwärmung, leicht eingeschränktes Wasserangebot, großzügiger Straßenstandort; 2A: mäßige bis starke Überwärmung, normales Wasserangebot, innerstädtische Grünfläche; 2B: mäßige bis starke Überwärmung, stark reduziertes Wasserangebot, zentrale Stadtplätze oder Straßen. Abb. nach [6].

Es sind insbesondere die Gehölze der Steppen- und Trockenwälder mit submediterrane Areal wie Feldahorn (*Acer campestre*), Französischer Ahorn (*Acer monspessulanum*), Italienischer Ahorn (*Acer opalus*, Aufmacherbild und Abbildung 3), Kornelkirsche (*Cornus mas*), Zerr-Eiche (*Quercus cerris*), Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*), Mehlsbeere (*Sorbus aria*), Speierling (*Sorbus domestica*) oder Elsbeere (*Sorbus torminalis*).

Obwohl Städte bereits jetzt wärmer als ihr Umland sind, siedeln sich diese geeigneten Arten erstaunlicherweise innerstädtisch nicht oder nur selten spontan an. Es sind eher eingeführte Arten wie Eschen-Ahorn (*Acer negundo*), Götterbaum (*Ailanthus altissima*), Amerikanischer Zürgelbaum (*Celtis occidentalis*) oder Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*), die sich erfolgreich dort ausbreiten können. Das hängt vermutlich mit ihrer höheren Störungstoleranz zusammen, eine Eigenschaft, die insbesondere Auwaldarten aufweisen. Auf der Suche nach geeigneten Bäumen für die zukünftigen Bedingungen ins-

besondere in den Städten können die Gehölze gemäß ihrer Herkunft schrittweise analysiert werden.

SCHWAMMSTADT

Schwammstadt (englisch Sponge City) ist ein neues Konzept der Stadtplanung, möglichst viel anfallendes Regen- bzw. Oberflächenwasser vor Ort aufzunehmen, zu speichern, zu nutzen oder zu versickern, anstatt es wie bisher so schnell wie möglich abzuleiten. Es reagiert damit auf die Herausforderungen des Klimawandels: Bereits jetzt ist abzusehen, dass längere Hitzeperioden und Starkregenereignisse aufeinanderfolgen. Es sollen Überflutungen bei Starkregenereignissen verringert oder sogar vermieden, das Stadtklima verbessert und die Gesundheit von Stadtbäumen sowie die Resilienz von gesamten Stadtökosystemen gefördert werden. Das zwischengespeicherte Wasser wird im Boden gereinigt oder versickert und durch die „Grüne Infrastruktur“ verdunstet, so dass die Städte gekühlt werden. Dazu zählen Dach- und Fassadenbegrünungen, Stadtbäume und Grünflächen. Durch die Verbindung von dezentralem Regenwassermanagement und den Leistungen der Pflanzen entsteht eine „Blau-Grüne Infrastruktur“. Vorreiterin des Schwammstadtprinzips ist die Stadt Kopenhagen. Erste Ansätze gibt es aber schon in deutschen Städten.



ABB. 3 Der Italienische Ahorn (*Acer opalus*) ist eine der frühesten Bienenweiden.

Genetische Varianz einheimischer Arten

Aufgrund der dargelegten, möglichen Klimaveränderungen können Baumarten aus ► autochthonen Herkünften kaum ernsthaft in Betracht gezogen werden, mögen sie auch an die heutigen Bedingungen besser angepasst sein. Dagegen sind in Mitteleuropa vorkommende Baumarten mit wärmeren Herkünften wie die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) durchaus eine ernstzunehmende Alternative (beispielsweise Bäume aus den Orchideen-Buchenwäldern des fränkischen Kalkhügellandes oder aus Südosteuropa; dazu liefert die Forstgenetik eine Reihe von Hinweisen [z. B. 9]). Da *Fagus sylvatica* im Süden ihres Verbreitungsgebietes in höhere Lagen wechselt, ist allerdings davon auszugehen, dass ihre Plastizität Grenzen hat. Die noch weiter südlich und östlich vorkommende Orientalische Buche (*Fagus orientalis*) wird derzeit als mögliche Alternative angesehen. Zumindest sind Versuchsanbauten in Unterfranken und im Saarland nach eigener Beurteilung vielversprechend.



