

UFZ Discussion Papers

Department Naturschutzforschung

8/2019

Reiner Prozessschutz gefährdet Artenvielfalt im Leipziger Auwald

*Rolf A. Engelmann, Nora Haack, Klaus Henle, Hans D. Kasperidus, Sylke Nissen,
Martin Schlegel, Mathias Scholz, Carolin Seele-Dilbat, Christian Wirth*

Dezember 2019

Reiner Prozessschutz gefährdet Artenvielfalt im Leipziger Auwald

Rolf A. Engelmann^{1,2}, Nora Haack^{1,3}, Klaus Henle^{4,1}, Hans D. Kasperidus⁴, Sylke Nissen⁵, Martin Schlegel^{1,3}, Mathias Scholz⁴, Carolin Seele-Dilbat², Christian Wirth^{1,2}

¹ Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Deutscher Platz 5e, 04103 Leipzig

² AG Spezielle Botanik und Funktionelle Biodiversität, Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Leipzig, Johannisallee 21, 04103 Leipzig

³ AG Molekulare Evolution und Systematik der Tiere, Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Leipzig, Talstr. 33, 04103 Leipzig

⁴ Department Naturschutzforschung, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig

⁵ Institut für Soziologie, Universität Leipzig, Beethovenstr. 15, 04107 Leipzig

Zusammenfassung

Die Frage, ob die Artenvielfalt im Leipziger Auwald besser durch Prozessschutz oder besser durch Artenschutz erhalten werden kann, wird momentan kontrovers diskutiert. Beide Management-Strategien haben ihre Vor- und Nachteile und müssen die jeweils vorherrschenden auenökologischen Faktoren und aktuellen forstlichen Bestandsstrukturen berücksichtigen. Deshalb kommt der Managementplan für das FFH-Gebiet des Leipziger Auwaldes zu der Schlussfolgerung, dass Prozessschutzflächen nur begrenzt ausgewiesen werden sollen. Zur Erhaltung der außerordentlich hohen Biodiversität und Strukturvielfalt in den Beständen des Leipziger Auwaldes ist aus Sicht der Autoren die Förderung der Eichenverjüngung von großer Bedeutung. Die Eiche ist ein Schlüsselbaum für viele spezialisierte Pflanzenfresser und Pilzarten und bietet Lebensraum für ein großes Spektrum an Insekten, Vögeln und Fledermäusen. Eigene Untersuchungen im Gebiet haben ergeben, dass eine natürliche Verjüngung der Eiche nicht gegeben ist, da die Lichtverhältnisse am Boden durch das geschlossene Kronendach dies nicht zulassen. Eine alleinige Prozessschutzstrategie würde daher nicht zu den gewünschten Ergebnissen führen. Wir halten es naturschutzfachlich für sinnvoller, Prozess- und Artenschutz zu kombinieren und steuernde forstwirtschaftliche Eingriffe zum Aufbau zukünftiger Bestände mit standorttypischen Baumarten der Hartholzaue anzustreben, damit der Leipziger Auwald auch in Zukunft seine hohe Artenvielfalt behält und den Unwägbarkeiten des Klimawandels und der Ankunft neuer Schädlinge standhalten kann. Der Artenschutz benötigt in Leipzig eine behutsame und ökologisch orientierte Forstwirtschaft mit ihren Instrumenten wie Femelwirtschaft, Mittelwaldwirtschaft und Totholzmanagement. Zusätzlich müssen die Stadt Leipzig und das Land Sachsen die Redynamisierung der Leipziger Aue zügig vorantreiben.

Prozessschutz vs. Artenschutz

Derzeit gibt es in der Leipziger Stadtgesellschaft eine Diskussion über den Forstwirtschaftsplan 2019 für den Leipziger Auwald. In der Präambel des Plans heißt es: „Die wichtigste Aufgabe der Bewirtschaftung im Leipziger Auenwald ist die nachhaltige Sicherung des Baumartenreichtums sowie der Strukturvielfalt der Hartholzaue, um dadurch die gesamte Biodiversität (Artenreichtum) zu erhalten.“ (Stadt Leipzig 2019: 4)

Es wird nun ein Streit darüber ausgetragen, ob die Erhaltung des Artenreichtums am besten durch *Prozessschutz* oder *Artenschutz* erreicht werden kann. Vereinfacht ausgedrückt bedeutet Prozessschutz, dass in einem definierten Gebiet natürliche Prozesse weitgehend ohne menschlichen Einfluss

stattfinden und in die Entwicklung von Ökosystemen nicht eingegriffen wird.¹ Prozessschutz ist eine wichtige Naturschutzstrategie, die in Deutschland auf 5 % der Gesamtwaldfläche angewendet werden soll und unter anderem bereits in den Kernzonen von Nationalparks oder mancher Naturschutzgebiete umgesetzt wird. Die Bundesregierung hat dieses Ziel in der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt festgelegt. Artenschutz dagegen kann durch Prozessschutz erfolgen, aber auch durch direkte Eingriffe des Menschen, zum Beispiel durch Wiesenmahd, Schafbeweidung oder eben Steuerung der Waldentwicklung durch forstliche Eingriffe.

Im *Managementplan* für das FFH-Gebiet „Leipziger Auensystem“ und das SPA „Leipziger Auwald“ sind derzeit rund 100 ha des Leipziger Stadforstes als Prozessschutzgebiete ausgewiesen. Das entspricht ca. 10 % der Waldfläche des Leipziger Stadforstes, die vollständig aus der forstlichen Nutzung genommen worden sind. Eine Ausweisung von Prozessschutzflächen ist auch Bedingung für die Aufrechterhaltung der FSC-Zertifizierung. Die FFH-Managementpläne geben konkrete Orientierung bei der Bewirtschaftung und Pflege von Schutzgebieten. Sie sind bindend für Behörden und ein wichtiges Instrument im Naturschutz. Der Managementplan für das FFH-Gebiet „Leipziger Auensystem“ wurde 2012 vom Prof. Hellriegel Institut e.V. in Bernburg erstellt. Darin geben die Autoren zu Bedenken:

„[V]om Prozessschutz können grundsätzlich positive Wirkungen im Sinne der FFH-Aspekte ausgehen (,Biotopbaum‘- und Totholzförderung; ‚Bereitstellung‘ von Quartierbäumen für Fledermausarten). Mittel- bis langfristig sind allerdings auch Verschiebungen im Gehölzarteninventar zu erwarten, die dem Erhaltungszustand der LRT 9160 und 91F0² generell abträglich sind (Auskonkurrierung von Eichen ohne funktionsfähiges Überflutungsregime: Zunahme von Berg- und Spitzahorn). Ferner kann dies auch strukturelle Merkmale betreffen (zunächst zunehmende Ausdunklung, Verlust von Ökotonen)“ (Prof. Hellriegel Institut 2012: 90).

