

ZUKUNFT DER ESCHE

Empfehlungen zum forstbetrieblichen
Umgang mit dem Eschentriebsterben



EMPFEHLUNG
FÜR DIE PRAXIS

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102

info@fnr.de

www.fnr.de

Folgen Sie uns:

www.fnr.de/social-media

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: Mut zur Esche! – Katharina Mausolf, CAU Kiel;

S. 2: *Platanthera chlorantha* (Grünliche Waldhyazinthe) – Jessica Richter, CAU Kiel

Gestaltung/Realisierung

Kern GmbH, Bexbach

Bestell-Nr. 1.290

1. Auflage

FNR 2024

ZUKUNFT DER ESCHE

Empfehlungen zum forstbetrieblichen Umgang mit dem Eschentriebsterben

Die vorliegende Publikation wurde erstellt durch:

Steinhart, F.; Westhauser, A.; Mausolf, K.; Osewold, J.; Schrewe, F. R.;
Fischer, H.; Burzlaff, T.; Nagel, R.-V.

unter Mitarbeit von: Aichholz, R.; Erfmeier, A.; Fuchs, S.; Grün, F.;
Grüner, J.; Knauf, L.; Langer, G.; Mäling, F.; Pampe, A.; Peters, S.

Zitiervorschlag:

Steinhart, F.; Westhauser, A.; Mausolf, K.; Osewold, J.; Schrewe, F. R.;
Fischer, H.; Burzlaff, T.; Nagel, R.-V. (2024): Zukunft der Esche –
Empfehlungen zum forstbetrieblichen Umgang mit dem Eschentriebsterben.
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow-Prüzen, 72 Seiten.





VORWORT

Was wäre, wenn es das Eschentriebsterben für die Gemeine Esche in Europa nicht gäbe? Wäre sie frei von Belastungen, welche die voranschreitenden Veränderungen des Klimawandels mit sich bringen? Für Wald und Waldumbau schiene mit vitalen Eschen vieles einfacher – vor allem in Waldbeständen mit natürlich hohen Anteilen an Esche.

Immerhin ist es nicht so, dass der Wald ganz ohne Eschen zurechtkommen muss. Auch nach über 20 Jahren Präsenz des Krankheitserregers an der Baumart ist Naturverjüngung wechselnd, aber beständig sichtbar vorhanden. Ein wichtiger Hoffnungsschimmer, denn richtet man den Blick in die Baumkrone, offenbaren sich auch für forstwirtschaftliche Laien deutliche Schadenssymptome. Bedrohlich ist das Zusammenbrechen von Waldstrukturen, wenn großen Bäumen nach mehrjährigem Krankheitsverlauf mit Ausbildung von Stammfußnekrosen der Halt genommen wird.

Die Effekte und Probleme aufgrund der Einschleppung eines Pathogens haben letztlich eine Aussetzung der Anbauempfehlungen für diese Baumart bewirkt. Für die Praxis eine schmerzliche Erfahrung, wurde die Esche doch erst kurz zuvor mit ausgesprochen positiven Bewertungen hinsichtlich ihrer Befähigung und Funktion für einen Walderhalt bei zukünftigen Stresssituationen geadelt.

Wie wäre unser Wald ohne die Gemeine Esche? Er wäre ärmer, er wäre vielerorts anders.

In der Überzeugung, dass die Esche und der Erreger überdauern werden, kann uns eine kontrollierte und begleitete Umsetzung von Forschungsergebnissen helfen, auch unter sich verändernden klimatischen Bedingungen gesündere Waldstrukturen zu entwickeln.

Die erneuerten Handlungsempfehlungen zum Umgang mit der Esche kommen zu einem wichtigen Zeitpunkt. Sie richten sich an die forstliche Praxis und zeigen, dass mit Hilfe von Forschungsvorhaben nicht einfach nur Hoffnungen verbunden sind. Erwartungen der Praxis können damit umsetzbar angegangen und begleitet werden. Sie können dabei helfen, der Esche Vorteile zugunsten eines verbesserten Wachstums zu schaffen, eine Vitalitätssteigerung zu ermöglichen getreu dem Motto: Mut zur Esche!

Freiburg im Breisgau im Winter 2023



Jörg Grüner
Gesamtprojektsprecher FraxForFuture,
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg

DANKSAGUNG

Zahlreiche Kolleginnen und Kollegen aus der Forstpraxis haben mit ihren Kommentaren und Hinweisen in einer Entwurfsfassung wichtige Verbesserungen zur Prägnanz und zum Praxisbezug dieser Handlungsempfehlungen beigesteuert. Auch die Forschenden aus FraxForFuture und FraDiv haben mit ihren Anmerkungen wesentliche Unterstützung geleistet. Ihnen und Euch dafür ganz herzlichen Dank! Und Ihr habt natürlich durch Eure Forschungen wichtige Grundlagen für unsere Empfehlungen gelegt.

Diese Handlungsempfehlungen wären nicht möglich gewesen ohne die großzügige finanzielle und engagierte administrative Unterstützung der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit

und Verbraucherschutz (BMUV), für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), des Bundesamtes für Naturschutz (BfN), des Ministeriums für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur in Schleswig-Holstein (MEKUN SH) und zweier Projektträger (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) und DLR als Programmbüro des Bundesprogramms Biologische Vielfalt). Wir danken für die intensive Begleitung unserer Forschungen zum Eschentriebsterben, insbesondere zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaum und zur Erhaltung der Biodiversität eschenreicher Wälder.

Freiburg | Kiel | Dresden | Göttingen
Die Autorinnen und Autoren
im Dezember 2023

Projektpartner und Förderkennzeichen



FKZ 2219WK19X4



FKZ 2219WK23A4



FKZ 2219WK23B4



FKZ 3518685010

Förderprogramme und Projektträger

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



INHALT

	Vorwort	3
	Danksagung	4
1	Einleitung	6
2	Die Auswirkungen des Eschentriebsterbens	8
2.1	Die Bedeutung der Esche	8
2.2	Der ETS-Erreger: <i>Hymenoscyphus fraxineus</i>	12
2.2.1	Entwicklungszyklus	12
2.2.2	Symptomatik	12
2.3	Esche in der Forstwirtschaft	16
2.4	Einfluss von Klima, Witterung und Bodenverhältnissen	19
3	Anpassungsprozesse: Interaktionen von <i>Fraxinus excelsior</i> mit <i>Hymenoscyphus fraxineus</i>	22
3.1	Erhalt von Eschen mit geringerer Anfälligkeit	23
3.2	Ökosystemare Integration von <i>Hymenoscyphus fraxineus</i>	25
4	Waldbauliche Empfehlungen: Mut zur Esche!	28
4.1	Jungwuchs – Optimierte Lichtgabe und Konkurrenzsteuerung	32
4.2	Jungbestand – Fortführung von Licht- und Konkurrenzsteuerung	37
4.3	Gertenholz – Vitale Individuen fördern	39
4.4	Stangenholz – Vitale Eschen im Herrschenden sichern	40
4.5	Schwaches bis mittleres Baumholz – Vitale Eschen kontinuierlich fördern	41
4.6	Mittleres bis starkes Baumholz – Weichenstellung für die Zukunft der Esche	42
4.7	Ersatzpflanzungen	45
5	Ökosystemfunktionen beachten und erhalten	49
6	Arbeits- und Verkehrssicherheit gewährleisten	52
7	Forstplanung anpassen	53
8	Häufig gestellte Fragen	54
	Glossar	56
	Literaturverzeichnis	61

1 EINLEITUNG

Das Eschentriebsterben (ETS) dominiert seit seinem ersten Auftreten Anfang der 2000er in Deutschland (Enderle 2023) alle forstwirtschaftlichen Prozesse rund um die Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior* L.). Im Jahr 2020 startete das Forschungsprojekt Frax-FoFuture mit dem Ziel, die Esche als Wirtschaftsbaumart zu erhalten (Langer et al. 2022). In den letzten Jahren konnten viele neue Erkenntnisse gewonnen werden. Das parallel laufende interdisziplinäre Projekt FraDiv forscht zu ökologischen Funktionen der Esche und an diese Baumart geknüpfte Biodiversität. Beide Projekte steuern ihr Wissen zu dieser Handlungsempfehlung bei.

Die dramatischen Schäden durch das ETS über alle Bestandesalter hinweg und eine zunehmende Mortalität verschlechtern beständig Vitalität, Struktur und Wachstum sowie Verjüngung betroffener Bestände. Infolgedessen wird auch die Lebensgemeinschaft eschenreicher Wälder massiv beeinträchtigt. Die stärksten Folgen ergeben sich für Tier- und Pflanzenarten, die direkt oder indirekt auf die funktionalen Eigenschaften der Esche angewiesen sind. Im schlimmsten Fall würde der Verlust der Esche auch das Verschwinden der hochspezialisierten Arten mit den entsprechenden Folgen für die betroffenen Ökosysteme bedeuten. Für Arten, die fakultativ an Esche vorkommen und an bestimmte Strukturen und Funktionen der Baumart angepasst sind, müsste Ersatz gefunden bzw. geschaffen werden. Neben den gravierenden Auswirkungen auf die

Belange des Natur- und Artenschutzes werden durch das ETS insbesondere in vormalig eschenreichen Beständen weitere Ökosystemleistungen beeinträchtigt. Hierzu zählen Bodenschutz und Wasserrückhalt sowie die Kohlenstoffspeicherung. Waldbilder werden unattraktiver und die Gefährdung der Waldbesuchenden und Waldarbeitenden nimmt durch die nicht mehr gegebene Standsicherheit von Eschen infolge von **Stammfußnekrosen** und abgestorbenen Kronenteilen zu. Für die Forstbetriebe bedeutet dies aufwendige Verkehrssicherungsmaßnahmen und den Einsatz vergleichsweise teurer Holzernteverfahren. Gleichzeitig sinken die Erlöse, u. a. durch Holzentwertung, und der Aufwand steigt durch notwendige Ersatzpflanzungen und kostspielige Pflegemaßnahmen. Bei einem kompletten Ausfall der Esche ginge eine wirtschaftlich wertvolle Baumart verloren.

Neben den biotischen Stressoren wie Krankheitserregern, Viren oder Insekten erhöhen die aktuellen klimatischen Veränderungen die Risiken für bestehende und zukünftige Wälder. Gerade im Hinblick auf den Klimawandel besitzt die Esche mit ihrer breiten Standortsamplitude, ihrer abgesehen vom ETS bis dato vergleichsweise geringen Anfälligkeit gegenüber Krankheitserregern und Insektenschäden und ihrer hohen Trockenheits- und Überflutungstoleranz grundsätzlich ein hohes Anpassungspotenzial. Umso wichtiger ist es, auch im Hinblick auf eine angepasste Baumarten-

wahl, einen langfristigen Umgang mit dem ETS zu finden und die Baumart Esche als wichtigen Beitrag zur Diversifizierung der zukünftigen Wälder Europas zu erhalten. Für die Anpassungsfähigkeit der Esche an Umweltveränderungen sind ein hohes Maß an genetischer Vielfalt und deren Bewahrung entscheidende Voraussetzungen. Dies gilt sowohl für Anpassungsprozesse bezüglich des Eschentriebsterbens als auch für Anpassungen an weitere biotische Stressoren und an voranschreitende klimatische Veränderungen.

