

# Bedeutung von Altbäumen zur Anpassung an den Klimawandel

Derzeit geht man in der Forstwirtschaft davon aus, dass kürzere Umtriebszeiten die Anpassungsfähigkeit von Wäldern an klimatische Änderungen erhöhen. Dem widerspricht die Autorin und sagt, Bäume brauchen Zeit, um ihr volles evolutionsgenetisches Potenzial zu entwickeln. Diese Möglichkeit werde durch eine frühe Entnahme verhindert.

TEXT: DORIS KRABEL

**A**bgesehen von ihrem Eigenwert dürfte es unstrittig und sowohl in der Öffentlichkeit als auch in der forstlichen Praxis anerkannt sein, dass alte Bäume strukturelle und funktionelle Merkmale aufweisen, die für die Erhaltung komplexer und einzigartiger Artengemeinschaften von grundlegender Bedeutung sind. Das Alter der Bäume und ihre Größe, zusammen mit den Umweltbedingungen an ihrem Standort, bestimmen das Auftreten komplexer Zerfallsprozesse [1]

und führen zur Entwicklung eines vielfältigen Spektrums von Mikrohabitaten mit charakteristischen Strukturen und Substraten, die für teilweise sehr seltene und ganz unterschiedliche Pflanzen- und Tierarten Nahrung und Lebensraum bieten. Daher ist es als positiv zu beurteilen, dass das Vorkommen derartiger Mikrohabitatem in einem Waldbestand zunehmend an Bedeutung für die Beurteilung der Naturnähe und der nachhaltigen Bewirtschaftung eines Waldbestandes gewinnen.

Dagegen weitgehend unbekannt und wenig bis gar nicht wissenschaftlich beachtet ist die Bedeutung alter Bäume für evolutive Prozesse, d. h. die Klärung der Frage nach dem Einfluss des Baumalters auf die genetische Variation der Nachkommenschaft. Von besonderem Interesse ist dabei, inwieweit alte Bäume dazu beitragen, die genetische Basis der Nachkommenschaft zu erhalten oder sogar zu erweitern. Die Beantwortung dieser Fragen ist insofern essenziell, als eine mögliche Diskussi-



Foto: NABU-Waldinstitut

**Abb. 1:** Welche Bedeutung haben Altbäume für die gegentische Anpassung von Wäldern? Hier ca. 200 Jahre alte Stieleichen im Favoritepark Ludwigsburg.

on um die Erhaltung von alten Bäumen nicht „nur“ auf natur- und artenschutzrelevante Aspekte reduziert werden sollte, sondern auch Aspekte der Klimaanpassung und Bedeutung derartiger Baumstrukturen für langfristige evolutive Prozesse zukünftig eine Rolle spielen müssen.

## Schneller Überblick

- » Diskussionen um die Erhaltung von alten Bäumen sollten nicht „nur“ auf natur- und artenschutzrelevante Aspekte reduziert werden.
- » Auch Aspekte der Klimaanpassung und Bedeutung derartiger Baumstrukturen für langfristige evolutive Prozesse sind von großer Bedeutung.
- » Die weitgehende Ausschöpfung aller Altersphasen unserer Waldbäume ist erforderlich, um evolutiv bedingte Anpassungsvorgänge zu gewährleisten.

### Bedeutung alter Bäume im Ökosystem

Große und vor allem alte Bäume besitzen eine herausragende kulturelle und ästhetische Bedeutung. Die verschiedenen Nationalerbe-Bäume sind dafür eindrucksvolle Beispiele. Daneben fungieren alte Bäume als Habitat für eine außergewöhnliche Vielfalt an Pilzen, Flechten, Wirbeltieren und Wirbellosen. Die von ihnen getragene Biodiversität ist einzigartig, da sie insbesondere in reich strukturierten Landschaften bedeutende Rückzugsräume für seltene und gefährdete Tier- und Pflanzenarten bieten [2]. Aufgrund dieser Eigenschaften werden deshalb alte große Bäume häufig mit ökologischen Inseln innerhalb der als solchen schon vielfältigen Wälder verglichen. Mit zunehmender Größe und Alter steigt die Anzahl der von ihnen beherbergten Arten und deren räumliche Abdeckung [3]. So ist beispielsweise der Beitrag alter Bäume für die Erhaltung saproxylischer Arten unübertroffen, da diese Bäume eine

außergewöhnliche Vielfalt an Mikrohabitaten aufweisen, von denen einige Jahrhunderte überdauern können [4]. Der Rückgang alter und hohler Bäume bedroht daher die Erhaltung zahlreicher vor allem gefährdeter Arten [5].

### Ebenen von Anpassung und Anpassungsfähigkeit

Grundsätzlich sind die Voraussetzungen für ein langes Baumleben auf der Erde eher als ungünstig zu beurteilen. Ortsgebundenheit an einen Standort über Jahrzehnte oder Jahrhunderte mit zum Teil stark wechselnden biotischen und abiotischen Umweltbedingungen erfordern ein hohes Maß an Anpassungsfähigkeit auf der Ebene des einzelnen Individuums.