Der Managementplan kommt für das Leipziger Auensystem zu der Schlussfolgerung: „Durch Prozessschutz/Aussetzen jeglicher forstlichen Pflege sind auf absehbare Zeit (zumindest nach derzeitigem Kenntnisstand) negative Veränderungen im Arteninventar, teilweise auch in der Bestandesstruktur zu erwarten. Daher soll die Ausweisung solcher Flächen (wenigstens bis zum Vorliegen detail. wiss. Erkenntnisse/Prognosen) grundsätzlich begrenzt werden.“ (Prof. Hellriegel Institut 2012: 414)

Nun ist ein Managementplan kein Dokument für die Ewigkeit, sondern sollte in Reaktion auf neuere Entwicklungen und Erkenntnisse immer wieder angepasst werden. Hierauf wird mittlerweile von Seiten der Befürworter*innen des Prozessschutzes hingewiesen. Wir möchten im Folgenden mit Verweis auf unsere eigenen Forschungsergebnisse der letzten zehn Jahre sowie relevanter aktueller Ergebnisse der waldökologischen Forschung in Mitteleuropa die obige Aussage des Managementplans unterstützen, dass Prozessschutz begrenzt werden muss. *Wir erachten eine naturschutzfachlich ausgerichtete, behutsame Waldbewirtschaftung mit dem Ziel, die natürliche Baumartenzusammensetzung einer Hartholzaue zu bewahren bzw. wiederherzustellen, für den Erhalt der spezifischen Biodiversität unseres Leipziger Auwalds für notwendig.*

Der Leipziger Auwald hat eine lange, durch den Menschen geprägte *Geschichte*, die seine heutige, diverse Waldstruktur beeinflusst hat. Dass sich im Leipziger Binnendelta dicke Lagen nährstoffreichen Auenlehms ablagern konnten, ist zum großen Teil das Ergebnis von historischen Rodungen in den Oberläufen von Elster und Pleiße (Hiller et al. 1991). Der bedeutsame Anteil der Stiel-Eiche (*Quercus*

1 Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es eine Waldentwicklung ohne menschliche Einflüsse in Deutschland nicht mehr gibt, da alle Vegetationsprozesse durch Klimawandel, Stickstoffimmissionen und erhöhte CO-Konzentrationen der Atmosphäre beeinflusst werden.

2 Bei den LRT 9160 und 91F0 handelt es sich um die Lebensraumtypen „Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder“ und „Hartholz-Auenwälder“.

robur L.; im Folgenden: Eiche) von historisch 60 % und heute noch 20 % geht wahrscheinlich auf die Förderung durch den Menschen zurück, der die Eichen von jeher für die Schweinemast und als Bauholz benötigte. Unsere totholzreichen Starkeichen, die für die Biodiversität besonders wertvoll sind (Heydemann 1982), verdanken wir der jahrhundertlang praktizierten Mittelwaldwirtschaft (Gläser 2005). Die tiefen Astansätze vieler Eichen im Oberstand zeigen noch heute, dass sie sich als sogenannte „Lassreitel“ überwiegend im Freistand entwickelt haben, wie es für Mittelwälder typisch ist. Im Unterstand wurden ebenfalls weitere austriebsfähige und überflutungstolerante Baumarten der Hartholzaue wie Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior* L.; im Folgenden: Esche), Winter-Linde (*Tilia cordata* Mill.; im Folgenden: Linde), Ulme (*Ulmus* spp.) und Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) durch die Mittelwaldwirtschaft gefördert.

Als Ergebnis der naturräumlichen Gegebenheiten und der historischen Waldbewirtschaftung finden wir im Leipziger Auwald eine außerordentlich hohe *Biodiversität und Strukturvielfalt in den Beständen*. Das lässt sich am Beispiel der Eiche besonders anschaulich darlegen. Die Eiche ist ein besonders wertvoller Bestandteil von Auwäldern, denn sie beherbergt eine hohe Vielfalt von spezialisierten Pflanzenfressern (Brändle und Brandl 2001) und Pilzarten und sie bietet vielen verschiedenen Insekten, aber auch Vögeln und Fledermäusen Lebensraum. Speziell für den Leipziger Auwald gibt es etliche Studien, die belegen, dass die Eiche eine sehr hohe und ihr eigentümliche Artenvielfalt für ein weites Spektrum von Artengruppen besitzt (Arndt et al. 2007; Schmidt et al. 2007; Stenchly et al. 2007; Unterseher et al. 2007). Intensive Untersuchungen der Käferfauna in den letzten Jahren zeigen, dass in den Kronen auwaldtypischer Arten wie Eiche, Esche und Linde mehr und seltenere Arten gefunden werden als in Baumkronen des Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). Insgesamt konnten (2016 und im ersten Halbjahr 2017) auf den vier Baumarten zusammen 371 Käferarten nachgewiesen werden. Insbesondere ist der Leipziger Auwald einer der Standorte, in denen sachsenweit die meisten Urwaldreliktarten gefunden wurden: 8 auf der Eiche, 7 auf der Esche und 5 auf der Linde (Abbildung1).

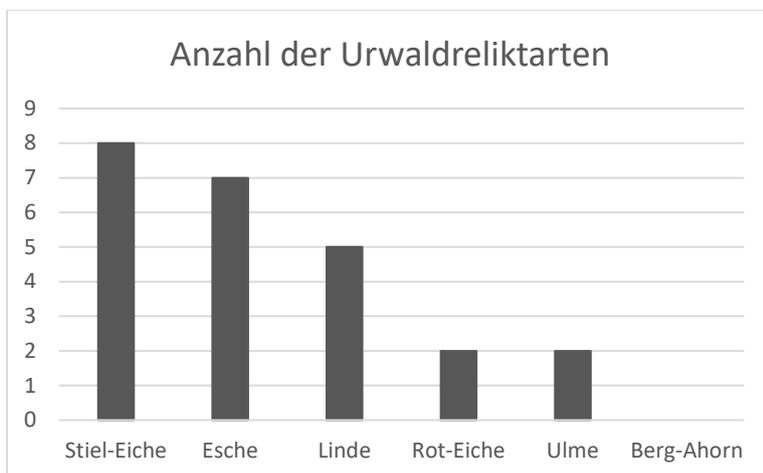


Abbildung 1: Anzahl der seltenen Urwaldreliktarten von Käfern in den Baumarten Stiel-Eiche, Gemeine Esche, Winter-Linde, Rot-Eiche, Ulme und Berg-Ahorn.

Anm.: Ergebnisse einer Untersuchung der Käferfauna in den Baumkronen in den Jahren 2016, 2017 und 2018 (Jahre 2017 und 2018 noch nicht vollständig ausgewertet). In Ahorn, Ulme und Rot-Eiche wurden zwei Kreuzfensterfallen installiert, in Stiel-Eiche, Esche und Linde je 10.

Quelle: Promotionsarbeit Nora Haack, Universität Leipzig, gefördert durch das Deutsche Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig; Masterarbeit Lisa Hahn, Universität Leipzig.

Der Ahorn dagegen beherbergte keine Urwaldreliktarten. Eine erste Auswertung der gesamten Käferfauna ergab, dass ein Großteil der Käferarten verschwinden würde, wenn sich der Auwald zu

einer Dominanz von Ahorn entwickeln würde. Nur 26 % der auf Eichen gefundenen Käferarten konnten auch auf dem Ahorn gefunden werden (Esche: 25 %, Linde 36 %).

Wenn das für Mitteleuropa einmalige Arteninventar erhalten werden soll, benötigen wir Bedingungen, die es ermöglichen, dass sich der Anteil der Eichen erhöht, die Vielfalt der auentypischen Baumarten bleibt und die Ausbreitung von auwalduntypischen Arten (Berg- und Spitz-Ahorn, zunehmend auch Buche) gestoppt wird. Mit welchen Mitteln kann dies erreicht werden? Der Königsweg wäre die vollständige Revitalisierung der Auendynamik (siehe unten). Eine weitere Möglichkeit ist die Steuerung durch Waldbewirtschaftung, die zunächst erörtert werden soll, weil sie in der Kritik steht.