Zielsetzung der nun vorliegenden Handlungsempfehlungen ist es daher, einen Beitrag zum langfristigen Erhalt der Baumart Esche zu leisten – als Wirtschaftsbaumart ebenso wie als Schlüsselart in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet. Darüber hinaus werden hiermit bestehende, oft regionale (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt 2016; ForstBW 2018) Empfehlungen aktualisiert, und der Praxis wird eine wissenschaftlich fundierte, bundesweite Managementstrategie an die Hand gegeben, die dem neuesten nationalen und internationalen Forschungsstand zum ETS gerecht wird.

Die nachfolgenden Empfehlungen sind von der Überzeugung getragen, dass die Esche als eine überaus wertvolle Baumart sowohl aus ökologischer als auch aus forstwirtschaftlicher Perspektive erhalten werden muss. Alle aussichtsreichen Ansätze zur Stabilisierung von Eschenbeständen sollten verfolgt werden, um dieses Ziel zu erreichen. Dies gilt umso mehr, da auch andere Baumarten durch die Folgen des Klimawan-

dels oder wegen Schaderregern massive Vitalitätseinbußen zeigen. Infolge der klimatischen Veränderungen zeigen bereits heute vier von fünf Bäumen in Deutschland deutliche Schäden (BMEL 2023). Dies gilt insbesondere für die Hauptbaumarten Fichte, Waldkiefer, Rotbuche und selbst für die als toleranter eingeschätzte Eiche. Die Entwicklung produktiver, artenreicher Mischwälder unter Einbeziehung aller standortgerechten, ökologisch zuträglichen Baumarten – einschließlich der Esche – ist deshalb ein vorrangiges Ziel zur nachhaltigen Sicherung aller Ökosystemfunktionen.

Einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Esche und ihres natürlichen Anpassungspotenzials können hierbei Managementmaßnahmen leisten, die ETS-geschädigte Wälder von weiteren Stressoren entlasten. Hierzu zählen in erster Linie dauerhaft geringer Wildverbiss durch angepasste Wildbestände und nur kurzfristig und im äußersten Notfall ein technischer Verbisschutz. Waldbauliche Managementmaßnahmen können dem ETS nur geringfügig direkt entgegenwirken. Vielmehr sollen sie, wo immer möglich, auf die Erhaltung und Stärkung noch vorhandener, vitaler Eschen in allen **Wuchsklassen** gerichtet sein. Vorrangig schließt dies die Schaffung von Licht- und **Konkurrenzbedingungen** ein, die den ökologischen Ansprüchen der Esche entgegenkommen und ihre gehemmte Wüchsigkeit infolge des ETS berücksichtigen.

2 DIE AUSWIRKUNGEN DES ESCHENTRIEBSTERBENS

2.1 Die Bedeutung der Esche

Die Gemeine Esche (*F. excelsior*), häufig auch als „Gewöhnliche Esche“ bezeichnet, ist eine Baumart, die sich durch eine breite standörtliche Amplitude (Kerr & Cahalan 2004; Broome et al. 2019), ein hohes Verjüngungspotenzial (Tabari & Lust 1999) und ein schnelles Höhenwachstum auszeichnet (Dobrowolska et al. 2011).

Der von der Esche tolerierte Boden-Wasserhaushalt reicht von trockenen Humuskarbonatböden über mäßig trockene Kalkverwitterungslehme bis hin zu stau- und grundwassergeprägten Auenböden (Asche 1995; Gulder 2002; Dobrowolska et al. 2011). Ihre produktivsten Standorte sind durch frische, nährstoff- und basenreiche, tiefgründige Böden gekennzeichnet (Asche 1995; Thomas 2016). In Auenwald-Ökosystemen ist die Esche aufgrund ihrer Standortpräferenz eine Schlüsselbaumart (Mitchell et al. 2014; Chumanová et al. 2019). Hier wird ihr eine entscheidende Rolle für die Dynamik und Diversität dieser Ökosysteme eingeräumt (Ellison et al. 2005; Pautasso et al. 2013; Fussi & Konnert 2014). Schlüsseleigenschaften hierfür sind vor allem die lichtdurchlässige Krone und eine leicht zersetzbare Streu (Jacob et al. 2009; Enderle et al. 2019), welche die Ausbildung einer artenreichen Krautschicht begünstigen (Härdtle et al.

2003). Mit ihrem weitreichenden und dichten Wurzelwerk stabilisiert die Esche außerdem Bach- und Flussufer.

Darüber hinaus stellt sie für zahlreiche Insekten, Pilze und Vögel ein wichtiges Habitat dar und ist mit einer beträchtlichen Anzahl unterschiedlicher Arten assoziiert (Thomas 2016) (Abbildung 1, Seite 10/11). Dieser Zusammenhang zeigt sich deutlich in der Listung der Esche als Referenzart für viele Lebensraumtypen (LRT) gemäß Anhang I der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie der EU (BfN 2017). Oftmals sind die Eschenanteile auf Sonderstandorten, z. B. Schlucht- und Hangmischwäldern (LRT 9180*), Hart- und Weichholzlauen und deren Übergängen (LRT 91E0*, 91F0) und in Eichen-Hainbuchen-Wäldern (9160, 9170) sowie Orchideen-Kalk-Buchenwäldern (9150) besonders hoch. Gerade diese Sonderstandorte sind in der Regel besonders artenreich, während gleichzeitig eine sehr hohe Befahrungssensibilität der Böden gegeben ist. Dies gebietet besondere Beachtung des Arten- und Biotopschutzes bei der Behandlung ETS-geschädigter Bestände (Müller-Kröhlting & Schmidt 2019).

Neben ihren ökologischen Eigenschaften ist die Esche eine wertvolle Laubbaumart mit hervorragenden Holzeigenschaften (Dobrowolska et al. 2011). Ihr schweres und zugleich hartes Holz besitzt nicht nur

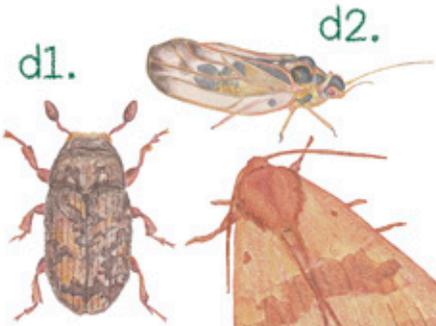
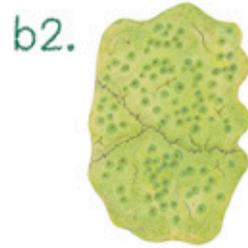
ausgezeichnete Festigkeitseigenschaften, sondern zeichnet sich zusätzlich durch hohe Elastizität und Druckbeständigkeit aus (Grosser 2002; Niemz et al. 2014).

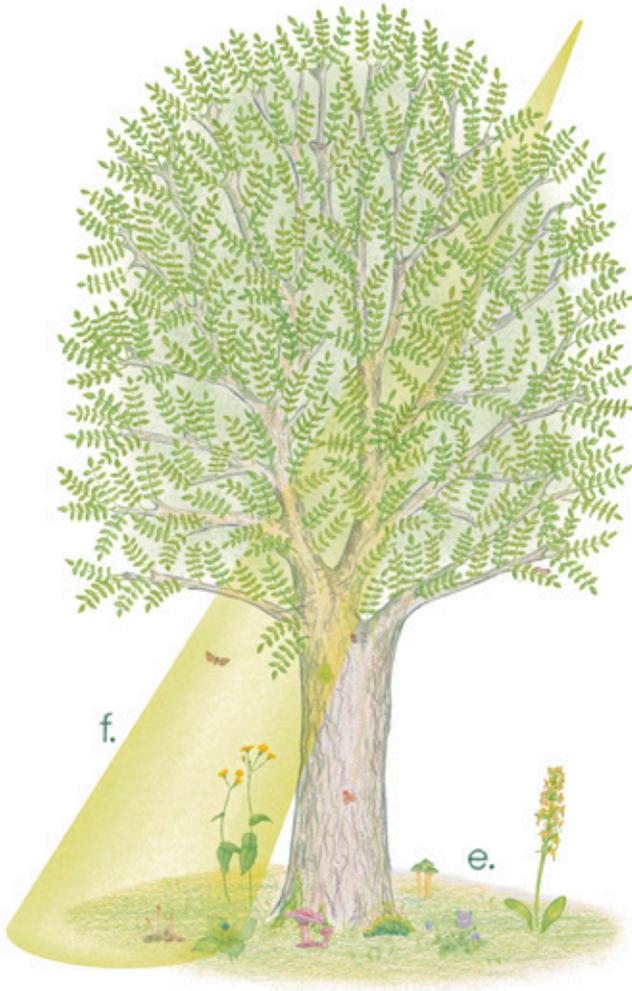
Vor dem Ausbruch des ETS war die Esche überdies eine Hoffnungsträgerin bei der Baumartenwahl im Klimawandel: hohe genetische Variabilität (Staatsbetrieb Sachsenforst 2012), breite standörtliche Amplitude (Broome et al. 2019), Robustheit und Trockenheitstoleranz (Schmidt 2007), hohe Wuchsleistung (Dobrowolska et al. 2011), sichere Verjüngungsfähigkeit (Tabari & Lust 1999) und geringe Anfälligkeit gegenüber Schaderregern (Staatsbetrieb Sachsenforst 2012) zeichnen sie aus. Mit diesen Eigenschaften bot die Esche viele Optionen im Waldumbau und der Überführung von Beständen hin zu diverseren und klimastabilen Mischwäldern (Schmidt 2007). Darüber hinaus war die Esche nach dem drastischen Rückgang von Ulme (*Ulmus* spp.) und Schwarzerle (*Alnus glutinosa* L.) eine der wenigen verbliebenen heimischen Baumarten, die sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht für Feuchtwald-Ökosysteme besondere Bedeutung erlangt hat (Mettendorf & Vetter 2016).

All dies führte dazu, dass unmittelbar vor Eintritt des ETS der Eschenanteil in vielen Regionen Deutschlands deutlich zugenommen hatte. Laut der dritten Bundeswaldinventur war der Anteil der Esche in Deutschland von 2002 bis 2012 um 17,4 % auf etwa 250.000 Hektar angestiegen. Gleichwohl betrug 2012 der Anteil der Esche an der Gesamtwaldfläche lediglich

2,4 %. Dies entspricht den vorhandenen Standortbedingungen, da für eine stärkere Eschendominanz prädestinierte Standorte (kalkhaltige Böden, Au- und Schluchtwälder) natürlicherweise seltener sind (Enderle et al. 2017a). In ihren Verbreitungsschwerpunkten ist die Esche durchaus eine wirtschaftlich bedeutsame Baumart. So befinden sich etwa 25 % des gesamten deutschlandweiten Eschenvorkommens in Baden-Württemberg. 2012 betrug hier der stehende Vorrat ca. 18 Millionen Festmeter (Enderle et al. 2017a).

Die hohe ökologische Bedeutung wie auch hervorragende Holzeigenschaften machen die Einzigartigkeit und den besonderen Wert der Esche aus. Unsere heimische Esche ist somit sicherlich vieles, eines allerdings nicht – gewöhnlich. Mit Blick auf den voranschreitenden Klimawandel und den rasanten Biodiversitätsverlust ist es aus wirtschaftlicher und ökologischer Perspektive notwendig, die Esche mit ihren Alleinstellungsmerkmalen zu erhalten.