ABB. 4 Die Ungarische Eiche (*Quercus frainetto*) mit ausladender Krone, großen, interessant geformten Blättern und gelber Herbstfärbung ist eine Alternative zur Platane (*Platanus × hispanica*).

Auch lohnt sich ein Blick in Analogregionen. So haben Thurm et al. [10] festgestellt, dass *Fagus sylvatica* im Rhonetal bei Valence, einem 2 Grad wärmeren Gebiet im Vergleich zum Steigerwald, nur noch eine untergeordnete Rolle spielt. Bestimmend in den dortigen Wäldern sind Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*), Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Esskastanie (*Castanea sativa*) und Stein-Eiche (*Quercus ilex*). In einer um 4 Grad wärmeren Analogregion nimmt der Anteil von *Quercus pubescens* und *Quercus ilex* sogar noch zu, der Anteil von *Castanea sativa* wieder ab. Es ist allerdings anzuzweifeln, dass diese großfrüchtigen Arten von alleine schnell genug nach Norden wandern werden. Folglich können im nächsten Schritt also weitere Baumarten submediterraner Gebiete, die ihr Areal über längere Zeiträume sowieso erweitern würden, in Betracht gezogen und bewusst angepflanzt werden (*Assisted Migration*).

Submediterrane und euxinisch-hyrkanische Arten

Südlich der Alpen führt die Topographie der Gebirge zu kleinräumigen und vielfältigen Übergängen von mediterraner über submediterrane zu mitteleuropäischer Flora. Auf den Inseln des Mittelmeeres gibt es analog zur submediterranen Stufe die supramediterrane Stufe. Frostverträgliche mediterrane Arten strahlen als Unterwuchs in submediterranen Wäldern, submediterrane Baumarten sind in mitteleuropäisch geprägten Buchenwäldern anzutreffen. Am Gardasee beispielsweise wird die submediterrane Stufe von Flaumeichen-Hopfenbuchenwäldern gebildet. Neben der Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*) und der Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) ist dort die Blumen-Esche (*Fraxinus ornus*) häufig anzutreffen. Die Mehlbeere (*Sorbus aria*) wandert auch in die darüber liegende Stufe, während die mediterrane Stein-Eiche (*Quercus ilex*) zerstreut vorkommt, an extrem warmen und trockenen Südhängen aber durchaus schon den Aspekt bestimmen kann.

Ein Vertreter mit ost-submediterraner Verbreitung ist die Silber-Linde (*Tilia tomentosa*). Deren genetisches Potenzial ist bei uns bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Die meisten Bäume im Verbreitungsgebiet weisen gute Wuchseigenschaften auf. Typen ohne ► Zwieselbildung, wie bei den Sorten 'Brabant', 'Szeleste' oder 'Varsaviensis', sind daher eher die Regel und sollten der bei uns derzeit kultivierten „Art“ – es handelt sich ja meist nur um einen Klon – vorgezogen werden. Forstliches Saatgut von *Tilia tomentosa* ist in Deutschland jedenfalls schon zu beziehen.

Ein ähnliches Verbreitungsgebiet hat die Ungarische Eiche (*Quercus frainetto*, Abbildung 4), die sich im Projekt Stadtgrün 2021 der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau schon bewährt hat [11]. Im Südosten des Balkans treten erstmals auch Schwarzmeer-Arten (► euxinische Arten) hinzu, u. a. die Strandsha-Eiche (*Quercus bartwissiana*) im Strandsha-Gebirge an der bulgarisch-türkischen Grenze.

Viele Arten der euxinischen, kaukasischen und nordrikanischen (► hyrkanischen) Wälder waren vor und zwischen den Eiszeiten auch im mitteleuropäischen Raum verbreitet (siehe auch Kasten „Arktotertiäre Flora als Vorbild“). Aufgrund von unerfüllten klimatischen und ökologischen Ansprüchen haben sie es nicht geschafft, ihr Areal wieder weiter auszudehnen [12]. Die hyrkanischen Wälder wachsen in feucht-subtropischem Klima, zu dem sich unser Klima in Zukunft hin entwickeln könnte. Bekannte Baumarten sind Orientalische Buche (*Fagus orientalis*), Eisenholzbaum (*Parrotia persica*) oder Seidenakazie (*Albizia julibrissin*). Eine noch wenig bekannte Art mit sehr günstigen Eigenschaften ist die Persische Eiche (*Quercus macranthera*).