Die Rolle der Waldbewirtschaftung

Eine forstliche Nutzung im Leipziger Auwald ist nach Ansicht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) *FFH-konform*. Die aus dem Managementplan abgeleiteten Handlungsgrundsätze des FFH-Gebiets Leipziger Auensystem verlangen die „Sicherung der Dominanz der Hauptbaumarten (außer *Acer pseudoplatanus*) im Rahmen der Pflege- u. Erntennutzungen (besondere Förderung der Eiche durch Freistellung), sowie bei der Wahl geeigneter Verjüngungsmaßnahmen“ die „bevorzugte Entnahme von gesellschaftsfremden Baumarten im Rahmen von Durchforstungen“. Der Kartier- und Bewertungsschlüssel (KBS) für Waldlebensraumtypen nach LfULG (2009) erlaubt für den Lebensraumtyp der Hartholzau (LRT 91F0) explizit das Vorhandensein von Rückegassen in der Erhaltungskategorie A („hervorragend“) und fordert für diese Qualitätsstufe einen Eichenanteil von mehr als 35 % (derzeit nur rund 20 % im Leipziger Auwald). In Bezug auf den Erhalt und die Förderung von FFH-Lebensräumen, in denen die Eiche eine wichtige Rolle spielt, ist die Debatte darüber, ob die Eiche durch Waldbau gezielt gefördert werden soll, schon älter. Insbesondere die Studie von Jedicke und Hakes (2005) wird viel zitiert. Die Autoren haben anhand einer intensiven Literaturstudie das Problem erstmalig sowohl aus naturschutzfachlicher als auch waldbaulicher Perspektive analysiert und Handlungsempfehlungen abgeleitet. Anhänger*innen des Prozessschutzes beziehen sich häufig auf folgende Aussage: „Nutzungsaufgabe aus Gründen des Naturschutzes (Prozessschutz, Schutz von Alt- und Totholzbewohnern) darf nicht mit dem Argument dann fehlender Verjüngung abgelehnt werden.“ (ebd.: 42). Es lohnt sich deshalb eine Exegese. Im weiteren Verlauf des Artikels begründen die Autoren diese Empfehlung folgendermaßen: (1) Neuere Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die Eiche unter bestimmten Bedingungen erstaunlich schattentolerant³ sein kann – vor allem in den ersten Jahren. (2) Eichen sind sehr langlebig, so dass für die Population genügend Zeit besteht, günstige Konstellationen für ihre Verjüngung abzuwarten.⁴ Sie empfehlen daher richtigerweise standortspezifische Untersuchungen („Es erscheint daher voreilig, ohne ausreichend empirische Befunde auf einem breiten Spektrum unterschiedlicher Standorte – und diese fehlen noch – eine eigenständige Verjüngung ungenutzter entsprechender Waldbestände mit Eichenanteil völlig auszuschließen“; ebd.).

3 Es sei hier erwähnt, dass der Artikel keine Differenzierung zwischen Stiel-Eiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* L.) macht. Naturverjüngung bei der Traubeneiche ist deutlich einfacher, weil sie schattentoleranter ist als die Stiel-Eiche (Härdtle et al. 2004).

4 zum Beispiel Mastjahre mit hoher Eichelproduktion in Kombination mit natürlichen Störungen

Baumartenstruktur im Leipziger Auwald

Nun ist es im Leipziger Auwald so, dass die von Jedicke und Hakes geforderten empirischen Belege nicht mehr fehlen. Was für Praktiker und naturkundlich erfahrene Auwaldfreunde seit längerem sichtbar und bereits Ergebnis von Forschungsarbeiten⁵ in den 1990er Jahren war und in der Studie von Gutte (2011) ebenfalls herausgestellt wurde, konnte erneut im Rahmen der Begleitforschung des BfN-Projekts Lebendige Luppe quantitativ gezeigt werden (Abbildung 2): Es findet so gut wie keine Naturverjüngung der Eiche statt. Auf den 60 Untersuchungsflächen, die in der gesamten Leipziger Nordwestaue verteilt sind, lässt sich nur sehr vereinzelt Eichenverjüngung im Unterwuchs finden. Diese Jungeichen werden selten größer als 30 cm. Von insgesamt 9.658 in der Strauchschicht untersuchten Individuen waren nur 14 Stiel-Eichen (Engelmann et al. 2020). Stattdessen dominieren mit einem gemeinsamen Anteil von 41,1 % die beiden schattentoleranten und standortfernen Ahornarten (Berg- und Spitz-Ahorn), die mit ihrem dichten Blattwerk den Waldboden abdunkeln. Die für die Eichenverjüngung notwendigen 20 % bis idealerweise 50 % des normalen Tageslichts (Modrow et al. 2019 für die schattentolerantere Trauben-Eiche - *Quercus petraea* [Mattuschka] Liebl.) werden dadurch im Auwald nur sehr selten erreicht.

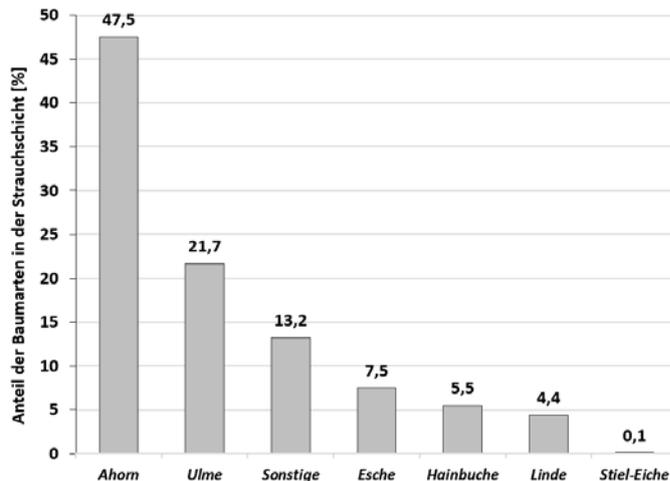


Abbildung 2: Naturverjüngung in der Strauchschicht in 60 Plots (à 2.500 m²) des Projekts Lebendige Luppe im nordwestlichen Teil des Leipziger Auwaldes.

Anm.: Die Aufnahme der Strauchschicht erfolgte im Okt./Nov. 2017 nach der *Line-Intersect*-Methode (Hessenmöller et al. 2013) und umfasst die Gehölze der Strauchschicht (Individuen n=9.658, Wuchshöhe > 50 cm und Brusthöhendurchmesser < 5,0 cm). Zur besseren Übersicht wurden die Gehölzarten wie folgt zusammengefasst: Ahorn = Berg-Ahorn (35,9 %), Spitz-Ahorn (5,2 %) und Feld-Ahorn (6,4 %); Ulme = Berg-, Flatter- und Feldulme; Sonstige = Blutroter Hartriegel, Europäisches Pfaffenhütchen, Gemeine Hasel, Gewöhnliche Traubenkirsche, Gewöhnliche Mahonie, Pappel spp., Purgier-Kreuzdorn, Rotbuche, Rote Johannisbeere, Schwarzer Holunder, Schwarz-Erle, Vogel-Kirsche, Weide spp., Weißdorn spp.; Linde = Sommer- und Winter-Linde.

Quelle: Engelmann (2020).

Verwirrung stiftet bei einigen Teilnehmer*innen des Diskurses immer wieder die Tatsache, dass man lokal nach Mastjahren durchaus Eichensämlinge finden kann. Diese halten sich durch die

⁵ 5 Forstökologen der Mendel-Universität Brunn, die in Zusammenarbeit mit dem UFZ und dem Stadtforstamt Leipzig in den 1990er Jahren umfangreiche ökosystemare Untersuchungen im Leipziger Auwald durchgeführt haben, kommen bezüglich der Naturverjüngung der Eiche zum gleichen Schluss. Auf den von ihnen untersuchten Probeflächen im nördlichen und südlichen Auwald dominierten Ahornarten. Die Eiche wurde in der Naturverjüngung so gut wie gar nicht festgestellt (Klimo et al. 1999).

Nährstoffreserven der Eichel eine Weile am Leben. Allerdings sterben sie rasch, sobald diese Vorräte aufgezehrt sind und sie sich durch die eigene Photosynthese ernähren müssen. Die Ursache dafür sind Lichtmangel und Rehverbiss. Es ist bekannt, dass die Eiche mit zunehmendem Alter lichtbedürftiger wird (Annighöfer et al. 2015).