© Fenris Mäling

Abbildung 1: Ökosystemare Bedeutung der Esche. Auf der einen Seite bietet die Esche einer Vielzahl von Organismen Lebensraum (obligate Bindungen, b2, d1-d4). Mindestens so bedeutsam sind jedoch die funktionalen Merkmale der Esche (chemische Zusammensetzung der Blattstreu, Lichtdurchlässigkeit der Krone, f), welche sie zu einer Schlüsselbaumart auf grundwassernahen Standorten und Auen macht. Dadurch sind viele Arten (a–c) mit eschenreichen Wäldern assoziiert, haben also einen ihrer Verbreitungsschwerpunkte in eschenreichen Wäldern, auch wenn sie nicht direkt an die Esche gebunden sind. Typisch für eschenreiche Wälder ist eine üppige, artenreiche Krautschicht (e). a1 Paris quadrifolia (Einbeere); a2 Viola riviniana (Hain-Veilchen); a3 Platanthera chlorantha (Grünliche Waldhyazinthe); a4 Crepis paludosa (Sumpfpippau); b1 Fissidens adianthoides (Haarfarnähnliches Spaltzahnmoos); b2 Pyrenula nitidella (Kernflechte); c1 Gliophorus psittacinus (Papageien-Saftling); c2 Lactarius lilacinus (Lila Milchling); c3 Clavaria flavipes (Strohfarbene Keule); d1 Hylesinus fraxini (Bunter Eschen-Bastkäfer); d2 Psyllopsis fraxini (Eschen-Blattfloh); d3 Atethmia centrago (Ockergelbe Escheneule); d4 Pammene suspectana (Eschenrinden-Wickler).

2.2 Der ETS-Erreger: *Hymenoscyphus fraxineus*

Das Eschentriebsterben wird durch den Schlauchpilz *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya (Falsches Weißes Stängelbecherchen) verursacht. Seit den 1990er Jahren wird diese neuartige Erkrankung an europäischen Eschenarten beobachtet (Enderle 2023) und hat sich – durch die schnelle Ausbreitung und die starken Schädigungen in allen Bestandesphasen – als bisher größte Bedrohung der Gemeinen Esche (*F. excelsior*) herausgestellt (Langer et al. 2022). In seinem heimischen Verbreitungsgebiet gilt der aus Ostasien stammende Pilz als ein harmloses **Pathogen**, das bei den dort vorkommenden Eschenarten lediglich vereinzelte **Blattnekrosen** verursacht (Zhao et al. 2013).

2.2.1 Entwicklungszyklus

Im Sommer bilden sich in der Laubstreu auf den vorjährig infizierten Blattspindeln (Abbildung 2f) die Fruchtkörper des Pilzes (Abbildung 2a). Diese produzieren Sporen (Abbildung 2b), welche über die Luft verbreitet werden und wiederum Eschen primär über die Blätter neu infizieren können (Gross et al. 2012; 2014). Bei *F. excelsior* kann sich der Erreger ausgehend von den Blättern (Abbildung 2c) weiter im Wirtsgewebe ausbreiten und zu **Nekrosen** in Trieben und Stämmen führen (Abbildung 2d, Abbildung 2g). Erste Symptome des Eschentriebsterbens sind daher oft Blattflecken und Welkeerscheinungen bzw. eine Verfärbung (orange, lila bis schwarz) von Blättern und Trieben (Abbildung 2d, Abbildung 2e) und das namens-

gebende Absterben der betroffenen Triebe. Alljährliche Neuinfektionen führen so zu einem sukzessiven Absterben der Krone betroffener Eschen von außen nach innen. Die Bildung von Wasserreisern (Abbildung 2e) zum Ersatz der abgestorbenen Triebe führt bei jüngeren Eschen zur Verbuschung bzw. bei älteren Bäumen zur Bildung von Sekundärkronen. Zusätzlich zu den Infektionen in den Trieben kommt es auch zu Infektionen an der Stammbasis (Abbildung 2g1). Diese sorgen u. a. für eine Verfärbung des infizierten Holzes (Abbildung 2g2).

2.2.2 Symptomatik

Das Eschentriebsterben ist durch zwei Symptom-Gruppen charakterisiert: (1) das namensgebende Absterben von Trieben in der Krone von außen nach innen und (2) die Stammfußnekrosen in Verbindung mit Fäuleerscheinungen an Stammfuß und Wurzelwerk. Eine aktuelle Zusammenstellung der Symptome und einen Ansprache-Schlüssel zur Klassifizierung der Schäden liefern Peters et al. (2021).

Kronensymptome

Entgegen früheren Empfehlungen für das Auszeichnen geschädigter Eschenbestände im Sommer eignet sich zur Erkennung der schadensbedingten Veränderungen in der Kronenstruktur am besten der Winterzustand. In die Klassifizierung einzubeziehende Merkmale sind hierbei Unregelmäßigkeiten in der Kronenperipherie, stärkere Totäste, Aststümpfe und Wasserreiser (Abbildung 3, Seite 14/15). Die Ansprache der durch das ETS verursachten Kronenschäden kann jedoch grundsätzlich auch im Sommer



© Fenris Måling

Abbildung 2: Schematische Darstellung des Krankheitsverlaufs des Eschentriebsterbens (Erläuterungen siehe Kapitel 2.2.1).

durchgeführt werden, allerdings mit geringerer Sicherheit. Denn insbesondere Wasserreiser sind im Winterzustand deutlicher zu erkennen, während sie im Sommerzustand eine dichtere Belaubung der Krone suggerieren und dadurch zu einer möglichen Überschätzung der Vitalität führen können (vgl. Kapitel 3.1).

Stammfußnekrosen

Die Entstehung von **Stammfußnekrosen** (Abbildung 4, Seite 15) an Eschen kann nach Langer et al. (2015) durch verschiedene Schadereignisse/-faktoren ausgelöst werden, die sowohl im Zusammenhang mit dem ETS stehen, als auch unabhängig davon sein können. Eindeutig ist der Zusammenhang des häufigeren Auftretens

von Stammfußnekrosen auf stark grundwasserbeeinflussten und staunassen Standorten. Zudem ist insbesondere auf nassen Standorten unabhängig vom ETS eine Infektion mit Primärschaderregern der Gattung *Phytophthora* möglich, die zu Stammfußnekrosen in Verbindung mit Schleimflussflecken führt. Sind von ETS betroffene Bäume durch Kronenverlichtung stark geschwächt, können Wurzelinfektionen durch Holzfäulepilze, vornehmlich *Armillaria*-Arten (Hallimasch), Stammfußnekrosen initiieren. Der häufigste Auslöser von Stammfußnekrosen an Esche bleibt allerdings die primäre Infektion durch *H. fraxineus*, gefolgt von anderen Pilzarten (Peters et al. 2021). Der Infektionsweg des ETS-Erregers bei Stammfußnekrosen ist noch nicht abschließend geklärt. Ein mög-

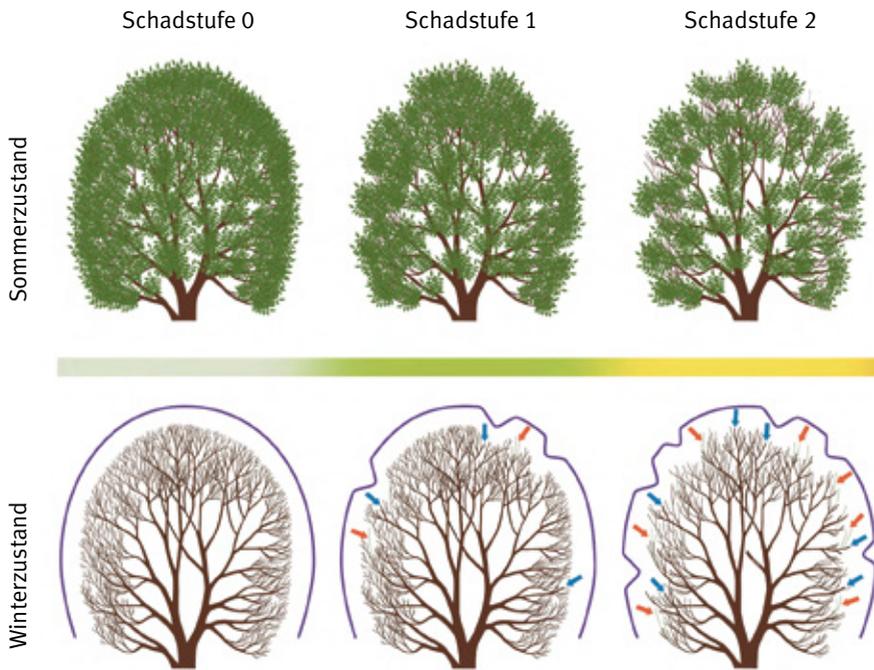
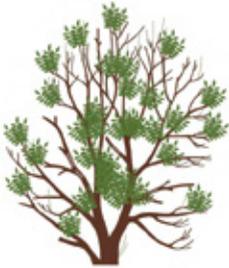


Abbildung 3: Kronenzustand von Alteschen im Winter und Sommer. Darstellung der Schadstufen 0–5 zur Ansprache des Eschentriebsterbens aus dem Handbuch Eschentriebsterben (Peters et al. 2021); die wichtigsten Merkmale sind die Kronenperipherie (violett), Aststümpfe (blau), Wasserreiser (rot) und Totholz bei den Starkästen (gelb). Freistehende Alteschen haben oftmals natürlicherweise eine stärker aufgegliederte Krone. Hier sind das Auftreten von Wasserreisern und Totästen eindeutige Hinweise auf eine Schädigung durch das Eschentriebsterben.

licher Infektionsweg könnte nach Meyn et al. (2019) über den Boden und durch die Wurzeln verlaufen. Ob eine Stammfußnekrose primär durch einen Holzfäulepilz oder durch *H. fraxineus* selbst ausgelöst wurde, kann nur durch eine Untersuchung im Einzelfall geklärt werden. Unabhängig von ihrer Entstehung führen Stammfußnekrosen im fortgeschrittenen Stadium zu einer drastischen und raschen Verminderung der Stand- und

Bruchsicherheit sowie zu einer Holzentwertung des unteren Stammbereiches. Untersuchungen zur Stand- und Bruchsicherheit mittels Zugversuch haben gezeigt, dass bei einer $\geq 20\%$ des Stammumfangs umfassenden, starken Nekrose mit Hallimasch-Beteiligung die Stand- und Bruchfestigkeit herabgesetzt ist, so dass solche Eschen in der Nähe bestehender Infrastruktur entnommen werden sollten (Heinzelmann et al. 2023).

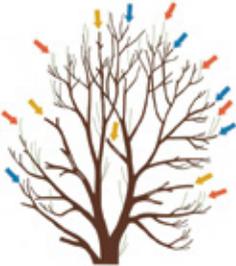
Schadstufe 3



Schadstufe 4



Schadstufe 5



© Grafiken: Etra Starick, NW-FVA



Abbildung 4: Ausprägung von Stammfußnekrosen an Alteschen. Links: Stufe 0: keine Nekrose, Mitte: Stufe 1: schwache, frische Nekrose. Rechts: Stufe 2: starke Nekrose mit Hallimasch-Beteiligung; insgesamt bedarf die Ansprache von Stammfußnekrosen Sorgfalt und Erfahrung. Ein dumpfer Klang beim vorsichtigen Abklopfen des Stammfußes weist auf eine Stammfußnekrose hin.