Trend zum immergrünen Wald

Mildere Winter, wie sie sich ja schon in den vergangenen 20 Jahren abzeichnen, führen bereits jetzt v. a. im Westen Deutschlands zur Ausbreitung wintergrüner und immergrüner Gehölze, derzeit vornehmlich Sträucher (► Laurophyllisierung): Mahonie (*Berberis aquifolium*, Syn. *Mabonia aquifolium*), Julianes Berberitze (*Berberis julianae*), Sommerflieder (*Buddleja davidii*), Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) und Portugiesische Lorbeerkirsche (*Prunus lusitanica*). Letztgenannte kann durchaus Baumhöhe erreichen. Im submediterranen Raum wartet eine Reihe von wintergrünen und immergrünen Bäumen darauf, als Stadtbäume entdeckt zu werden, u. a. die Mazedonische Eiche (*Quercus trojana*), die Aleppo-Eiche (*Quercus infectoria* subsp. *veneris*, Abbildung 5) oder der Syrische Ahorn (*Acer obtusifolium*). Zumindest aus gut sortierten Baumschulen ist die Spanische Eiche (*Quercus × crenata*, Syn. *Quercus × hispanica*) zu beziehen, eine Hybride aus der immergrünen, westmediterranen Kork-Eiche (*Quercus suber*) und der sommergrünen, südeuropäisch-kleinasiatischen Zerr-Eiche (*Quercus cerris*). Diese kommt im Verbreitungsgebiet der Elternarten auch in der Natur vor.

Überhaupt ist ein Blick auf die Zerreichenverwandtschaft (Untergattung *Cerris*) lohnend. Es gibt dort sommergrüne, wintergrüne und immergrüne Vertreter. Vorbehalten wegen Gefährdungen durch den Eichenprozessionsspinner (EPS), eine Schmetterlingsraupe mit giftigen Brennhaaren, können mittlerweile wirksame Bekämpfungs- und Vermeidungsstrategien entgegeng gehalten werden. Zwar ist der EPS durch die Klimaerwärmung in Ausbreitung begriffen, aber er tritt nicht in jedem Jahr massenhaft auf. Ein Verzicht auf die Verwendung von Eichen würde uns auf jeden Fall eines enormen Potenzials an Klimabäumen berauben. Ob Roteichen (Untergattung *Quercus*, Sektion *Lobatae*) resistenter gegen einen Befall mit dem EPS sind, muss noch überprüft werden. In dieser Sektion gibt es ebenfalls sommergrüne, wintergrüne (*Quercus rysophylla*) und immergrüne (*Quercus agrifolia*) Vertreter. Besonders interessant sind kalkverträgliche Arten mit ausgezeichneter Herbstfärbung, wenn sie auf eigener Wurzel gezogen sind (z. B. *Quercus shumardii*, *Quercus texana*).



ABB. 5 Die Aleppo-Eiche (*Quercus infectoria* subsp. *veneris*), ist ein wintergrüner Baum aus Zypern, der als Pollenspender eine ausgezeichnete Bienenweide darstellt.