Jedicke und Hakes (2005) nehmen in ihrem Artikel diese Ergebnisse vorweg, indem sie schreiben: „Auf zu wüchsigem Standort wird die Eiche durch ihre Konkurrenzunterlegenheit insbesondere gegenüber der Buche immer ein kostenträchtiger ‚Dauerpflegefall‘ bleiben“ (ebd.: 42). Interessanterweise kommen aktuelle überregionale Studien für Norddeutschland (Mölder et al. 2019), Süddeutschland (Annighöfer et al. 2015), Südschweden (Peterson 2019) und Rumänien (2013) alle zu einem ähnlichen Schluss, nämlich dass das Haupthindernis der Eichenverjüngung die ausgeprägte Konkurrenz mit schattentoleranten Arten ist. Die Beschreibung von Jedicke und Hakes trifft die Situation an unserem Leipziger Standort sehr gut. Die Böden unseres Auwalds sind außerordentlich „wüchsig“, das heißt gut mit Nährstoffen und Wasser versorgt, und die Rolle der schattentoleranten und abdunkelnden Buche (*Fagus sylvatica* L.) übernimmt in unserem System der Berg-Ahorn. Es kommt erschwerend hinzu, dass der Berg-Ahorn windverbreitet ist und viele Samen produziert. Die Population an geschlechtsreifen Berg-Ahorn-Altbäumen ist in den vergangenen Jahren bereits so stark angestiegen (derzeit ca. 15 % der Bestandsgrundfläche), dass diese Art sich mittlerweile flächenhaft verjüngt. Das macht eine Naturverjüngung der Eiche selbst dann nahezu unmöglich, wenn natürliche Störungen Lichtungen schaffen (siehe auch unten zum Thema „Eschentriebsterben“).

Die oben dargestellten Verhältnisse bezüglich der Regeneration der Hauptbaumarten in der *Strauchschicht* (Abbildung 2) haben sich bereits in ähnlicher Form in der *Baumschicht* etabliert (Abbildung 3).

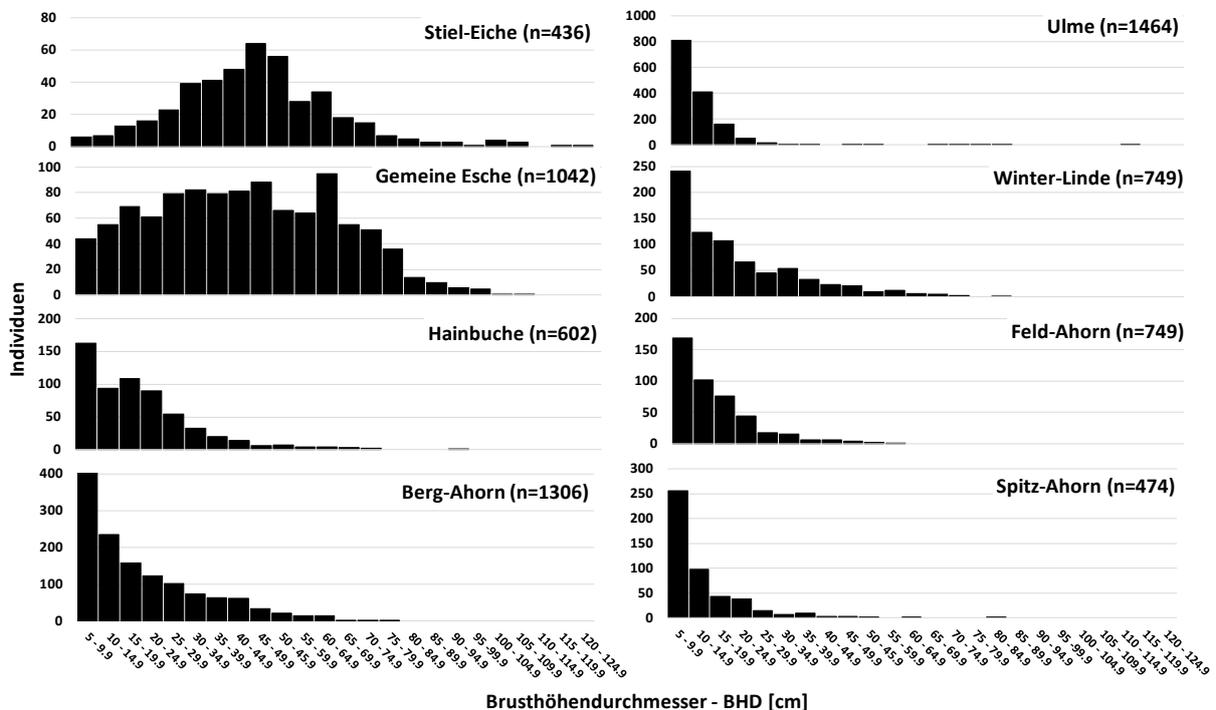


Abbildung 3: Klassenverteilung der acht dominierenden Baumarten nach ihrem Brusthöhendurchmesser – BHD (Individuen pro BHD-Klasse) auf 60 Plots des Projekts Lebendige Luppe im nordwestlichen Teil des Leipziger Auwaldes.

Anm: Die Inventur des Baumbestands (BHD ≥ 5cm) erfolgte in den Jahren 2014 bis 2017.

Schaut man sich die Klassenverteilung der Brusthöhendurchmesser (BHD) an, so zeigen Eiche und Esche eine unimodale Verteilung (Verteilung mit einem Gipfel) der Individuen, die meisten Individuen besitzen einen mittleren BHD. Die typische BHD-Verteilung für sich selbst verjüngende Populationen ähnelt einem „seitenverkehrten J“: sehr viele dünne (= junge) Individuen und exponentiell weniger werdende stark dimensionierte (= alte) Individuen. Diese Verteilung zeigen Hainbuche, Berg-Ahorn, Winter-Linde und Feld-Ahorn (*Acer campestre* L.), wobei der Berg-Ahorn höhere Individuenzahlen aufweist als die anderen drei Baumarten. Die Altersklassenverteilung von Ulme und Spitz-Ahorn (*Acer platanoides* L.) ist durch sehr viele junge Individuen⁶ und sehr wenige starke Individuen charakterisiert. Insbesondere für den Spitz-Ahorn ist somit unter den derzeitigen Bedingungen mit einer Zunahme im Bestand zu rechnen, während dies für die Ulme aufgrund der Holländischen Ulmenkrankheit derzeit ausgeschlossen werden kann (Engelmann et al. 2020).

Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse der Zusammensetzung der Strauchschicht und der Baumschicht, dass sich unter den gegenwärtigen Standortbedingungen vor allem die Eiche, aber auch die Esche nur unzureichend selbst verjüngt und daher ihre derzeitigen Bestände nicht von selbst erhalten bleiben werden. Nach Klimo et al. (1999) ist für den Leipziger Auwald damit zu rechnen, dass der Eichenanteil in Zukunft unter 10 % sinken wird, wenn die natürliche Regeneration so weiter läuft wie bisher.