2.3 Esche in der Forstwirtschaft

Das fortschreitende Eschentriebsterben mit seinen hohen Schädigungsgraden trägt zu einer schnellen Veränderung der Bestandesmerkmale (**Kronenschlussgrad**, Bestandesdichte, Bestandesvorrat, Zuwachs) bei. Auch angesichts einer unsicheren weiteren Entwicklung erschwert dies die Planung forstlicher Maßnahmen erheblich.

Daten aus Baden-Württemberg zeigen beispielhaft den massiven Anstieg der Nutzung von Eschen ab 2009 mit einer gleichzeitigen starken Zunahme des Anteils schadbeding-

ter Nutzungen. Der in diesem Zuge ebenfalls deutliche Anstieg als regulär verbuchter Nutzungen beinhaltet möglicherweise auch „vorsorgliche“ Nutzungen noch vitaler Bäume. Dieses Nutzungsgeschehen hat sicherlich zusammen mit dem ETS selbst mittelbar zu den aktuell beeinträchtigten und verlichteten Strukturen eschenreicher Bestände beigetragen. Nach einem Hoch der Nutzungen sinken die Einschläge wieder, mutmaßlich wegen bereits stark rückläufiger Vorräte und Zuwächse (Abbildung 5).

Die längerfristigen Veränderungen der Anteile von Eschen in Mischbeständen werden auch bei der Auswertung von Aufnahmen

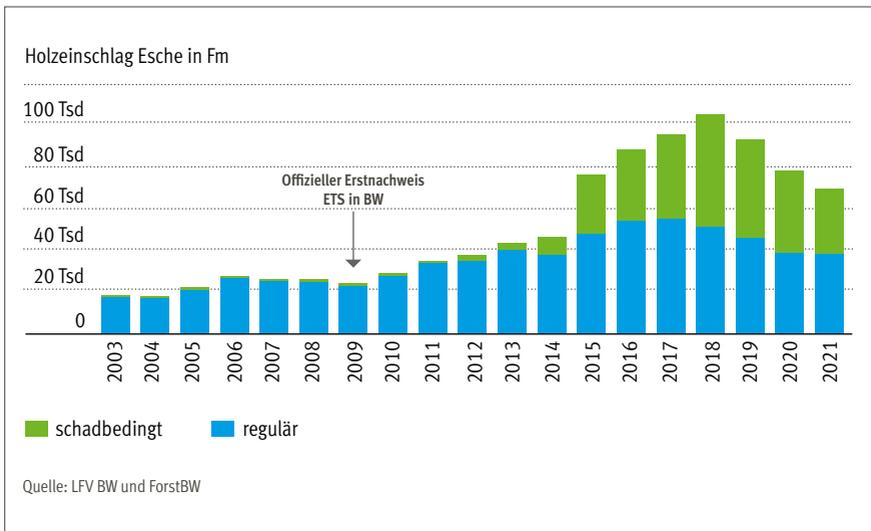


Abbildung 5: Einschlag von Eschen in Baden-Württemberg (nur Staatswald) von 2003 bis 2016. Auffällig ist der Anstieg des Holzeinschlags nach dem Auftreten des ETS. Die Verschiebung der Anteile von regulärem und schadbedingtem Einschlag führt zur Übernutzung der Esche und bedingt einen weiteren Rückgang ihrer Anteile in den kommenden Jahrzehnten durch verringerte Naturverjüngungspotenziale.

der Waldzustandserhebung deutlich (Abbildung 6). Einem deutlichen Anstieg des Anteils durch diese systematische Inventur erfasster Eschen in der herrschenden Bestandesschicht folgt nach einer Kulmination 2016 ein starker Abfall. Der vorherige Anstieg des Eschenanteils spiegelt die stärkere waldbauliche Berücksichtigung und Freistellung der seit dem Ende der 1990er Jahre als wertvoll erkannten Baumart wider. Die Inventurdaten belegen jedoch keinen kausalen Zusammenhang. Sie zeichnen aber mit einer gewissen Verzögerung nach dem Erstauftreten des ETS die erhöhte Mortalität und das veränderte Nutzungsverhalten in Reaktion auf die Erkrankung nach.

Zu den unmittelbaren Folgen des ETS zählt die Gefährdung der betrieblichen Zielsetzung infolge der negativen Auswirkungen auf die Bestandesstabilität und damit auf die ökonomische Leistungsfähigkeit eschenreicher Bestände. In fortgeschrittenen Befallsstadien kann es insbesondere bei anfangs hohen Eschenanteilen zur Auflösung des Bestandesgefüges und nach Auflichtung zu dichtem Bewuchs mit Gräsern, krautigen Pflanzen und Sträuchern (**Bodenverwilderung**) kommen. So schließt sich das Fenster günstiger Verjüngungsbedingungen für die Esche und für Ersatzpflanzungen sowie deren Pflege und es entsteht ein erheblicher Mehraufwand. Die Entscheidung für mög-

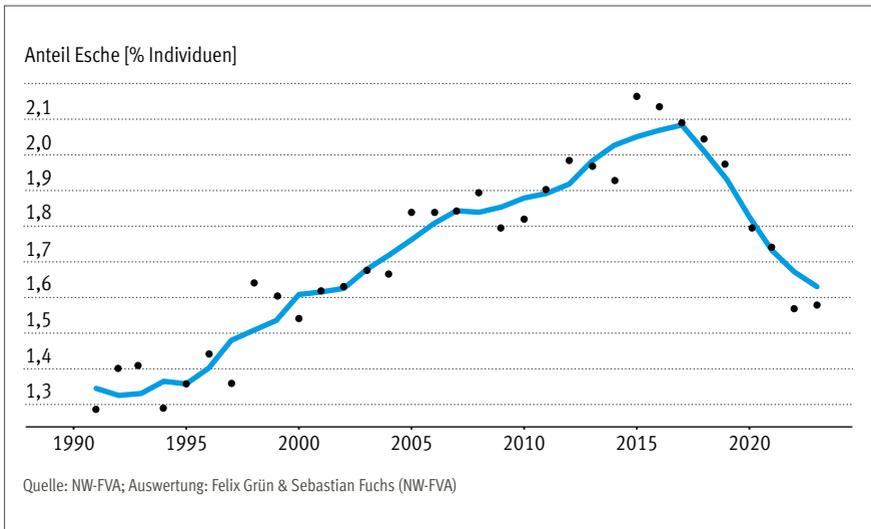


Abbildung 6: Anteile der Baumart Esche (Individuenzahl im Herrschenden) auf Plots der Waldzustandserhebung mit Eschenvorkommen von 1990 bis 2020 in den Bundesländern Hessen, Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Sachsen-Anhalt. Die Anzahl jährlich aufgenommener Plots unterliegt aus methodischen Gründen gewissen Schwankungen; Ausgleichsfunktion: Fünfjähriger gleitender Mittelwert.

liche Alternativbaumarten ist momentan nur auf Basis unvollständiger Information und entsprechender Unsicherheit möglich (siehe Kapitel 4.7, Tabelle 1). In der Summe wirken sich hohe Mortalitätsraten, vorzeitige Entnahmen mit schwächeren, weniger wertvollen Holzsortimenten, die Notwendigkeit vorzeitiger Verjüngung geschädigter Flächen sowie ein steigender Aufwand für Maßnahmen der Verkehrs- und Arbeitssicherheit letztendlich deutlich auf das Betriebsergebnis betroffener Forstbetriebe und Waldbesitzender aus.

Bedeutsam sind die Auswirkungen des ETS auch für das Wachstum befallener Eschen

selbst. **Dendroökologische** Untersuchungen aus Schleswig-Holstein konnten zeigen, dass sowohl mäßig als auch stark geschädigte Eschen in den letzten 20 Jahren abnehmende Jahrringbreiten aufweisen (Plorin 2022). Zuwachsuntersuchungen an geschädigten Eschen in Zusammenhang mit Schadbionituren zeigen den engen Zusammenhang zwischen dem Durchmesserzuwachs und dem Schädigungsgrad der Kronen in allen Altersphasen. Während nach dem Kronenzustand nur gering geschädigte Bäume weiterhin stabile BHD-Zuwächse leisten, fallen diese bei stark geschädigten Bäumen deutlich geringer aus (Abbildung 7).

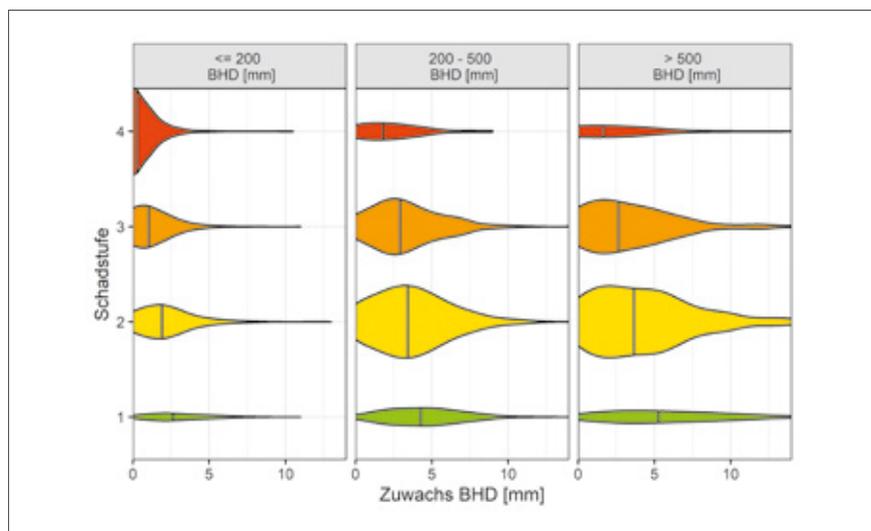


Abbildung 7: Jährlicher Durchmesserzuwachs von unterschiedlich stark geschädigten Eschen (Schadstufe 1–4) getrennt nach Durchmesserklassen. Die Breite der Plots auf der y-Achse gibt die Häufigkeit dieses Messwertes an. Mit einem senkrechten Strich ist der Mittelwert für jeden Plot markiert. Aus der Breite der Plots und Lage der Mittelwerte ist zu erkennen, dass der Zuwachs mit steigender Schadstufe abnimmt und jüngere Bäume stärker geschädigt sind. (Auswertung und Grafik: Johannes Osewold, NW-FVA)

Die reduzierte Wuchseistung geschädigter Eschen ist auf die infektionsbedingte Verkleinerung und Verlichtung der assimilierenden Lichtkrone und die Verwendung einer beträchtlichen Menge von Ressourcen für die Bildung von Nebentrieben zurückzuführen (Lobo et al. 2014). Dies wiederum beeinträchtigt stark die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Baumart, da neben längeren Produktionszeiträumen auch mit erhöhten Entwertungs- und Mortalitätsrisiken infolge von Holzfäulen zu rechnen ist. In Ertragstafeln dokumentierte bzw. von Wachstumssimulatoren abgebildete Zuwachswerte werden unter dem Einfluss des ETS in absehbarer Zeit nicht mehr erreicht und müssten deshalb angepasst werden. Das ETS beeinträchtigt durch das Absterben der Triebspitzen in besonderem Maße auch das Höhenwachstum, was insbesondere die Dynamik in jüngeren Wuchsklassen beeinflusst. Dies hat Konsequenzen für die Bewirtschaftung von betroffenen Beständen, da sich die Konkurrenzfähigkeit der Esche bei einem ausreichenden Lichtangebot auf ihre starken Höhenzuwächse in der Jugend gründet (Enderle et al. 2017b). Die Forstplanung muss auch diese Auswirkungen des ETS auf das Wachstum in ihren Nutzungsansätzen berücksichtigen – dazu zählen neben einer Reduktion der Nutzungsansätze auch eine Änderung der Verjüngungsplanung mit dem Ziel der Eschenerhaltung.