ARKTOTERTIÄRE FLORA ALS VORBILD

Vor den Eiszeiten und in den Interglazialen herrschte im heutigen Mitteleuropa ein warm-gemäßigtes Klima, in dem ein artenreicher, ► nemoraler, sommergrüner Laubwald mit einem geringen Anteil immergrüner Gehölze des Lorbeerwaldes wuchs. Überreste davon finden sich heute vor allem in fossilen Ablagerungen des Miozäns und Pliozäns in der Arktis – daher wird sie auch als arktotertiäre Flora bezeichnet [16] – oder in Blättertonschichten in der Lausitz [17]. Diese Wälder waren sowohl reicher an Gehölzgattungen als auch reicher an Arten innerhalb der Gattungen. Gleiches trifft auch auf die krautige Flora zu. Die Flora Europas ist im Gegensatz zur Flora Nordamerikas oder Ostasiens, in denen es heute noch einen größeren Artenreichtum gibt, verarmt. In Mitteleuropa kommen nach Schroeder [18] heute 30 Gehölzgattungen vor. Zehn weitere Gattungen haben Refugialstandorte im südöstlichen Europa und Vorderasien gefunden wie Zürgelbaum (*Celtis*), Europäischer Amberbaum (*Liquidambar orientalis*), Platane (*Platanus orientalis*) oder Zerkove (*Zelkova*). 34 Gattungen sind in ganz Europa ausgestorben. Gründe dafür sind nicht – wie lange tradiert, aber leicht widerlegbar – geographische Barrieren wie Gebirge und Meere, sondern dass in Europa keine naheliegende Verschiebung der Vegetationszonen nach Süden stattgefunden hat: In Südeuropa herrschte ein von Gräsern, Beifuß (*Artemisia*) und Doldenblütlern (*Apiaceae*) dominiertes Wüstensteppenklimate vor [12, 19]. Es handelt sich bei den in weiten Teilen Europas ausgestorbenen Gehölzen vielmehr um anspruchsvolle Sippen, die in einem waldfeindlichen Klima keine Refugien finden konnten. Einerseits haben diese Sippen sehr hohe Ansprüche an Sommerwärme und –niederschläge, wie Magnolien (*Magnolia*) oder Tulpenbäume (*Liriodendron*), andererseits sind es Sippen mit komplexen Ansprüchen an ihren Standort, wie Hemlocktanne (*Tsuga*) [12], Mammutbaum (*Sequoia*) oder Sumpfyzypresse (*Taxodium*). Für diese Gehölze können in urbanen Räumen wieder geeignete Standorte geschaffen werden.



ABB. 6 Die Zypern-Zeder (*Cedrus brevifolia*) im Troodos-Gebirge (Zypern).

Nadelgehölze im Blick

Von immergrünen Laubgehölzen fällt der Sprung leicht zu den ohnehin meist immergrünen Nadelgehölzen. Vielleicht gerade weil diese in den vergangenen 40 Jahren eine immer geringere Rolle in der Landschaftsarchitektur gespielt haben, lohnt es sich, genauer hinzuschauen. Schon mit *Pinus sylvestris* lassen sich mediterrane „Atmosphären“ erzeugen. Aber besonders submediterrane Nadelgehölze entwickeln ausgeprägte Formcharaktere. Die



ABB. 7 Eine Amerikanische Esche (*Fraxinus americana*) in einer Fußgängerzone in Sofia (Bulgarien). Trotz maximaler Belastung ist dieser Baum vital und das Laub auch im Sommer gesund.

Stadtklimaverträglichkeit ist bei einigen Arten gegeben. So breitet sich beispielsweise die Griechische Tanne (*Abies cephalonica*) auf den Kalkfelsen des Botanischen Gartens Osnabrück problemlos aus. Ebenfalls sehr trockenheitsverträglich sind *Abies pinsapo* aus Spanien und *Abies concolor* aus Nordamerika.

Auch die Zedern verdienen eine Renaissance. Neben den bekannten, mächtigen Vertretern ist die zypriotische *Cedrus brevifolia* zu empfehlen (Abbildung 6). Sie besitzt die kürzesten Nadeln, die eine schöne graugrüne Farbe aufweisen und einen gefälligen, lockeren, nicht allzu ausladenden Wuchs. Eine vermehrte Verwendung würde zudem zum Erhalt der Art beitragen. Da der Klimawandel auch vor den mediterranen Inseln nicht Halt macht, wird sie von einigen, tiefer stehenden Kiefernarten bedrängt und müsste ihr Areal in der Höhe verschieben, was aus topographischen Gründen kaum noch möglich ist. Derartige ex-situ-Arterhaltungsmaßnahmen wurden in der Vergangenheit bereits beim Urweltmammutbaum (*Metasequoia glyptostroboides*) und der Wollemie (*Wollemia nobilis*) erfolgreich durchgeführt.

Die säulenförmigen Mittelmeer-Zypressen, *Cupressus sempervirens* var. *stricta*, gedeihen im Westen und Norden Deutschlands heute schon ganz gut. Im Süden und Osten Deutschlands sollte ein Versuch mit der graublauen *Cupressus arizonica* durchaus erfolgversprechend sein. Zwei Unterarten der Schwarz-Kiefer (*Pinus nigra* subsp. *laricio* und *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) weisen wunderschöne Borken auf und sind vermutlich auch etwas hitzeresistenter als die bei uns kultivierte *Pinus nigra* subsp. *nigra*. Sicher könnten auch baumförmig wachsende Wacholderarten noch einmal in Betracht gezogen werden.