Mit anderen Worten: *Mit reinem Prozessschutz ist die Eiche in 200 bis 300 Jahren sehr selten und auch andere Auwaldarten wie Esche, Linde, Feld-Ahorn und Hainbuche gehen zurück. Das wiederum bedeutet, dass die von diesen wertvollen Arten getragene Biodiversität voraussichtlich stark zurückgehen wird. Der vollständige Prozessschutz würde auf lange Sicht den Artenreichtum im Auwald bedrohen.*

Femellöcher zur Eichenverjüngung

Akzeptiert man diese Schlussfolgerung, die sich aus Erwägungen des Biodiversitätsschutzes und der Analyse von lokal erhobenen Daten ergibt, stellt sich die Frage: Wie können vor allem die Eiche und der mit ihr verbundene Artenreichtum waldbaulich erhalten werden? Der Forstwirtschaftsplan sieht die Verjüngung der Eiche in Femellöchern vor. *Femellöcher* sind kleinere Lochhiebe mit einem Durchmesser von ein- bis maximal zweifacher Altbaum-Länge, also 30 bis 50 m,⁷ in die Eichen, Wildobstarten und bisweilen Schwarz-Erlen (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) gepflanzt werden. Zum Schutz vor Wildverbiss werden die Femellöcher eingezäunt. Die Größe der Femel richtet sich danach, wie licht der umgebende Altwald ist. Weist er viel Berg-Ahorn in den unteren Kronenschichten auf, so dringt von der Seite wenig Licht in die Femellöcher. Damit die gepflanzten Eichen unter diesen Umständen genug Licht erhalten, wird ein größerer Durchmesser (bis maximal 50 m) gewählt. Der überall zunächst reichlich aufkommende und die Eichen zügig überwachsende junge Ahorn wird regelmäßig entfernt. Biotopbäume oder Starkeichen werden zur Anlage von Femellöchern im Leipziger Stadtwald grundsätzlich nicht geerntet. Dagegen werden gezielt Fremdländer-Baumarten wie die Rot-Eiche (*Quercus rubra* L.), der Eschen-Ahorn (*Acer negundo* L.) und bereits stark durch das Eschentriebsterben vorgeschädigte Eschen entnommen⁸ (siehe unten). Negative Einflüsse der Einrichtung von

6 In der Durchmesserklasse 5,0 – 9,9 cm sind jeweils mehr als die Hälfte aller Individuen vertreten.

7 Jedicke und Hakes schlagen Femellochgrößen von 20 bis 40 m vor („einfache Baumlänge“). Sie räumen aber folgendes ein: „Femelschläge müssen umso großräumiger geführt werden, je deutlicher die Eiche vorhandener oder sich gleichzeitig einstellender Verjüngung von Schattbaumarten [...] konkurrenzunterlegen ist.“ (2005: 42)

8 Die Esche wurde im 19. Jahrhundert angepflanzt und hat in Leipzig daher einen für Hartholzauen vergleichsweise hohen Anteil an der Bestockung von 38 %.

Femellöchern auf den Boden (Ausstrockung, Kohlenstoffverlust) wurden im Leipziger Auwald nicht untersucht, sind aber aufgrund der Literaturlage recht unwahrscheinlich⁹.

Eine Literaturstudie zur Verjüngung der Trauben-Eiche (Kohler et al. 2015) kommt zu dem Schluss, dass sich der Erfolg von Verjüngungsmaßnahmen nicht prognostizieren lässt, weil zu viele Standortfaktoren gleichzeitig einwirken (Standortgüte, Konkurrenz mit der krautigen Vegetation, Verbisse, Saatgut). Die Optimierung von Verjüngungsmaßnahmen muss lokal erfolgen. Dies benötigt Erfahrung und in gewissem Maße auch waldbauliche Experimente vor Ort. In jüngster Zeit sind viele Vorschläge zu alternativen waldbaulichen Behandlungen für den Leipziger Auwald unterbreitet worden. Die Befürworter*innen des Prozessschutzes fordern, das sogenannte *Lübecker Konzept zur Naturnahen Waldnutzung* im Leipziger Auwald anzuwenden. Viele der Forderungen, die mit dem Hinweis auf das Lübecker Konzept verbunden werden, sind im Leipziger Auwald weitgehend erfüllt. Dazu gehören zum Beispiel die Einrichtung von 10 % Referenzflächen ohne forstliche Nutzung (im Auwaldbereich des Stadtforstes sind es 10 %), die Vermeidung von Kahlschlägen (Femellöcher sind keine Kahlschläge), der waldverträgliche Einsatz von Maschinen (flächenhafte Befahrung findet im Auwald nicht statt), keine Entnahme von Biotopbäumen und Starkbäumen (erfolgt nicht und wird unter anderem von Naturschutzverbänden kontrolliert), etc. Selbst wenn das Lübecker Modell für Leipziger Verhältnisse adaptiert würde, würde daraus kein Prozessschutz resultieren. Es handelt sich um ein Waldbau- und kein Naturschutzkonzept. Es müsste dabei genau geprüft werden, welche Elemente dieses Konzepts die Voraussetzungen erfüllen, um einen sehr speziellen Auwald mit sehr speziellen Anforderungen der FFH-Richtlinie zu retten. Ähnliches gilt für die Ferndiagnosen von Medienförstern, die die besonderen lokalen Verhältnisse im Leipziger Auwald nur aus zweiter Hand kennen. Eine Zertifizierung durch den Verband für ökologischen Landbau e. V. *Naturland* zusätzlich zum FSC Siegel, wie vereinzelt gefordert wird, ist zu prüfen. Sie bringt aber voraussichtlich wenig Mehrwert, da die jetzige Bewirtschaftung mit großer Wahrscheinlichkeit bereits alle von *Naturland* geforderten Kriterien erfüllt.¹⁰

Mittelwaldwirtschaft

Ein weiteres im Auwald angewandtes Waldbau-Verfahren ist die Anlage von *Mittelwald*. Bei dieser historischen Nutzungsform wird der locker stehende Oberstand aus ca. 30 Starkbäumen pro Hektar, den sogenannten „Lassreiteln“, über lange Zeiträume (>200 Jahre) belassen. Alle typischen Auwaldbäume sind in der Lage, aus schlafenden oder neugebildeten Knospen aus dem Wurzelstock wieder neu auszutreiben. Früher wurden diese „Stockaustriebe“, welche den Unterstand bilden, nach ca. 15 bis 20 Jahren wieder abgetrieben (Kasperidus et al. 2001) und vielfältigen Nutzungen zugeführt (Zaunbau, Schnitzholz, Brennholz etc.). Es entstehen bei dieser Wirtschaftsform warme, belichtete Kronenbereiche in den Lassreiteln mit einem hohen Anteil an Totholz, das besonders für seltene, holzbewohnende Käferarten wie den Eremiten wichtig ist (Vodka et al. 2009). Es entstehen darüber hinaus offene Strukturen und Ökotope, die saumliebende Arten wie den Eschen-Scheckenfalter (*Euphydryas maturna*, Linnaeus, 1758), aber auch verschiedene Fledermausarten fördern können. Untersuchungen andernorts haben ergeben, dass frühe Entwicklungsstadien der Waldentwicklung wie

⁹ Ein Austrocknen des Bodens in Bestandslücken findet typischerweise nicht statt, weil die Transpiration des Altbaumbestandes die reine Evaporation vom Boden typischerweise deutlich überschreitet (Bauhus & Bartsch 1995). In Lochhieben in Buchenwäldern auf Braunerden des Sollings konnte keine Reduktion des C-Vorrates in den Böden festgestellt werden (Bauhus et al. 2004). Eine Schädigung der Mykorrhiza ist nach Schröter et al. (2019) ebenfalls nicht zu erwarten.

¹⁰ Dies gilt nur für die Femellochgröße nicht, die von *Naturland* mit einfacher Baumhöhe angesetzt ist. Wie oben ausgeführt, ist diese aber im Leipziger Auwald für die notwendige und FFH-konforme Verjüngung der Eiche wahrscheinlich nicht ausreichend.