Während die unmittelbaren Folgen des ETS für die Struktur, Entwicklung und Verjüngung der betroffenen Bestände aus dem bisherigen Verlauf des ETS gut dokumentiert sind, ist das Wissen über die ökologischen Folgen

noch unzureichend. Als bestandesbildende bzw. wichtige Mischbaumart tritt die Esche in einer Vielzahl unterschiedlicher Waldlebensräume auf und ist für einen Teil von ihnen prägend (Lenz & Straßer 2019). Auf Standorten mit hohen Eschenanteilen ist die Baumart unverzichtbar für die Funktion und Dynamik dieser Ökosysteme (Pautasso et al. 2013). Eine ETS-bedingte deutliche Vergrößerung der Mischungsanteile anderer Baumarten zu Lasten der Esche wird voraussichtlich mit einer grundlegenden Veränderung der **Biozönoten** einhergehen (Mitchell et al. 2014). In welchem Ausmaß ein drastischer Rückgang bis Verlust der Baumart Esche sich auch auf die funktionellen Zusammenhänge dieser Lebensräume und die mit der Esche assoziierte Biodiversität auswirkt, ist bisher kaum gesichert abzuschätzen. Dies trifft besonders in Fällen eines vollständigen Verlustes der Esche zu, da durch Ersatzpflanzungen anderer Baumarten keine vollständige Kompensation erreicht wird (vgl. Kapitel 4.7, Tabelle 1).

2.4 Einfluss von Klima, Witterung und Bodenverhältnissen

In der Epidemiologie wird zur Bestimmung des Schadpotenzials eines invasiven Erregers häufig das sogenannte **Krankheitsdreieck** verwendet, bei dem das Auftreten von Krankheiten auf das Zusammentreffen eines Erregers mit einem Wirt in einer geeigneten Umgebung zurückzuführen ist (Grosdidier et al. 2018). Das Zusammenspiel dieser drei Faktoren bestimmt letztendlich den Infektionsdruck bzw. das Schadausmaß einer Krankheit.

INFEKTIONSDRUCK

Im Krankheitsgeschehen spielt der Infektionsdruck eine herausragende Rolle. Er ist nicht direkt messbar. So kann es sein, dass z. B. in Trockenjahren die Kronensymptomatik rückläufig ist, weil die Sporenlast geringer ausfällt als in feuchten Jahren. Allerdings bedeutet dieser Befund nicht, dass die Widerstandskraft der Eschen zugenommen hat.

Eine Revitalisierung von Eschenkronen im Verlauf mehrerer Jahre bedeutet also keinesfalls zwangsläufig, dass sich eine Esche dem Erreger erfolgreich widersetzt – es ist durchaus möglich, dass günstige Witterungsbedingungen die Vitalität und Reproduktion des Pilzes vorübergehend hemmen. Insbesondere niederschlagsarme Perioden von Juli bis September wirken sich negativ auf die Sporenproduktion aus.

Ein deutliches Indiz für einen hohen Infektionsdruck sind schwarz verfärbte Blattspindeln letztjähriger Blätter am Boden

(Abbildung 8). Unter günstigen Witterungsbedingungen bildet der Pilz dort viele Fruchtkörper aus.



Abbildung 8: Vorjährige, deutlich geschwärzte Blattstiele am Boden sind Träger von Fruchtkörpern und damit Infektionsquelle in der nächsten Vegetationsperiode.

Eine Infektion der Esche scheint grundsätzlich unabhängig vom Standort zu erfolgen (Lenz & Straßer 2019). Allerdings zeigen Untersuchungen, dass auf stau- bzw. grundwasserbeeinflussten Standorten die Schädigung schwerwieendere Ausmaße annimmt als auf frischen bis mäßig frischen Standorten. Diese Beobachtung deckt sich mit Erkenntnissen früherer Studien (Skovsgaard et al. 2017; Erfmeier et al. 2019; Turczański et al. 2021). Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass *H. fraxineus* mit einem Temperaturoptimum von etwa 20 °C bis 22 °C auf feuchten, warmen Standorten gute bis sehr gute mikroklimatische Bedingungen für die Sporenproduktion findet (Berger et al. 2010; Hauptman et al. 2013; Grosdidier et al. 2018). Folglich können solche Bedingungen in Kombination mit einer hohen Eschendichte zu einem deutlich erhöhten Infektionsdruck und infolgedessen zu einem schwerwiegenderen Schadverlauf beitragen (Chumanová et al. 2019). Wegen der allgegenwärtigen Sporenquellen sind **Sanitähiebe** („Saubere Waldwirtschaft“) wirkungslos. Hingegen wird die Wirkung eines anderen Mechanismus in den mittlerweile seltenen intakten Auen beobachtet. Infolge regelmäßiger Überflutungen wird hier die vorhandene Streu durch das ablaufende Wasser entfernt; damit wird der Infektionsdruck gesenkt und die dort befindlichen Eschen bleiben auffallend vital.

Außerhalb des genannten Temperatur- und Feuchteoptimums scheinen die Bedingungen für die Ausbreitung und Vermehrung des Pilzes weniger geeignet zu sein. So zeigt sich beispielsweise bei Temperaturen oberhalb

von 28 °C ein deutlich verringertes Wachstum des Pilzes (Kowalski & Bartnik 2010; Hauptman et al. 2013). Temperaturen jenseits von 35 °C begrenzen das Vorkommen des Pilzes (Grosdidier et al. 2018). Ein Experiment unter kontrollierten Bedingungen bestätigte, dass eine sehr starke Austrocknung der Streu zu einer effektiven Verringerung des Infektionsdrucks führt. Im Klimawandel könnten zunehmend Bedingungen auftreten, die sich negativ auf den Pilz auswirken, von der Esche dank ihrer hohen Temperatur- und Trockenheitstoleranz aber verkraftet werden (Goberville et al. 2016; Grosdidier et al. 2018).

Eschen auf ganzjährig feuchten Standorten sind demnach im Allgemeinen stärker vom Eschentriebsterben betroffen als Eschen auf trockeneren Standorten. Darüber hinaus ist die Dynamik des Eschentriebsterbens eng mit den vorherrschenden Klima- und Witterungsbedingungen verbunden. Der Einfluss des Bodenwasserhaushaltes und des Klimas auf Ausmaß und Schwere der Schäden legt differenzierte Empfehlungen zum Umgang mit dem ETS nahe.

3 ANPASSUNGSPROZESSE: INTERAKTIONEN VON *FRAXINUS EXCELSIOR* MIT *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*

Hohe Mortalitätsraten als Folge des ETS in Kombination mit der vorzeitigen Nutzung großer Teile betroffener Eschenbestände haben bereits zu einem erheblichen Rückgang des Eschenvorkommens in Deutschland geführt. Bei einer Fortsetzung dieser Entwicklung besteht die Gefahr der genetischen Verarmung von Eschenpopulationen (Belton et al. 2022). Von besonderer Bedeutung ist dies, da eine hohe genetische Vielfalt die Grundvoraussetzung für die Anpassungsfähigkeit einer Population an sich verändernde Umweltbedingungen wie Trockenheit, Insekten oder **Pathogene** ist (Fischer & Schmid 1998). Erst eine hinreichende genetische Diversität innerhalb einer Population ermöglicht eine individuell ausgeprägte Reaktionsfähigkeit auf sich än-

dernde Einflüsse und ist Bedingung für die Entwicklung einer weniger anfälligen Teilpopulation (Fischer & Schmid 1998). Dieses Prinzip scheint auch für das ETS zu gelten, denn ein kleiner Anteil der heimischen Esche scheint weniger anfällig gegenüber dem ETS zu sein (McKinney et al. 2014) und diese geringere Anfälligkeit ist erblich. Dieser Beobachtung folgend besteht die berechtigte Hoffnung, dass stetig ablaufende Selektionsprozesse, vor allem in stammzahlreichen Naturverjüngungen, zu einer weniger anfälligen Eschenpopulation führen. Der Erhalt einer möglichst großen Anzahl an Eschen und die damit verbundene Sicherung einer hohen genetischen Vielfalt sind somit notwendige Bedingungen für den langfristigen Erhalt der Esche.

TOLERANZ, RESISTENZ UND ANFÄLLIGKEIT

Die Begriffe „**Resistenz**“ und „**Toleranz**“ sind wissenschaftlich mit strengen Definitionen belegt, ihre Verwendung jedoch nicht immer eindeutig. Unter Toleranz wird die Fähigkeit verstanden, trotz einer Infektion zu überleben und sich fortzupflanzen (Snieszko & Koch 2017), während Resistenz im Wesentlichen eine Verhinderung bzw. Verringerung der Infektion durch die Abwehrkräfte der Bäume bezeichnet (Snieszko & Koch 2017). Beide Begriffe sind auf das Krankheitsgeschehen des ETS nur bedingt anwendbar. Im Rahmen des vorliegenden Leitfadens wird deshalb verallgemeinernd von „Anfälligkeit“ bzw. „Widerstandsfähigkeit“ gesprochen. Dies bezieht sich vorrangig auf die Ausprägung äußerlich sichtbarer Symptome des ETS.

3.1 Erhalt von Eschen mit geringerer Anfälligkeit

Vor dem Auftreten des ETS sahen gängige Waldbaukonzepte im Wesentlichen vor, qualitativ gute, vitale Eschen als Z-Bäume zu markieren, durch kräftige Freistellung regelmäßig zu fördern und am Ende des Produktionszeitraums nach Zielstärke zu nutzen. Bisherige Empfehlungen zur Bestandesbehandlung nach Auftreten des ETS setzten demgegenüber auf eine höchstens vorsichtige weitere Förderung der vitalsten Eschen. Ansonsten lag der Fokus auf der Vermeidung von Holzentwertungen sowie auf einer Entnahme der in ihrer Vitalität stärker geminderten Exemplare. Nach neueren Erkenntnissen muss diese Vorgehensweise erweitert werden. Weiterhin und mit Nachdruck gilt der Grundsatz, vitale Eschen zu erhalten und weiter zu fördern, bei hinreichender Vitalität durchaus auch kontinuierlich. Darüber hinaus sollten selbst Eschen mit fortgeschrittenen Kronenschäden (Stufe 4, vgl. Abbildung 3, Seite 14/15) wo immer möglich erhalten bleiben, gerade in höheren **Wuchsklassen**, denn äußerliche Schäden lassen keinen zweifelsfreien Rückschluss auf die genetische Konstitution zu. Wie Beobachtungszeitreihen zeigen, überleben solche Individuen trotz eines hohen Infektionsdrucks mitunter über längere Zeiträume (Langer et al. 2015) und sind somit möglicherweise Träger wertvoller genetischer Informationen. Hinzu kommt, dass selbst stark geschädigte Eschen ihren hohen ökologischen Wert behalten.