Sortenwahl bei potenziell invasiven Arten

Auch potenziell invasive Arten können erwogen werden, wenn die Möglichkeit besteht, ihre Ausbreitung wirksam zu begrenzen. Insbesondere bei zweihäusigen Arten ist dies möglich: Werden ausschließlich männliche Klone verwendet, können sich keine Früchte entwickeln, die zu einer Verbreitung der Art beitragen. Dies wird schon lange für *Ginkgo biloba* gefordert, dessen weibliche Exemplare nach längerer Zeit mit schlecht riechenden „Früchten“ aufwarten. Allerdings erfordert diese Strategie eingehende Kenntnisse, da nicht alle zweihäusigen Arten strikt männlich oder weiblich sind und bei älteren Exemplaren auch wieder Einhäusigkeit auftreten kann.

Bei Baumarten mit etwas komplexeren Blütenverhältnissen fällt dies besonders ins Gewicht. Beispielsweise ist es bei den Gleditschien, die erste Ansätze zur Verwilderung zeigen [13], empfehlenswert, an Straßen dornenlose Sorten zu pflanzen. Sorten wie 'Shademaster' und 'Skyline' haben weder Dornen noch Früchte. Sollten diese nach einigen Jahren Früchte ansetzen, dürfte es sich in Wirklichkeit um eine fertile *Gleditsia triacanthos* var. *inermis* und damit um eine – durchaus nicht außergewöhnliche – Falschlieferung handeln.



ABB. 8 Japanische Zelkove (*Zelkova serrata*) im Herbstkleid.

Die beiden – im Vergleich zur einheimischen *Fraxinus excelsior* – trockenheitsverträglicheren amerikanischen Eschen, *Fraxinus americana* (Abbildung 7) und *Fraxinus pennsylvanica*, sind zweihäusig. *Fraxinus pennsylvanica* ist in vielen Auen von Elbe, Oder, Havel, Spree, Donau und Main bereits eingebürgert [14, 15]. Ist deren Ausbreitung nicht gewollt – es gibt unterschiedliche Ansichten dazu – ist die Verwendung von nicht fertilen, männlichen Sorten möglich. Beide Arten besitzen eine schöne Herbstfärbung zwischen gelb und rot. Besonders auffällig purpurrot ist die Sorte *Fraxinus americana* Autumn Purple (‘Junginger’).

Bekannte Klimabäume mit bereits erkennbarem Ausbreitungspotenzial

Ob ein Klimabaum sich ausbreitet oder wie der Götterbaum (*Ailanthus altissima*) ein invasiver Neophyt wird, hängt von vielen Faktoren ab. Ausschlaggebend sind vor allem die für die Samenreife und Keimung nötigen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Bisher werden vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) allerdings nur vier Prozent der Neophyten als invasiv eingeschätzt [15]. Außerdem können Neophyten Lücken besetzen, die zurückweichende einheimische Arten hinterlassen.

Einige Arten, die bisher in Deutschland nicht aufgefallen sind, besitzen durchaus Potenzial, sich zu etablieren. Die zu den Ulmengewächsen zählende Japanische Zelkove (*Zelkova serrata*, Abbildung 8) wird wegen ihrer schönen, breiten Krone, ihrem filigranen Laub und ihrer besonders leuchtend rot-orangen Herbstfärbung als Park-

baum verwendet. Auch die Borke ist im Alter lebhaft strukturiert. In einem aufgelassenen Arboretum in der Nähe von Lednice (Tschechien), in dem ein ganzer Bestand von *Zelkova serrata* gepflanzt wurde, keimen zur Freude der Prager Bonaigesellschaft tausende kleiner Sämlinge (Abbildung 9), die wieder zu Bäumen heranwachsen.

Neben den passenden Standortverhältnissen kann davon ausgegangen werden, dass eine genetische Variabilität die Fertilität der Art fördert. Werden also mehr Klimabäume in unterschiedlichen Genotypen gepflanzt, steigt die Wahrscheinlichkeit ihrer Etablierung und Ausbreitung.