Auf der Ebene der Population wird das Überleben dieser durch Selektionsprozesse und ein stetes Nachjustieren der jeweiligen genetischen Strukturen an die gegebenen Umweltbedingungen erreicht. Verschiedene Individuen (genetische Varianten), die wenig anpassungsfähig sind werden selektiert und verschwinden aus dem Bestand / der Population und andere kommen durch Migration (via Polleneintrag und Samentransport) aus benachbarten Beständen hinzu. Derartige Prozesse erfordern einen gewissen zeitlichen Rahmen, da Blüte und Fruktifikation nicht regelmäßig und nicht bei allen Bäumen eines Bestandes oder Nachbarbestandes zeitgleich und in gleicher Intensität stattfinden.

### Argumente gegen ein langes Baumleben

Argumente für eine Verkürzung des Produktionszeitraums und damit gegen ein langes Baumleben fokussieren zum einen auf die statischen Eigenschaften insbesondere großer hoher Bäume und zum anderen auf evolutionäre und ökologische Risiken. Eine große Höhe einzelner Bäume, insbesondere in stark strukturierten oder offenen Beständen, bieten Sturm eine größere Angriffsfläche als weniger hohe Individuen in homogenen Beständen [6]. Gleichzeitig zeigen Bestände, in denen Einzelbäume Zeit und Raum für die Entwicklung einer ausgewachsenen Krone hatten, auch dass diese stabil Sturmereignisse überstehen können.

Weiterhin wird argumentiert, dass besonders die alten Bäume klimabedingt schwere Schäden zeigen und schließlich absterben. Obwohl alte Bäume im Laufe der Zeit zunehmend Holz anreichern, bedeutet dies nicht zwangsläufig ihre strukturelle Schwächung oder ihr komplettes Absterben [4]. Vielmehr passen sie ihre Anatomie durch Selbstoptimierungsprozesse an: Die Baumkrone reduziert sich in Größe und Höhe, während weitere biomechanische Anpassungsmechanismen zur Erhaltung von Stabilität und Langlebigkeit beitragen [7]. Und selbst wenn die Bäume absterben, erfüllen sie zumindest noch wichtige Funktionen als Habitatstruktur. Für junge absterbende Bäume, die vermutlich deutlicher häufiger im Bestand vertreten sind, gilt dies eher weniger.

**„Es ist unklar wie oft ein Baum fruktifiziert haben sollte, um sein vollständiges Vermehrungspotenzial zur Verfügung stellen zu können.“**

DORIS KRABEL

Evolutionäre Risiken können sich dadurch ergeben, dass die Fortpflanzung in Beständen mit großkronigen Bäumen, oft stark von wenigen Individuen dominiert werden [8, 9], was möglicherweise zu einer kleinen effektiven Populationsgröße führt. Das bedeutet, dass in der Nachkommenschaft nur wenige Mutter- bzw. Vaterbäume repräsentiert sind. Bestände, die aus nur wenigen solcher dominanter Individuen bestehen, könnten schließlich anfällig für Faktoren sein, die Drifteffekte fördern und langfristig zum Verschwinden der größten, fortlaufungsaktivsten Individuen führen. Andererseits benötigen auch junge Bestände Zeit, um sich in der gesamten genetischen Breite reproduzieren zu können. Denn nicht alle Bäume reproduzieren zum gleichen Zeitpunkt und nehmen

auch nicht in gleicher Intensität am Fortpflanzungsgeschehen teil. Hinzu kommt, dass am Reproduktionsprozess in jüngeren Beständen auch solche Individuen beteiligt sind, die einen längeren Selektionsprozess noch gar nicht durchlaufen haben und ggf. nicht besonders gut an zukünftige Umweltverhältnisse angepasst sind. Alte Bäume hingegen haben derartige Selektionsphasen bereits überstanden und zeigen damit eine gewisse phänotypische Plastizität.

Das Argument z. B. von Brange et al. [6], dass eine Reduktion der Umtriebszeit die Anpassung fördere, da schneller eine neue Baum-Generation zur Verfügung gestellt wird, muss insofern entkräftet werden, als zwar im günstigsten Fall die im Bestand aktuell vorhandene genetische Struktur auch in der Nachkommenschaft repräsentiert ist, jedoch zu einem so frühen Zeitpunkt vermutlich keine nennenswerten neuen genetischen Varianten (z.B. entstanden durch Mutationereignisse) auftreten. Diese sind aber entscheidend für evolutive Vorgänge. An dieser Stelle stellt sich die – in der Forschung noch weitgehend offene – Frage, wie oft ein Baum überhaupt fruktifiziert haben sollte, um sein vollständiges Vermehrungspotenzial zur Verfügung stellen zu können.