Aufgrund der geringen Ausbreitungsdistanz der Eschensamen von im Mittel 52 m

(Wagner 1997) und einer durchschnittlichen Ausbreitung der Pollen über mehrere hundert Meter (Semizer-Cuming et al. 2021; Eisen et al. 2023) können Individuen der Kronenschadstufen 2 oder 3 (vgl. Abbildung 3, Seite 14/15) auch und vor allem in eschenarmen Mischbeständen einen wertvollen Beitrag zur Etablierung einer ausreichend diversen Naturverjüngung leisten und somit zur Verringerung eines genetischen Flaschenhalses beitragen (Semizer-Cuming et al. 2021). Die genetische Grundlage geringerer Anfälligkeit beruht auf Merkmalen, die an mehreren Genorten bzw. Genen codiert sind und jeweils nur einen kleinen Effekt haben (Landolt et al. 2016; Stocks et al. 2019). Schon deshalb kann der Erhalt einer möglichst großen Anzahl an Eschen für künftige Anpassungsprozesse entscheidend sein.

Bei der Gemeinen Esche gibt es das Phänomen der Dreihäusigkeit (**Triözie**). Baumindividuen können somit rein weiblich (samentragend), rein männlich (pollenproduzierend) oder zwittrig (samentragend und pollenproduzierend) sein. Zusätzlich wurde auch die Fähigkeit zum Wechsel des Geschlechts im Verlaufe der Zeit beobachtet. Im Rahmen der Entscheidung für oder wider eine Entnahme von Einzelbäumen nach Kronenvitalität ist auf das Geschlecht der Individuen zu achten: Samentragende Eschen haben häufig lichter belaubte Kronen (Rohmeder 1952), sodass tendenziell stärkere Kronenschadssymptome dokumentiert werden als für pollenproduzierende Bäume (Abbildung 9, Seite 24). Da es keine einfache und sichere Möglichkeit der Geschlechtererkennung einer Esche im Wald

gibt, könnte im Fall einer konsequenten Entnahme scheinbar vitalitätsschwächerer Individuen das Geschlechterverhältnis in Beständen zugunsten männlicher Individuen verschoben werden. Der Anteil samenproduzierender Bäume würde sich bei diesem Vorgehen laufend verringern. All das erschwert eine vollends befriedigende Empfehlung zur Geschlechtsberücksichtigung bei Entnahmeentscheidungen. Gleichwohl sollte man für dieses eschenspezifische Phänomen und die damit verbundenen Konsequenzen sensibilisieren. Die dauerhafte Markierung als weiblich identifizierter Bäume mag hierbei eine Möglichkeit zur Sicherung von Samenbäumen sein.

Abgesehen von der Gewährleistung der dringend gebotenen Verkehrs- und Arbeitssi-

cherheit sollten bei fraglicher Erhaltung von Eschen einzig stärker ausgeprägte Stammfußnekrosen (Stufe 2, Peters et al. 2021) als Ausschlusskriterium herangezogen werden. Stark ausgeprägte **Stammfußnekrosen** gefährden akut die Standsicherheit des Baumes sowie die umstehenden Bestandesmitglieder (Bestandesstabilität) und leiten im Regelfall stärkere Holzentwertungen ein. Dabei gilt es zu beachten, dass Stammfußnekrosen unabhängig von Kronenschäden auftreten können, sodass auch ansonsten vital erscheinende Eschen diesbezüglich zu kontrollieren sind (Husson et al. 2012; Meyn et al. 2019). Demgegenüber ist eine Gefährdungslage in unbewirtschafteten Beständen abseits von Wegen, Straßen und sonstiger Infrastruktur nicht gegeben. Hier können alle Eschen bis zum natürlichen Zerfall im Bestand verbleiben.



Abbildung 9: Samentragende Esche mit licht belaubter Krone vor einer stärker belaubten Esche ohne erkennbare Samenproduktion. Die oftmals verminderte Belaubung samentragender Bäume kann dazu führen, dass die Kronenschadenssymptome gegenüber Bäumen, die keine Samen tragen, überschätzt werden. Der Detailausschnitt zeigt zahlreiche Fruchtstände an einem Ast.

Die Vorhersage von Dauer und Erfolg natürlicher Selektionsprozesse hin zu einer weniger anfälligen Eschenpopulation ist kaum möglich. Deshalb stellen die Züchtung von potenziell weniger anfälligen Eschen und die anschließende Gewinnung entsprechenden Saatguts eine wichtige Ergänzung für den Erhalt der Esche dar. Solche vitalen Eschen, soweit möglich in Verbindung mit guten Wuchsmerkmalen, werden als sogenannte **Plusbäume** zunächst in vielen Beständen ausgewählt und markiert, um von ihnen Reiser für eine vegetative Vermehrung zu gewinnen. In Ermangelung zuverlässiger und schneller Testmethoden wird ein enger Zusammenhang zwischen phänotypischer Vitalität und genetisch fixierter reduzierter Anfälligkeit gegenüber dem ETS postuliert. Die Auswahl von Plusbäumen verschiedener Baumarten orientierte sich in der Vergangenheit klassischerweise an forstlichen Produktionszielen. Die Auslese erfolgte daher per se nach Qualitätsmerkmalen (**Phänotypenauslese**). Dies verhält sich anders bei Eschen-Plusbäumen: Hier müssen sich die Individuen vor dem Hintergrund des ETS vor allem durch geringe Anfälligkeit bei hohem Infektionsdruck auszeichnen. Weniger anfällige Eschen sollten deshalb in Klonarchiven oder Samenplantagen erhalten werden. Die anschließende Erzeugung von weniger anfälligem Vermehrungsgut ist eine wichtige Ergänzung für die Wiedereinbringung und Erhaltung der Baumart.

3.2 Ökosystemare Integration von *Hymenoscyphus fraxineus*

Neueste Erkenntnisse weisen darauf hin, dass die heutige europäische Population von *H. fraxineus* bereits 35 bis 45 Generationen alt ist und somit bereits deutlich vor den ersten auffälligen Schäden im Nordosten Polens im Jahre 1992 nach Europa eingeführt wurde (Agan et al. 2023; Enderle 2023). Möglicherweise gab es in diesem Zeitraum weitere Einschleppungen des Erregers nach Europa. Es gibt allerdings starke Indizien dafür, dass das ETS in Europa lediglich auf sehr wenige Erreger-Individuen zurückzuführen ist (McMullan et al. 2018).

Dieser genetische Engpass, der sogenannte **Gründereffekt**, ist typisch für eingeschleppte Organismen (Gross et al. 2014; Gladieux et al. 2015) und könnte für mögliche Anpassungsprozesse der heimischen Esche an den Erreger sowie für den zukünftigen Umgang mit ETS von entscheidender Bedeutung sein (McMullan et al. 2018; Kosawang et al. 2020). So könnte beispielsweise der Mangel an genetischer Vielfalt innerhalb der europäischen *H. fraxineus* Population die Chance erhöhen, dass bereits ablaufende Anpassungsprozesse erfolgreich sind, da das adaptive Potenzial des Erregers beschränkt wäre (McMullan et al. 2018). Dieser Befund deutet gleichermaßen auf bereits ablaufende Anpassungs-

prozesse hin, ebenso wie die Beobachtung, wonach weniger anfällige Alteschen erfolgreicher in der Fortpflanzung sind als stark geschädigte Eschen. Letzterer Prozess läuft zeitgleich auf zwei Ebenen ab: Zum einen durch die stärkere Beteiligung weniger anfälliger Eschen an der Verjüngung, zum anderen durch die Selektion innerhalb der Verjüngung selbst.

Die erhebliche Virulenz des ETS beeinflusst die ersten Phasen im Lebenszyklus der Eschen nur wenig, sind doch die beobachteten Verjüngungsdichten bislang unverändert groß, und es sind kaum Krankheitssymptome an sehr jungen Eschen feststellbar. Bei weiterem Höhenwachstum des Jungwuchses werden aber sehr bald Schädigungen des Leittriebes an einem zunehmenden Anteil der jungen Eschen beobachtet. Damit ist einer der wichtigsten Faktoren für die zwischen- und innerartliche **Konkurrenzfähigkeit** in dichten Naturverjüngungen gehemmt: der Höhenzuwachs. Weniger anfällige Individuen erlangen nun einen Konkurrenzvorteil. Deshalb besteht bei den sehr hohen Individuenzahlen von Eschennaturverjüngungen mit anfangs bis zu mehreren 100.000 Pflanzen je Hektar (Osewold & Nagel 2023) die berechtigte Hoffnung, dass bereits ein geringer Anteil an wenig anfälligen Individuen ausreicht, um langfristig Bestände mit vitalen Eschen zu entwickeln. Allerdings läuft dieser Prozess nicht kurzfristig und nach menschlichen Maßstäben zielgerichtet ab, sodass fortwährend mit hohen Ausfällen und betrieblichen Einbußen gerechnet werden muss.

Aus der ökosystemaren Betrachtung ergibt sich die folgende Erkenntnis für die Praxis: Es finden evolutive Anpassungsprozesse statt, deren Dauer und Ausgang aber unsicher sind. Unterstützende forstbetriebliche Maßnahmen haben investiven Charakter und sind folglich neben Chancen auch mit Risiken verknüpft, die berücksichtigt werden müssen.

ASIATISCHER ESCHENPRACHTKÄFER

Zusätzlich zu der Beeinträchtigung der heimischen Eschen durch den invasiven Pilz *Hymenoscyphus fraxineus* kündigt sich bereits ein neuer Schädling an (Gossner et al. 2023). Der Asiatische Eschenprachtkäfer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) hat seit seiner Entdeckung 2002 in Nordamerika erhebliche Schäden an den dort heimischen Eschenarten *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Fraxinus nigra* Marshall und *Fraxinus americana* L. verursacht (Haack et al. 2002; Poland & McCullough 2006; van Driesche & Reardon 2015). Er stammt, wie der Name schon andeutet, aus Ostasien und ist in Europa 2003 erstmals in der Nähe Moskaus gefunden worden (Baranchikov et al. 2008). Es ist nachgewiesen, dass der Käfer auch *F. excelsior* schädigt, wenngleich noch nicht sicher ist, wie stark die Schädigungen im Vergleich zu den anderen Eschenarten ausfallen (Showalter et al. 2020; Volkovitsh et al. 2021). Neueste Forschung macht es aber zunehmend wahrscheinlich, dass die Befallsraten geringer ausfallen werden als bei *F. pennsylvanica* (Orlova-Bienkowskaja et al. 2020; Davydenko et al. 2022). In St. Petersburg und Moskau hat das Insekt bereits erhebliche Schäden an den städtischen Eschenbeständen (*F. pennsylvanica*) verursacht (Straw et al. 2013).

Seit 2003 breitet sich *A. planipennis* in variierender Geschwindigkeit aus (Valenta et al. 2017), wobei er offenbar innerhalb einer Saison auch weite Strecken entlang von stark frequentierten Straßen zurücklegen kann (Musolin et al. 2021). Im September 2023 meldete die European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) einen Fund in Kiew als westlichste Verbreitung (EPPO 2023). Die diskutierten Bekämpfungsoptionen fokussieren sich vor allem auf die Ausbringung von Antagonisten, die allerdings noch identifiziert und gezüchtet werden müssen (van Driesche & Reardon 2015). Schon jetzt lässt sich allerdings mit ziemlicher Sicherheit sagen, dass der invasive Schädling auch Mitteleuropa erreichen wird und hier auf bereits stark geschädigte und in ihrer Dichte reduzierte Eschenbestände trifft. Die Situation verlangt daher nach gewissenhafter Umsetzung der Quarantäne-Regularien (Meldung von Funden innerhalb Deutschlands an das Julius-Kühn-Institut) und Forschung zur Auswirkung speziell auf die Gemeine Esche.