Mittelwald und Femelschläge gegenüber Prozessschutzflächen tendenziell eine höhere Artenvielfalt aufweisen und der Anteil der naturschutzfachlich relevanten Arten häufig erhöht ist. Zum Beispiel hat das deutschlandweit größte Projekt zur Wiedereinführung der Mittelwaldwirtschaft in Niedersachsen einen positiven Effekt auf die Diversität von Gefäßpflanzen und Moosen sowie von verschiedenen Tiergruppen dokumentiert (Vild et al. 2013; Meyer et al. 2018; Strubelt et al. 2019). Mit einem großangelegten Experiment konnte in Eichenwäldern im Podyji-Nationalpark in der Tschechischen Republik gezeigt werden, dass künstliche Lichtungen einen höheren Tierartenreichtum und einen erhöhten Anteil an bedrohten Tierarten aufweisen als der unter Prozessschutz stehende geschlossene Wald ringsherum (Sebek et al. 2015). Basierend auf der Analyse von 23 Artengruppen (darunter Pflanzen, Moose, Flechten, Pilze, diverse Wirbellose und Wirbeltiere) konnten Hilmer et al. (2018) zeigen, dass neben späten Entwicklungsstadien auch sehr frühe Stadien der Wälder im Nationalpark Bayerischer Wald naturschutzfachlich besonders wertvoll sind, und fordern einen höheren Anteil beider Stadien in der Waldlandschaft, d.h. auch einen höheren Anteil gestörter Flächen (siehe auch den Übersichtsartikel von Swanson et al. 2011). In der Leipziger Burgau hat die kleinräumige Wiederbelebung der historischen Mittelwaldbewirtschaftung durchaus das Potenzial, die über Jahrhunderte entstandene spezifische Artendiversität des Leipziger Auwalds zu erhalten und zu fördern. Untersuchungen der Mittelwaldflächen durch die Universität Leipzig (AG Spezielle Botanik und Funktionelle Biodiversität) und die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Schuster 2018) zeigen einen positiven Effekt auf die Diversität der Gefäßpflanzen und finden keine Hinweise darauf, dass die Mittelwaldflächen von Neophyten besiedelt werden. Eine systematische Evaluierung der Wirbellosen- und Vogelfauna auf den Mittelwaldflächen im Vergleich mit dem umgebenden Hochwald des Leipziger Auwalds steht aus und wäre dringend geboten.

Alte und neue Herausforderungen für den Leipziger Auwald

Trotz der positiven Effekte, die durch die Anlage von Femellöchern und Mittelwaldwirtschaft erzielt werden können, gibt es eine Reihe von Herausforderungen für den Leipziger Auwald. Zu den größten Problemen gehören der *Mangel an Totholz*, *Pilzkrankheiten* und ganz zentral die *fehlende Auendynamik*.

Wenden wir uns zunächst noch einmal der Waldbewirtschaftung zu. In den oben genannten Untersuchungsflächen des Projekts Lebendige Luppe wurden auch die *Totholzvorräte* gemessen. Totholz ist Lebensraum und Nahrung von etwa einem Drittel aller Waldarten und die Anreicherung von Totholz ist ein wirksames Mittel des Waldnaturschutzes (Sandström et al. 2018). Die Totholzvorräte im Leipziger Auwald sind mit 16 m³ pro Hektar deutlich zu gering. Für die Erreichung der Ziele des Managementplans (1–3 Starkbäume pro Hektar) würde das zwar gerade eben reichen, aber der für die biologische Vielfalt wirksame Wert von ca. 10 % des Bestandsvolumens (entspricht 45 m³ pro Hektar im Leipziger Auwald), wie vom WWF, dem Lübecker Konzept und dem *Naturland*-Siegel gefordert und wissenschaftlich von Müller & Bütler (2010) untermauert, wird deutlich unterschritten (Abbildung 4). Das Projekt Lebendige Luppe hat Vorschläge für ein Totholzkonzept vorgelegt, das Maßnahmen zur Erreichung des 10 %-Ziels vorsieht und gleichzeitig darauf achtet, dass eine Vielfalt an Totholz in Bezug auf die Baumarten, die Größenklassen und die Position (stehend/liegend) erreicht wird, die zur Optimierung des Einflusses auf die Biodiversität von totholzabhängigen Insekten, Vögeln, Pilzen und Moosen erforderlich ist.¹¹

¹¹ An einer Konkretisierung und Formalisierung des Konzepts wird derzeit im Rahmen einer Arbeitsgruppe der AG Stadtwald gearbeitet.

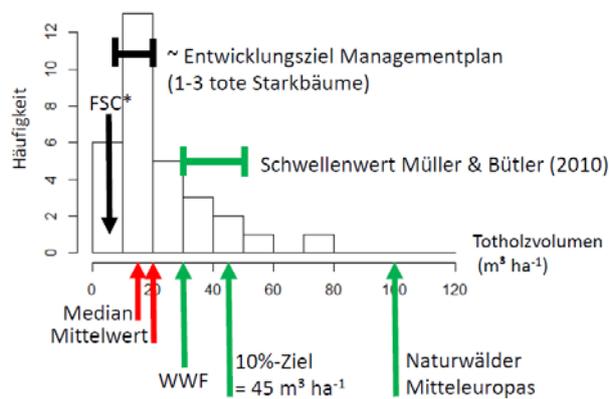


Abbildung 4: Totholzvorräte auf den 60 Plots des Projekts Lebendige Luppe.

Anm.: Rot: Median ($16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) und Mittelwert ($20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) der Totholzvorräte.

Schwarz: Vorgaben nach FSC (Schätzung des Totholzvorkommens in den geforderten 10 Biotoppäumen pro Hektar) und Managementplan (entspricht 1-3 toten Starkbäumen pro ha^{-1}).

Grün: Verschiedene Soll-Werte. Von uns wird das 10%-Ziel favorisiert

Ein weiteres großes Problem bei der Prognose der Waldentwicklung ist der Befall mit *Pilzkrankheiten*. Die Ulmen (Feld-Ulme und Berg-Ulme) sind in der Verjüngung immer noch sehr stark vertreten, erreichen aber durch die Übertragung der Schlauchpilzart *Ophiostoma novo-ulmi* durch Ulmen-Splintkäfer seit Ende der 1960er Jahre kaum noch Starkbaumgröße (Holländische Ulmenkrankheit). Vor etwa 10 Jahren ist in Leipzig das Eschentriebsterben (*Hymenoscyphus pseudalbicus*) angekommen, das sich von Südosteuropa nach Mitteleuropa ausgebreitet hat. In Untersuchungen des Projekts Lebendige Luppe wiesen 71 % der erfassten Eschen 2017 starke bis mittlere Schadsymptome auf. Der Anteil der Individuen mit sehr geringen Schadsymptomen betrug nur 5 %. Es wird angesichts dieser dramatischen Entwicklungen voraussichtlich nicht möglich sein, den derzeitigen Eschenanteil von 39 % im Auwald zu erhalten. Nachpflanzungen sind nicht möglich, weil besonders Jungeschen vom Eschentriebsterben befallen werden.¹² Die in den nächsten Jahren zu erwartende Mortalität der Esche wird die heutigen forstwirtschaftlichen Ernteraten von ca. 8.000 m^3 pro Jahr um ein Vielfaches übersteigen. Ein mögliches Szenario unter Prozessschutz ist folgendes: Die Population der Esche bricht in naher Zukunft ein und es kommt zu einer starken Auflichtung des Waldbildes. Die bestehende Population des Ahorns ist groß genug, um sich in den gestörten Stellen durch Samenanflug natürlich zu verjüngen oder aus der bereits im Unterstand reichlich vorhandenen Verjüngung rasch in das Kronendach zu wachsen. Das Eschentriebsterben könnte dem Wechsel zu einer Dominanz von Ahorn auf diese Weise Vorschub leisten. Nun ist auch der Ahorn von einer Pilzkrankheit betroffen. Seit wenigen Jahren, möglicherweise bedingt durch die zunehmende Trockenheit, ist die Rußrindenkrankheit (*Cryptostroma corticale*) des Berg-Ahorns auf dem Vormarsch. Diese befällt vor allem geschwächte und vorgeschädigte Individuen. Verbreitung und potentes Ausmaß dieser Krankheit im Auwald sind noch weitgehend unbekannt. Es ist aber nicht davon auszugehen, dass die Ahornpopulation großflächig abstirbt. Wie weiter oben erwähnt, konzentrieren sich die Femelhiebe des Stadtförstes heute schon auf Gebiete mit einem hohen Anteil an Esche, da absehbar ist, dass diese abgängig sind. Auf diesen Flächen wird die Eiche gepflanzt und die Sukzession zum Ahornwald unterbunden.