### Alte Bäume sichern das Überleben kommender Generationen

Um als Art oder Population evolutiv, d. h. über sehr lange Zeiträume erfolgreich überleben zu können, ist zusätzlich zu Migration und Selektion ein gewisses Maß an neuer genetischer Variation, entstanden aus überlebensfähigen somatischen Mutationen, erforderlich. Diese werden in den genetischen Pool des Bestandes „eingezahlt“ und müssen sich unter den jeweiligen Umweltbedingungen bewähren. Vergleichbar ist dieser Prozess in etwa mit dem Ziehen von Lotterielosen – es werden zwar viele Nieten gezogen, aber unter den Losen sind auch Gewinne. Derartige Mutationen entstehen im Rahmen von Zellteilungsprozessen (z. B. bei der Entwicklung der Blüte), wobei nur wenige überlebens-

fähig sind und auf die nächsten Generationen (z.B. durch Samen) übertragen werden. Je größer die Krone eines Baumes und je älter er ist, desto mehr solcher Mutationen dürften sich im Laufe der Zeit angesammelt haben und desto größer ist die Chance, dass einige davon auf die Nachkommenschaft übertragen werden.

Die Anpassung des genetischen Pools an neue Umweltbedingungen und gegebenenfalls dessen Nachjustierung infolge von Selektions- und Migrationsprozessen erfolgt jedoch nur über sehr lange Zeiträume. Durch eine aus wirtschaftlichen und/oder Stabilitäts-Gründen frühe Entnahme von Bäumen wird eine solche Chance verschenkt, da aufgrund der bis zur Ernte unter Umständen wenigen Blüh- und Fruktifikationsereignisse einerseits die potentielle genotypische Vielfalt (d. h. das Zusammentreffen aller im Bestand möglichen genetischen Varianten) des Gesamtbestandes in der Nachkommenschaft nicht vollständig ausgeschöpft sein dürfte, und andererseits nur wenige Mutationereignisse aufgetreten und erfolgreich gewesen sein dürften. Auch Selektionsprozesse werden vorzeitig abgebrochen: Selbst wenn es bedeutet, dass die aktuelle genetische Zusammensetzung der Population mit viel Glück in der Nachkommenschaft repräsentiert ist, so werden potenziell langfristig überlebensfähige Individuen aus dem aktuellen Bestand, d. h. solche mit hoher phänotypischer Plastizität, entnommen, ohne dass sie diesen Vorteil in einer großen Zahl an Mastjahren an die Nachkommen weitergeben könnten. Eine frühe Entnahme von Bäumen mit bis dato wenigen Reproduktionsereignissen bedeutet grundsätzlich eine Verringerung der Fitness (Reduktion der Anzahl der Nachkommen) und damit überproportional hohe „Investitionskosten“ für einen Baum/ Population. Er investiert in sein Wachstum über 40 Jahre und mehr bis zur 1. Reproduktion und wird vielleicht nach 100 Jahren bereits entnommen, ohne das volle genetische Potenzial an seine Nachkommen weiter gegeben zu haben. Würde man diese Vorgehensweise auf die Altersphasen von Menschen übertragen, dann dürften diese nur ein Alter von nicht mal 30 Jahren erreichen.

Als weitere evolutive Säule sind Bäume mit einem eigenen Mikrobiom aus-

gestattet. Es handelt sich dabei um Mikroorganismen wie z.B. Bakterien und Pilze (Endophyten), die in den Zellen der Pflanzen in unterschiedlicher Zusammensetzung akkumuliert sind und zur Vitalität des Baumes beitragen. Untersuchungen [10] zeigen, dass ältere Bäume ein umfangreicheres Mikrobiom besitzen als junge Bäume derselben Art und am selben Standort und dass dieses auch an die Nachkommen, durch Vermehrungseinheiten, übertragen wird.

Nicht zuletzt können epigenetische Effekte und der genetische Austausch zwischen hybridisierenden Arten das Überleben unter geänderten Umweltbedingungen und damit die langfristige evolutionäre Anpassung begünstigen [11].

Festzuhalten bleibt deshalb, dass es für das Fortbestehen von Arten/ Populationen essenziell ist, auch wenn es sich um seltene Ereignisse handelt, die Möglichkeit für Vorgänge wie u. a. Ansammlung von Mutationen, Endophyten über einen langen Zeitraum sowie epigenetische Effekte, als Basis für Anpassungsprozesse an eine sich fortwährend ändernde Umwelt zu gewährleisten.

### Fazit

Anpassungsvorgänge bei Waldbäumen sind sehr komplex sowohl auf Ebene des Einzelpflanzens als auch auf Bestandes- oder Populationsebene. Unbekannte und nicht vorhersehbaren Umweltbedingungen begegnet man am besten durch eine hohe genetische Vielfalt (z.B. Naturverjüngung, gemischtes Saatgut, lange Verjüngungszeiträume) und einem nennenswerten Anteil an Altbäumen.



**Doris Krabel**

doris.krabel@nabu.de

leitet das NABU-Waldinstitut mit den Standorten Bühl (Baden) und Blankenburg (Harz).

### Literaturhinweise:

Download des Literaturverzeichnisses unter: [www.forstpraxis.de/downloads](http://www.forstpraxis.de/downloads).