ABB. 9 Bestand von *Zelkova serrata* bei Lednice (Tschechien) mit zahlreichen Sämlingen im Unterwuchs.

Zusammenfassung

Durch die Auswirkungen des Klimawandels – besonders durch höhere Temperaturen – geraten viele einheimische Baumarten innerhalb der nächsten 75 Jahre voraussichtlich an den Rand ihrer Existenzmöglichkeiten. Der Baumstandort in der Stadt stellt eine zusätzliche Herausforderung dar, der durch menschliche Aktivitäten negativ wie auch positiv beeinflusst werden kann. Besonders die Wasserverfügbarkeit kann durch gärtnerische Maßnahmen und intelligente Profilierung von Geländeoberflächen gefördert werden. Vegetation und Vegetationszonen werden sich verändern. Mit gebietseinheimischen Genotypen und natürlicher Migration hitzeverträglicher Arten alleine lassen sich die anstehenden Probleme nicht lösen. In der Stadt werden vitale Bäume benötigt, die zugleich Schatten und Kühlung spenden. Lösungsansätze sind die vielfältige Anpflanzung hitzeresistenter Genotypen einheimischer Arten, submediterraner Arten

aus Süd- und Südosteuropa (Assisted Migration) sowie klimatoleranter Arten von anderen Kontinenten. Es wird davon ausgegangen, dass sich diese Arten in Mitteleuropa etablieren werden. Das erweiterte Artenspektrum ist angesichts einer durch die Eiszeiten verarmten einheimischen Gehölzflora für urbane Räume erstrebenswert und gut!

Summary

City trees for the next but one generation

The effects of climate change – particularly heat – are likely to push many indigenous tree species to the edge of their existence within the next 75 years. Ecological conditions of urban sites represent an additional challenge for trees. Human activities can intensify, but also alleviate them. Tree maintenance measures and intelligent profiling of soil surfaces in particular can promote water availability. Vegetation and vegetation zones will change. The variance of

GLOSSAR

autochthon: bezeichnet Arten, die im aktuellen Verbreitungsgebiet (Areal) entstanden oder dort im Zuge von natürlichen Arealerweiterungen – ohne menschlichen Einfluss – eingewandert sind. Ein Synonym für autochthon ist indigen. Als gebietsfremd (**allochthon**) werden dagegen Archäophyten und Neophyten bezeichnet, die in ihrer Verbreitung auf den Menschen angewiesen waren oder sind. In der Praxis werden meist diejenigen Pflanzen als Archäophyten eingestuft, die überwiegend in menschengemachter oder vom Menschen veränderter Vegetation wachsen, von denen aber weder Standorte in der natürlichen Vegetation nachweisbar sind, noch eine Einwanderung später als 1492 (das sind dann Neophyten) nachweisbar ist. Die jeweilige Abgrenzung ist abhängig vom gewählten Bezugsraum (z. B. Herkunftsgebiet, politische Verwaltungseinheit, Florenregion etc.)

einheimisch/heimisch: ist ein mehrdeutiger Begriff. Er wird in diesem Artikel als ursprünglich in Mitteleuropa vorkommend verwendet. Im engen Sinne des BNatSchG wird darunter ein Vorkommen in einem (!) von sechs Vorkommensgebieten innerhalb der Grenzen der Bundesrepublik Deutschland verstanden. Der Heimatbegriff im pflanzengeografischen Sinne ist deutlich weiter zu fassen: Das durch ökologische und geographische Parameter abgegrenzte Areal einer Art erstreckt sich oft über große Gebiete. So ist die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) – gerne auch „Deutsche Eiche“ genannt – in ganz Europa und Kleinasien bis Transkaukasien heimisch (siehe auch ► autochthon).

euxinisch: biogeographisch der Region westlich, südlich und östlich der Küste des Schwarzen Meeres (Pontus Euxinus) zugeordnet. Im Westen herrschen noch weitgehend submediterrane, im Süden am Nordabfall des Pontischen Gebirges in der Türkei und im Osten in der Kolchischen Tiefebene Georgiens dagegen immerfeucht subtropische Verhältnisse mit vielen immergrünen Arten (Laurophyllen) wie die Pontische Alpenrose (*Rhododendron ponticum*). Als biogeographisch **pontisch** wird dagegen nur die winterkalte, osteuropäische Steppenregion nördlich des Schwarzen Meeres bezeichnet.

hyrkanisch: bezeichnet die Region im Süden des Kaspischen Meeres, insbesondere die warmen und regenreichen, nördli-

chen Hänge des Elbursgebirges im Norden Irans.