4 WALDBAULICHE EMPFEHLUNGEN: MUT ZUR ESCHEN!

Die folgenden waldbaulichen Empfehlungen für das Management ETS-geschädigter Eschenmischbestände und der eher seltenen Reinbestandspartien verfolgen das übergeordnete Ziel, die Gemeine Esche langfristig und möglichst in stabilen Populationen in unseren Wäldern zu erhalten. Sie basieren auf den zuvor ausgeführten ökologischen Grundlagen. Die Eigenschaften des Schaderregers, die Mechanismen geringerer Anfälligkeit, die Wuchseigenschaften der Baumart, forstwirtschaftliche Ansprüche und die angestrebte Kontinuität der besonderen Ökosystemfunktionen der Esche werden in einem Konzept integriert. Die verfolgten Ziele und die hierzu empfohlenen Maßnahmen

sollen die ökologischen und ökonomischen Aspekte zu einem Ausgleich führen. Das vorgestellte waldbauliche Behandlungskonzept fußt auf drei übergeordneten Grundsätzen:

1. Eschennaturverjüngung als das größte natürliche Selektionspotenzial gezielt einleiten und fördern
2. Förderung und Erhaltung vitaler Eschen zur Sicherung natürlicher Anpassung und genetischer Vielfalt in allen **Wuchsklassen** (je nach Bundesland synonym Waldentwicklungsstadien, Bestandesphasen, natürliche Altersstufen)
3. Konservativer Umgang mit vorhandenen Alteschen zur Erhaltung ihres Samenpotenzials und ihrer ökologischen Funktion



Abbildung 10: Eschenverjüngung tritt bei geeigneten Bedingungen weiterhin sehr zahlreich auf.

Mitunter gibt es mehrere Handlungsalternativen, deren Auswahl sich an der Ausgangslage und den in einem Bestand vorrangig verfolgten Zielen sowie der Risikobereitschaft und der Struktur des jeweiligen Forstbetriebes orientiert. Die Empfehlungen sollen Mut machen, zukünftig wieder bzw. weiterhin mit der Esche zu wirtschaften. Sie sollen vorschnelle Entnahmen verhindern und gleichzeitig für die Betriebe untragbare Risiken oder Kosten vermeiden.

Inzwischen konnten mehrere Ansätze eines biologischen Pflanzenschutzes identifiziert werden, die allerdings noch weiterer Entwicklungsarbeit bedürfen. Auch bereits laufende Züchtungs- und Vermehrungsprogramme werden schätzungsweise noch 15 bis 20 Jahre benötigen, bis die Möglichkeit der umfangreichen Wiedereinbringung von Pflanzmaterial weniger anfälliger Eschen besteht. Die hier ausgeführten Empfehlungen beruhen daher in erster Linie auf der nachhaltigen Einbeziehung und Förderung natürlicher Selektionsmechanismen. Eine zentrale Rolle spielt hierbei die Naturverjüngung. Da für verschiedene Altersbereiche unterschiedliche Maßnahmen Priorität haben, sind die waldbaulichen Handlungsempfehlungen nach Wuchsklassen gegliedert. Den bestehenden Pflege-, Nutzungs- und Verjüngungsstrategien ist es zu verdanken, dass sich Eschen bereits heute in gut strukturierten Laubmischwäldern finden. Diese Bestandesbilder bleiben selbstverständlich auch künftig das waldbauliche Leitbild. Die Unterteilung in Wuchsklassen bedeutet daher keinesfalls eine Anknüpfung an überkommene wald-

bauliche Konzepte der Altersklassenwälder. Sie dient lediglich der besseren Zuordnung zu Arbeitsschwerpunkten in räumlich oft eng verzahnten Entwicklungsstadien.

In bisherigen Empfehlungen zum Umgang mit dem ETS lag der Fokus meist auf den Risiken, die das ETS für die wertvollen Altbestände bedeutete. Es wurde diskutiert, wie schnell eine Holzwertung zu erwarten sei und mit welchen Maßnahmen die Holzernte unter den gegebenen Erschwernissen optimiert werden könne (z. B. ForstBW 2018). Gleichzeitig wurde bereits früh davor gewarnt, vitalere Eschen in großer Zahl zu entnehmen und dabei den Genpool „vorausgehend“ zu verengen. Obwohl das Eschentriebsterben seit etwa 15 Jahren in ganz Deutschland verbreitet ist, gibt es, trotz des beschriebenen Rückgangs, glücklicherweise noch immer viele Eschen. Es bieten sich also nach wie vor Handlungsoptionen. Angesichts fortschreitender Verluste und Verunsicherung in Hinblick auf mögliche Bewirtschaftungsstrategien vor Ort ist es aber dringend geboten, nicht nur die kurzfristige Reaktion auf die Erkrankung darzulegen, sondern eine langfristige Perspektive zu entwickeln, die den Erhalt der Esche mit geeigneten Managementmaßnahmen konsequent verfolgt.

Die nachfolgenden Handlungsempfehlungen sollen deshalb einerseits präzise Beschreibungen aktueller Zustände in den einzelnen Wuchsklassen liefern, die das Resultat von unterschiedlicher Vorbehandlung und Umgang mit dem ETS sind. Zum anderen soll ein auf die Zukunft gerichtetes Konzept die Um-

setzung der neuen Behandlungsempfehlungen von der Verjüngungsphase ausgehend darstellen. Für fortgeschrittene Wuchsklassen verbleiben verständlicherweise ob der Langfristigkeit gewisse Unsicherheiten bei Wirksamkeit und Erfolg.

In der Vergangenheit war die Esche für ihre sehr dichte Naturverjüngung bekannt. Noch heute ist die Individuendichte erfreulich hoch (Osewold & Nagel 2023). Dies ist ermutigend und demgemäß fußen die Empfehlungen auf der Erhaltung und der gezielten Förderung der Selektionsprozesse ausgehend von der Naturverjüngung. Die Voraussetzungen dafür sind:

1. Die Erhaltung und Förderung innerartlicher **Konkurrenz**, denn eine Verminderung des Höhenwachses durch Infektionen an den Leittrieben und eine insgesamt höhere Mortalität der anfälligeren Eschen führen dazu, dass sich die vitaleren Individuen durchsetzen.
2. Eine wirksame Minderung der zwischenartlichen Konkurrenz, die in intensiv gemischten Verjüngungen von den Begleitbaumarten sowie von verdämmender Bodenvegetation ausgeht.
3. Die Erhaltung von Eschen in allen Wuchsklassen, die sich gegenüber anderen Baumarten bisher behauptet haben. Solange Eschen relativ vital erscheinen (bis Kronenschadstufe 3 und ohne **Stammfußnekrosen** der Stufe 2 nach Peters et al. 2021), werden sie nicht nur erhalten, sondern sollten gefördert werden. Diese Maßnahmen werden nicht ohne ein Verlustrisiko umsetzbar sein, sei es in gepflegten Eschenpartien in der

Verjüngung oder bei geförderten bzw. erhaltenen Einzelexemplaren in fortgeschrittenen Wuchsklassen.

Dass sich Fehlstellen in der Verjüngung durch kontinuierliche Sameneinträge in überschaubaren Zeiträumen schließen, soweit angepasste Wildbestände dies zulassen, ist praktisches Erfahrungswissen und wird durch wissenschaftliche Untersuchungen gestützt. Lücken durch ausfallende Eschen in älteren Beständen können sich durch die Dynamik benachbarter anderer Baumarten wieder schließen. Sowohl der erst allmähliche Schluss der Verjüngung als auch die Etablierung anderer Baumarten kann sich betriebswirtschaftlich negativ auswirken. Im ersten Fall verstreicht wertvolle Zeit. Im zweiten Fall drohen in der entstandenen Lücke das Aufkommen wirtschaftlich weniger attraktiver Baumarten sowie gewisse Qualitätseinbußen durch mangelnden Dichtstand. Ungleich größer wäre allerdings das Risiko des Verzichts auf jegliche Maßnahmen zugunsten der Esche. Dies hätte nicht nur zwangsläufig den Verlust einer in vielen Laubmischwäldern „systemrelevanten“ Baumart zur Folge. Es hieße auch, auf die ökologischen Funktionen und ökonomischen Leistungen der Esche zu verzichten. Darüber hinaus würde dies die Möglichkeiten einer Risikoverteilung im Sinne einer Baumartendiversifizierung weiter einschränken und die Abhängigkeit von den verbleibenden Baumarten erhöhen. Der Erhalt der Esche dagegen ist gleichbedeutend mit einem Beitrag zur Risikostreuung bei der Entwicklung resilienter Mischwälder.

Den Wuchsklassen sind verschiedene waldbauliche Maßnahmen zuzuordnen. Unsere Empfehlungen sind jeweils den spezifischen Bestandesmerkmalen und den Zielsetzungen des Betriebes anzupassen.

Die Handlungsempfehlungen öffnen deshalb einen Entscheidungsraum, in den konkrete Situationen eingeordnet werden können (siehe Abbildung 13, Seite 36 und Abbildung 15, Seite 38). Auf rigide „Entweder-Oder-Entscheidungskriterien“ wird dabei weitgehend verzichtet.

Den Autorinnen und Autoren ist bewusst, dass die Etablierung und langfristige Sicherung von Pflegeeinheiten eine große personelle Belastung für Forstbetriebe bedeuten kann. Wir sind allerdings davon überzeugt, dass die nachfolgend geschilderten Maßnahmen unter derzeitigem Kenntnisstand die vielversprechendste Option für den langfristigen Erhalt der Esche ist. Vor dem Hintergrund der oben genannten Grundsätze sollte dieses waldbauliche Vorgehen Priorität bekommen. Die Arbeit mit den Pflegeeinheiten stellt folglich eine wichtige Investition in zukünftige Bestände unter Beteiligung der Esche dar – einschließlich eines gewissen Verlustrisikos.

Ob der Zusatzaufwand empfohlener Maßnahmen zugunsten der Esche v. a. in den jungen Wuchsklassen vollumfänglich leistbar und das Risiko des Totalausfalls tragbar ist, hängt auch von der Größe und Baumartenausstattung der Forstbetriebe ab. Betriebsbezogene Anpassungen des Grundkonzeptes werden deshalb erforderlich sein. Allgemein kann der Grundsatz gelten: Je weniger Eschen vorhanden sind, desto mutiger sollten die Empfehlungen umgesetzt werden. Im konkreten Fall ist dabei z. B. die Frage wichtig, wie wahrscheinlich das erneute Einwandern ausreichender Naturverjüngung in absterbende Eschenpartien ist, oder ob man dort mit Bodenverwilderung rechnen muss. Teilweise tragen die Empfehlungen dem bereits Rechnung, indem **Femelhiebe** in Beständen mit hohen Eschenanteilen aufgrund des bereits hohen Lichtangebotes nicht empfohlen werden.

Insgesamt stellen die vorgelegten Empfehlungen, wie generell beim Waldbau im Klimawandel, kein abgeschlossenes und auf alle Zeit gültiges Konzept dar. Sie beruhen nicht auf langjährigen Beobachtungen, sondern auf wissenschaftlich begründeten Annahmen, sodass ein künftiges Nachjustieren bei neuen Erkenntnissen erforderlich bleibt.