¹² Resistente lokale Linien sind noch nicht bekannt. Die Fernerkundung könnte aber dabei helfen, solche sowohl zu identifizieren, als auch den Schadverlauf räumlich explizit zu quantifizieren.

Das zentrale Problem des Auwalds ist die *Absenkung des Grundwasserspiegels* durch die Drainagewirkung der Neuen Luppe und die *fehlende Überflutungsdynamik*. Dieses Themengebiet liegt im Fokus des Projekts Lebendige Luppe. Eine Re-Dynamisierung der Aue mit regelmäßigen Überflutungen hat das Potential, die Ausbreitung des Berg- und Spitz-Ahorns zurückzudrängen, da die beiden Arten nicht überflutungstolerant sind (maximale Toleranz: 10 Tage). Die Verjüngung der Eiche und anderer Charakterarten der Hartholzaue könnten hierdurch indirekt gefördert werden. Unabhängig von der waldbaulichen Problematik ist eine Versorgung des Gebietes mit Wasser von größter Bedeutung für das Ökosystem. Ziel des Projekts ist es, durch beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung des Wasserhaushalts die biologische Vielfalt im Ökosystem der Leipziger Flussauenlandschaft zu sichern und zu entwickeln. Durch die geplante Wiederbespannung ehemaliger Wasserläufe soll eine neue Lebensader für die Aue südlich der Neuen Luppe geschaffen, der mittlere Grundwasserstand angehoben und Gewässer- und Biotopstrukturen der Aue revitalisiert werden. Gleichzeitig sollen kleinere und mittlere Hochwasserereignisse in der Nordwestaue in die Fläche geführt werden, so dass auch regelmäßige Überschwemmungen im Gebiet wieder möglich werden (www.lebendige-luppe.de). Die Maßnahmen werden dazu führen, dass sich das Mosaik an Lebensräumen zum feuchten Spektrum verschiebt und somit vielen derzeit im Rückgang befindlichen Arten Überlebenschancen geboten werden. Des Weiteren wird durch den zu erwartenden Anstieg des Grundwasserspiegels auch die Wasserversorgung der Baumschicht verbessert, was insbesondere angesichts von Trockenperioden die Walddynamik stabilisieren wird. Durch wechselnde, lokal höhere Grundwasserstände und regelmäßige Überflutungen kann sich der Hartholzauwald langsam wieder re-dynamisierten Standortbedingungen anpassen. Die Transformation des Leipziger Auensystems wird aber Jahrzehnte dauern.

Fazit

Es gibt Wälder, in denen Prozessschutz (Verzicht auf jegliche Bewirtschaftung) dem Artenschutz dient, die Funktionsfähigkeit des Waldökosystems verbessert und natürliche Waldbilder schafft. Unserer Meinung nach ist es in der Leipziger Aue naturschutzfachlich sinnvoller, Prozess- und Artenschutz zu kombinieren, wie es auch Jedicke und Hakes (2005) vorschlagen. Ohne steuernde forstwirtschaftliche Eingriffe wird sich der Leipziger Auwald nach derzeitigem Wissensstand zu einer Ahorn-Dominanz hin entwickeln. Zu einem sehr ähnlichen Fazit kommt Hauschild (2006) der ohne waldbauliche Maßnahmen eine Abnahme der Baumarten und Waldgesellschaften und damit der Arten- und Strukturvielfalt für einen nur noch teilweise überfluteten Auwald am Oberrhein prognostiziert. Das Ziel kann nicht sein, *irgendeinen* Wald zu erhalten. Der Wald der Zukunft muss reich an standorttypischen Baumarten der Hartholzaue sein, damit er den Unwägbarkeiten des Klimawandels und der Ankunft neuer Schädlinge standhalten kann. Der Artenschutz benötigt in Leipzig eine behutsame und ökologisch orientierte Forstwirtschaft mit ihren Instrumenten wie Femelschlägen, Mittelwaldwirtschaft und Totholzmanagement im Kampf um den Erhalt einer einmaligen Lebensgemeinschaft. Die Stadt Leipzig und das Land Sachsen müssen in Sachen Auenschutz Verantwortung übernehmen und die Re-Dynamisierung der Leipziger Aue zügig vorantreiben. Die in Leipzig ansässige Wissenschaft begleitet und unterstützt diesen Prozess gerne.

Danksagung

Für die Durchsicht des Manuskripts und wertvolle Hinweise danken wir Prof. Christian Ammer (Universität Göttingen), Prof. Jürgen Bauhus (Universität Freiburg), Prof. Jörg Müller (Universität Würzburg / Nationalpark Bayerischer Wald) und Prof. Goddert von Oheimb (TU Dresden, Tharandt).

Quellen

- Annighöfer, P., Beckschäfer, P., Vor, T., Ammer, C. (2015). Regeneration patterns of European Oak species (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus Robur* L.) in dependence of environment and neighborhood. *PLoS ONE*. DOI: 10.1371/journal.pone.0134935.
- Arndt, E., Bernhard, D., Jesche, C., Kupillas, S. & Voigt, W. (2007). Species diversity and tree association of Heteroptera (Insecta) in the canopy of a *Quercus-Fraxinus-Tilia* floodplain forest. In: Unterseher, M., Morawetz, W., Klotz, S. & Arndt, E. (Hrsg.). *The Canopy of a Temperate Floodplain Forest - First results from 5 years of research at the Leipzig Canopy Crane*. Universität Leipzig, Merkur, Leipzig. 81-90.
- Bauhus, J., Bartsch, N. (1995). Mechanisms for carbon and nutrient release and retention in beech forest gaps. I. Microclimate, water balance and seepage water chemistry. *Plant and Soil* 168-169:579-584.
- Bauhus, J., Vor, T., Bartsch, N., Cowling, A. (2004). The effects of gaps and liming on forest floor decomposition and soil C and N dynamics in *Fagus sylvatica* forest. *Canadian Journal of Forest Research* 34:509-518.
- Brändle, M., und Brandl, R. (2001). Species richness of insects and mites on trees: expanding Southwood. *Journal of Animal Ecology* 70(3): 491-504.
- Engelmann, R.A., Seele-Dilbat, C., Pruschitzki, U., Hartmann, T., Kasperidus, H.D., Scholz, M., Wirth, C. (2020). Der Gehölzbestand des Stieleichen-Ulmen-Hartholzauenwalds (*Quercus-Ulmetum minoris* ISSLER 1942) im Projektgebiet Lebendige Luppe in der nordwestlichen Elster-Luppe-Aue bei Leipzig. In: *UFZ-Bericht* (im Druck).
- Gläser, J. (2005). *Untersuchungen zur historischen Entwicklung und Vegetation mitteldeutscher Auenwälder*. Technische Universität Dresden.
- Gutte, P. (2011). Das *Quercus-Ulmetum minoris* ISSLER 1942, der Stieleichen- Ulmen-Hartholzauwald, in der Elster-Luppe-Aue bei Leipzig. *Mauritiana (Altenburg)* 22, 213–242.
- Härdtle, W., Ewald, J., Hölzel, N. (2004). *Wälder des Tieflandes und der Mittelgebirge*. Stuttgart: Eugen Ulmer. 252 S.
- Hauschild, R. (2006). Dynamik des Auewaldes im Waldschutzgebiet Taubergießen. *Waldschutzgebiete Baden-württemb.* 10, 95–115.
- Hessenmöller, D., Elsenhans, A. S. & Schulze, E. D. (2013). Sampling forest tree regeneration with a transect approach. *Ann. For. Res.* 56, 3–14.
- Heydemann, B. (1982). Der Einfluß der Waldwirtschaft auf die Wald-Ökosysteme aus zoologischer Sicht. *Schriftenr. des Dtsch. Rates für Landespl.* 40, 926–944.
- Hiller, A., Litt, T. & Eissmann, L. (1991). Zur Entwicklung der jungquartären Tieflandtäler im Saale-Elbe-Raum unter besonderer Berücksichtigung von 14C-Daten. *Eiszeitalter und Gegenwart* 41, 26–46.
- Hilmers, T., Friess, N., Bässler, C., Heurich, M., Brandl, R., Pretzsch, H., Seidl, R., Müller, J., (2018). Biodiversity along temperate forest succession. *Journal of Applied Ecology*. DOI: 10.1111/1365-2664.13238.
- Jedicke, E. & Hakes, W. (2005). Management von Eichenwäldern im Rahmen der FFH-Richtlinie. *Naturschutz und Landschaftsplan* 37, 37–45.
- Kasperidus, H.D., Klimo, E., Müller, G.K., Richter, W. & Sickert, A. (2001) The urban floodplain forest ecosystem of Leipzig. *The floodplain forest in Europe*, 127–145.
- Klimo, E., Hadas, P., Kulhavy, J., Palat, M. & Prax, A. (1999). Characteristics of natural regeneration. In: Klimo, E., Kasperidus, H.D. & Kulhavy, J. (Eds.), *Floodplain Forest in Leipzig (Ecosystem Study)*. Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno and UFZ – Centre of Environmental Research Leipzig-Halle, 196 S. (unveröff. Ms.).