Klimahüllen: Klimahüllen sind zweidimensionale Darstellungen der Häufigkeitsverteilung von Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme für die Verbreitungsgebiete (Areale) von Baumarten. Die Klimahüllen geben eine erste Möglichkeit, das Klima innerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets einer Baumart mit dem gegenwärtigen und zukünftigen Klima in einem Bezugsraum zu vergleichen.

Laurophyllisierung: Veränderung der sommergrünen (nemoralen), mitteleuropäischen Vegetation durch die Ausbreitung großblättriger winter- und immergrüner Laubgehölze, insbesondere Sträucher und kleinere Bäume. An autochthonen Arten sind dies Efeu (*Hedera helix*) und Stechpalme (*Ilex aquifolium*). Unter den gebietsfremden (allochthonen) Arten fällt derzeit besonders der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) auf. Dies ist eine natürliche Entwicklung, die durch warme und regenreiche Winter begünstigt wird. Im Falle der Ausbreitung der Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) im Tessin kann dies zu ungewöhnlichen Waldbildern führen.

Lichttraumprofil: an Verkehrswegen von Ästen und Zweigen freizuhaltender Bereich, der sich aus dem Verkehrsraum und zusätzlichen Sicherheitsräumen zusammensetzt. Über Straßen beträgt es 4,5 m und über Fuß- und Radwegen 2,5 m.

nemorale Laubwald: als sommergrüner oder nemorale Laubwald wird die natürlich vorhandene Schlusswaldgesellschaft in humiden, kühl-gemäßigten, ozeanisch beeinflussten Klimaten bezeichnet. In Mitteleuropa wird er v. a. aus Buchen, Eichen, Ahornen, Ulmen, Linden, Eschen und Erlen gebildet. Auch die Strauchschicht ist weitgehend sommergrün.

Zwiesel: Gabelung in der Verzweigungsstruktur eines Baumes in zwei gleich starke Stämmlinge oder Äste, die u-förmig oder v-förmig ausgebildet sein kann. Treten Zwiesel im Kronenan-satz auf, wird darauf bei der Beurteilung der Verkehrssicherheit besonderes Augenmerk gelegt.

native genotypes and the natural migration of more heat-tolerant tree species alone will not solve our future problems. In cities, vital trees are necessary to provide shade and cooling. Possible solutions include the planting of diverse heat-resistant genotypes of indigenous species, of new, Sub-Mediterranean species from Southern and Southeastern Europe (assisted migration) and of climate-tolerant species from other continents. It is likely that these species will establish in the future. In view of the Central European woody flora that has been largely impoverished by the ice ages, a species-rich urban tree vegetation is desirable and good!

Schlagworte

Klimawandel, Stadtgrün, Pflanzenverwendung, Bäume, Ökosystemleistungen, Resilienz, Biodiversität, Dendrologie