- Kohler, M., Pyttel, P., Schaubhut, S., Hagge-Ellhöft, K., Kühne, C. & Bauhus, J. (2015). Über Wissen und Unwissen zur natürlichen Verjüngung der Traubeneiche - Eine Literaturstudie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 1-56.
- Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie – LfULG (2009). Arbeitsmaterialien zur Erstellung von FFH-Managementplänen: Kartier- und Bewertungsschlüssel für Wald-Lebensraumtypen des Anhangs I der Richtlinie 92/43/EWG (FFH-Richtlinie).
- Meyer, P., Schmidt, M., Lorenz, K. & Bedarff, U. (2018). Vergleich von Artenvielfalt, Vegetation und Waldstruktur des Mittelwaldes „Heißum“ und des Hochwaldes „Lewer Berg“ im Niedersächsischen Forstamt Liebenburg. Göttingen.
- Modrow, T., Kuehne, C., Saha, S., Bauhus, J., Pyttel, P.L. (2019). Photosynthetic performance, height growth and dominance of naturally regenerated sessile oak (*Quercus petraea* [Mattuschka] Liebl.) seedlings in small-scale canopy openings of varying sizes. *European Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01238-7>.
- Mölder, A., Sennhenn-Reulen, H., Fischer, C., Rumpf, H., Schönfelder, E., Stockmann, J., Nagel R.-V. (2019). Success factors for high-quality oak forest (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) regeneration. *Forest ecosystem* 6/49: 1-17.
- Müller, J. & Bütler, R. (2010). A review of habitat thresholds for dead wood: A baseline for management recommendations in European forests. *Eur. J. For. Res.* 129, 981–992.
- Petritan, A.M., Nuske, R. S., Petritan, I.C. Tudose, N.C. (2018) Gap disturbance patterns in an old-growth sessile oak (*Quercus petraea* L.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest remnant in the Carpathian Mountains, Romania. *Forest Ecology & Management* 308: 67-75.
- Prof. Hellriegel Institut e.V. an der HS Anhalt (2012). Managementplan für das FFH-Gebiet Landesmeldenummer 050 E „Leipziger Auensystem“ (4639-301) und das SPA V05 „Leipziger Auwald“. Bernburg.
- Sandström, J., Bernes, C., Junninen, K., Lohmus, A., Macdonald, E., Müller, J., Jonsson, B.G. (2018). Impacts of dead wood manipulation on the biodiversity of temperate and boreal forests. A systematic review. *Journal of Applied Ecology*. DOI: 10.1111/1365-2664.13395.
- Schmidt, C., Bernhard, D. & Arndt, E. (2007). Ecological examinations concerning xylobiontic Coleoptera in the canopy of a *Quercus-Fraxinus* forest. In: Unterseher, M., Morawetz, W., Klotz, S. & Arndt, E. (Hrsg.). *The Canopy of a Temperate Floodplain Forest - First results from 5 years of research at the Leipzig Canopy Crane*. Universität Leipzig, Merkur, Leipzig. 97-105.
- Schröter, K., Wemheuer, B., Pena, R., Schöning, I., Ehbrecht, M., Schall, P., Ammer, C., Daniel, R., Polle, A. (2019). Assembly processes of trophic guilds in the root mycobiome of temperate forests. *Molecular ecology*, 28(2): 348-364
- Schuster, A. (2018). Vegetationsveränderungen in Mittelwald- und Prozessschutzflächen im Leipziger Auwald. Bachelorarbeit an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg am Institut für Geobotanik. 89 S.
- Sebek, P., Bace, R., Bartos, M., Benes, J., Chlumska, Z., Dolezal, J., Dvorsky, M., Kovar, J., Machac, O., Mikatova, B., Perlik, M., Platek, M., Polakova, S., Skorpik, M., Stejskal, R., Svoboda, M., Trnka, F., Vlasin, M., Zapletal, M., Cizek, L. (2015). Does a minimal intervention approach threaten the biodiversity of protected areas? A multi-taxa short-term response to intervention in temperate oak-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 358:80-89.
- Stadt Leipzig (2019). Forstwirtschaftsplan (FWP) 2019. Leipzig: Amt für Stadtgrün und Gewässer.
- Stenchly, K., Bernhard, D. & Finch, O.-D. (2007). Arborescent spiders (Arachnida, Araneae) of the Leipzig floodplain forest – first results. In: Unterseher, M., Morawetz, W., Klotz, S. & Arndt, E. (Hrsg.). *The Canopy of a Temperate Floodplain Forest - First results from 5 years of research at the Leipzig Canopy Crane*.

Universität Leipzig, Merkur, Leipzig. 72-80.

- Strubelt, I., Diekmann, M., Griese, D., & Zacharias, D. (2019). Inter-annual variation in species composition and richness after coppicing in a restored coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management* 432, 132–139.
- Swanson, M.E., Franklin, J.F., Beschta, R.L., Crisafulli, C.M., DellaSala, D.A., Hutto, R.L., Lindenmayer, D.B., Swanson, F.J. (2011) The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites. *Frontiers in Ecology and Environment* 9(2):117-125.
- Unterseher, M., Morawetz, W., Klotz, S. & Arndt, E. (Hrsg.) (2007). The canopy of a temperate floodplain forest - Results from five years of research at the Leipzig canopy crane. Leipzig: Universitätsverlag, Leipzig.
- Vild, O., Roleček, J., Hédli, R., Kopecký, M., & Utinek, D. (2013). Experimental restoration of coppice-with-standards: Response of understorey vegetation from the conservation perspective. *Forest Ecology and Management* 310, 234–241.
- Vodka, S., Konvicka, M., & Cizek, L. (2009). Habitat preferences of oak-feeding xylophagous beetles in a temperate woodland: Implications for forest history and management. *Journal of Insect Conservation* 13(5), 553–562.