Literatur

- [1] Umweltbundesamt (2023a). Sechster Sachstandsbericht des Weltklimarates IPCC, <https://t1p.de/qxs2l>
- [2] Umweltbundesamt (2023b). Empfehlungen für die Charakterisierung ausgewählter Klimaszenarien, <https://t1p.de/p2j65>
- [3] S. Rahmstorf (2020). Deutschland ist schon zwei Grad wärmer. Spektrum der Wissenschaft, <https://t1p.de/517q8>
- [4] European Environment Agency (2022). Projected change in annual (left) and summer (right) precipitation, 2071–2100, <https://t1p.de/80oos>
- [5] Helmholtz-Zentrum Geesthacht (2020). Norddeutscher Klimaatlas, <https://www.norddeutscher-klimaatlas.de/>.
- [6] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (o. J.). Klimabäume – Bienenbäume der Zukunft? <https://t1p.de/lexd1>
- [7] C. Kölling (2007). Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. AFZ – Der Wald 62, 23, 1242–1245.
- [8] E. Sadler (2022). Zukunftsbäume für Münster. Erarbeitung eines Baumentwicklungskonzeptes mit standortspezifischen Artenempfehlungen unter zukünftigen Klimabedingungen unter Berücksichtigung des Klimahüllenkonzeptes, <https://t1p.de/ybexs>
- [9] M. Liesebach et al. (2023). Ergebnisse aus dem Internationalen Buchenherkunftsversuch 1996/98 von den Versuchsflächen in Deutschland. Thünen Rep 105, 97–127.
- [10] E. A. Thurm et al. (2017). Anbauempfehlungen – von der Forstung in die Fläche. AFZ-Der Wald, 72, 22, 19–23.
- [11] P. Schönfeld (2019). „Klimabäume“ – welche Arten können in Zukunft gepflanzt werden? LWG aktuell, <https://t1p.de/jcm63>
- [12] F.-G. Schroeder (2002). Warum verarmte Europas Gehölzflora in der Eiszeit? Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 87, 7–17.
- [13] Bochumer Botanischer Verein (2014). Beiträge zur Flora Nordrhein-Westfalens aus dem Jahr 2013. Jahrb. Bochumer Bot. Ver. 5, 130–163.
- [14] D. Zacharias, A. Breucker (2008). Die nordamerikanische Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) – zur Biologie eines in den Auenwäldern der Mittelbe eingebürgerten Neophyten. Braunschw. Geobot. Arb. 9, 499–529.
- [15] S. Nehring et al. (2013). Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352.
- [16] O. Heer (1868). Flora fossilis arctica. Zürich: Schulthess/Wurster
- [17] U. und R. Striegler (2002). Die Miozäne Flora des Blättertons von Wischgrund (bei Lauchhammer, Brandenburg) und ihre landschaftsgärtnerische Rekonstruktion als Niederlausitzer Tertiärwald. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 87, 125–145.
- [18] F.-G. Schroeder (1998). Lehrbuch der Pflanzengeographie. Wiesbaden: Quelle & Meyer.
- [19] P. C. Tzedakis, K. D. Bennett (1995). Interglacial vegetation succession: A view from southern Europe. Quaternary Science Reviews 14 (10), 967–982. [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(95\)00042-9](https://doi.org/10.1016/0277-3791(95)00042-9)

Verfasst von:



Jürgen Bouillon, geb. 1969, hat an der Technischen Universität München (TUM) Weihenstephan Landschaftspflege mit Schwerpunkt Landschaftsarchitektur studiert und an der Universität Hannover promoviert. Er lehrt und forscht seit 2007 an der Hochschule Osnabrück in der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur mit dem Fachgebiet Gehölzverwendung und Vegetationstechnik. Er ist Vizepräsident der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft e. V. und dort Fachreferent für Parks, Gärten und städtisches Grün.

Korrespondenz

Prof. Dr. Jürgen Bouillon
Hochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur
Am Krümpel 31
49525 Osnabrück
Email: j.bouillon@hs-osnabrueck.de



Ihnen gefällt diese Ausgabe der *Biologie in unserer Zeit (BiuZ)*? Sie möchten die *BiuZ* regelmäßig lesen? Dann werden Sie Mitglied im VBIO, dem größten Dachverband für Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland. Unsere Mitglieder erhalten viermal im Jahr die *BiuZ* und darüber hinaus weitere Informationsangebote und Vergünstigungen. Werden Sie noch heute Mitglied im VBIO – wir freuen uns auf Sie!





Verband | Biologie, Biowissenschaften
& Biomedizin in Deutschland

**GEMEINSAM
FÜR DIE**

BIEWISSENSCHAFTEN

Gute Gründe, dem VBIO beizutreten:

- Werden Sie Teil des größten Netzwerks von Biowissenschaftlern in Deutschland.
- Unterstützen Sie uns, die Interessen der Biowissenschaften zu vertreten.
- Nutzen Sie Vorteile im Beruf.
- Bleiben Sie auf dem Laufenden – mit dem VBIO-Newsletter und dem Verbandsjournal „Biologie in unserer Zeit“.
- Treten Sie ein für die Zukunft der Biologie.



www.vbio.de

Jetzt beitreten!