4.1 Jungwuchs – Optimierte Lichtgabe und Konkurrenzsteuerung (Oberhöhe bis 2 m)

Konsequente Lichtgabe durch Lochhiebe über Partien dichter Eschennaturverjüngung verschafft der Esche gute Bedingungen bereits bei Höhen von nur einem Meter. Zur Verminderung der zwischenartlichen Konkurrenz werden zudem die Mischbaumarten in und um die Verjüngungspartien (wenige 100 m²) konsequent zurückgedrängt. Die innerartliche Konkurrenz fördert die Selektion von weniger anfälligen Eschen. Randliche Freistellung zur benachbarten Verjüngung mindert die seitliche Lichtkonkurrenz.

Wir beobachten gegenwärtig eine nach wie vor reichlich vorhandene Naturverjüngung bis zwei Meter Höhe, wohingegen die Esche im anschließenden Dickungsstadium fast vollständig ausfällt. Die Ursache hierfür sind Einbußen im Höhenzuwachs infolge des ETS. Bisher wurde für gemischte Laubbaumverjüngungen die **Selbstdifferenzierung** empfohlen. Eine Begünstigung lichtbedürftiger Baumarten wurde allein durch die Lichtsteuerung im Zuge der Zielstärkennutzung erreicht. Bei intensiver **Mischungsform** fallen jedoch viele Eschen durch infektionsbedingt verringerte Höhenzuwächse gegenüber anderen Baumarten der Verjüngung (namentlich Berg- und Spitzahorn, Rot- und Hainbuche sowie Winterlinde) zurück. Dieser Prozess hat zur Folge, dass Eschen im Verlaufe der Dickungs- und Stangenholzphase mehr oder

weniger vollständig ausgedunkelt werden. Die Nischen werden von den genannten Halbschatt- und Schattbaumarten besetzt und eine kontinuierliche Eschenverjüngung reißt ab.

Sicherung vitaler Eschen in der Naturverjüngung

Die Sicherung über sehr frühe Stadien der Naturverjüngung hinaus verlangt die Abkehr von der bisherigen Praxis der abschließlichen Selbstdifferenzierung gemischter Naturverjüngung. Stattdessen soll künftig die teilflächige Förderung aussichtsreicher Partien von Eschen in der Naturverjüngung in **Trupps** bzw. **Gruppen** (Durchmesser etwa 15 m) erfolgen, in denen junge Eschen nach Anzahl bzw. Deckungsgrad dominieren. Die Entstehung solcher eschendominierten initialen Verjüngungspartien ist zunächst von einem ausreichenden Potenzial vorhandener Samenbäume abhängig, nicht aber von einem hohen Lichtangebot. Solche Partien werden nachfolgend als „Pflegeeinheiten“ bezeichnet.

Als wichtigste Maßnahme soll die Esche durch eine gezielte Verbesserung der Lichtverhältnisse bzw. die Ausformung von lichten **Femeln** und **Lochhieben** (Durchmesser 30–40 m) über der Pflegeeinheit gefördert werden (Wagner 1999). Hiebsmaßnahmen zur Lichtsteuerung müssen vor jeder weiteren Eschenförderung in der Verjüngung erfolgen. Vorrangig werden dabei hiebsreife Buchen und andere Baumarten sowie beschattender Unterstand über der Pflegeeinheit entnommen. Vitale Alteschen werden hingegen geschont. Im besten Fall befinden

sich Pflegeeinheiten bereits in lichterem Bereichen des Altbestandes, die ein züliges Höhenwachstum der Esche ohne Lochhieb sichern.

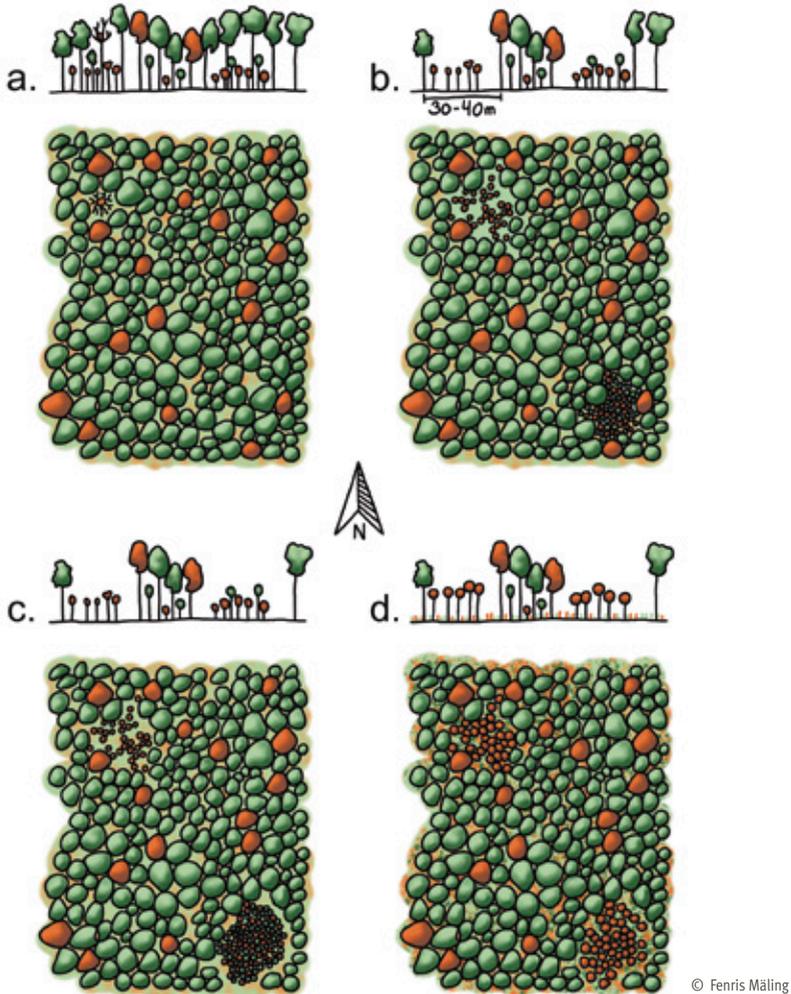
Anschließend wird die Esche innerhalb der Pflegeeinheiten und an den Rändern zur umgebenden Verjüngung von zwischenartlicher Konkurrenz freigestellt, um so trotz Einschränkungen im Höhenwachstum in der Verjüngung erhalten zu werden und wieder auffindbare, kontinuierlich pflegbare Einheiten zu schaffen (Abbildung 11; Abbildung 12, Seite 34). Diese Maßnahme kann gemeinsam mit der **Hiebsschadensbeseitigung** durchgeführt werden. Höchste Priorität liegt zwar auf der Lichtsteuerung, trotzdem wäre die Unterlassung der Kon-

kurrenzregulierung aus Ressourcenmangel nachteilig für die Eschenerhaltung.

Zur Risikobegrenzung sollten eine bis maximal zwei solcher Pflegeeinheiten je Hektar herausgearbeitet werden. Die tatsächliche räumliche Verteilung richtet sich selbstverständlich nach der Lage und Verteilung passender Eschenbereiche in der Verjüngung. Idealerweise erfolgt die erste Förderung der Eschen bereits bei einer Höhe der Verjüngung von ca. einem Meter, da der Anteil infizierter Eschen mit zunehmender Höhe rasch steigt. Die künftigen Eschengruppen werden durch Zurückdrängen **vorwüchsiger** Mischbaumarten ausgeformt (Abbildung 12).



Abbildung 11: Diese Eschen konnten sich im Zaun und mit ausreichend Licht bisher sehr gut entwickeln, nur einzelne Individuen wurden überwachsen oder sind durch ETS ausgefallen.



© Fenris Måling

Abbildung 12: Für gruppengroße Verjüngungsbereiche, in denen die Esche (orange) nach Anzahl bzw. Deckungsgrad dominiert, werden im Altbestandsschirm günstige Lichtverhältnisse geschaffen. In der Verjüngung wird die Konkurrenz anderer Baumarten (grün) stark zurückgedrängt, sodass Eschen in überwiegend innerartlicher Konkurrenz aufwachsen. Selbst bei Vitalitätseinbußen durch das ETS bleibt so die Chance, einige Eschen zu entwickeln. Dazu werden (a) eschenreiche Partien identifiziert und sorgfältig dokumentiert. Danach werden (b) die Lichtverhältnisse in Form eines Lochhiebes für die Eschen verbessert. Nun wird (c) die Pflegeeinheit an den Rändern von konkurrierender Verjüngung auf Abstand freigestellt. Abschließend sollte (d) auch innerhalb der Pflegeeinheiten die Konkurrenz der vorwüchsigen Mischbaumarten zurückgedrängt werden (z. B. Umknicken der Terminaltriebe oder Abschneiden). Die Flächen erfordern eine regelmäßige Kontrolle. Pflegemaßnahmen in der Verjüngung und Nachlichtung im Altbestand bedürfen ggf. einer Wiederholung, spätestens in der Wuchsklasse Jungbestand.

Kurz zusammengefasst werden folgende Schritte zur Umsetzung des neuen Konzeptes empfohlen (siehe auch Abbildung 12 b–d):

1. Identifikation von Pflegeeinheiten (Durchmesser etwa 15 m) in Gruppengröße in Bereichen flächiger Naturverjüngung mit bereits höherem Eschenanteil.
2. Die wichtigste Maßnahme ist die Berücksichtigung bzw. gezielte Steuerung der Lichtverhältnisse, die das Höhenwachstum und eine **Differenzierung** der Esche sichern: lichter Femel- bis Lochhieb, initialer Durchmesser 30–40 m und damit größer als die zugehörige Verjüngungspartie (ein bis maximal zwei je Hektar); zusätzliche Eingriffe in den Unterstand zur Lichtsteuerung. Alteschen sind in der Regel lichtdurchlässig und können über der Naturverjüngung verbleiben.
3. Nach der Lichtsteuerung im Altbestand zugunsten der Pflegeeinheiten erfolgt, gemeinsam mit der Hiebsschadensbeseitigung, eine Konkurrenz- und **Mischungsregulierung** in der Naturverjüngung zugunsten der Esche: randliche Freistellung der Pflegeeinheiten von der Konkurrenz vorwüchsiger Mischbaumarten zur Ausschaltung zwischenartlicher Konkurrenz (z. B. Umknicken).
4. Sorgfältige Dokumentation dieser Pflegeeinheiten (z. B. mit GPS-Koordinaten im Betriebs-GIS bzw. in Karten), um die Eschenverjüngung in kurzem Turnus (maximal drei Jahre) sicher aufzufinden und zu evaluieren.

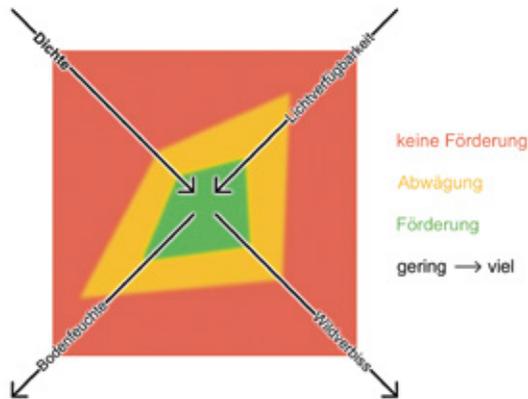
Bei Bedarf Wiederholung der Pflege in der Verjüngung und Rändeln im Altbestand insbesondere im lichten Nordtrauf der Verjüngungsflächen.

Die Förderung der Eschen in der Naturverjüngung konzentriert sich ausschließlich auf die Entnahme konkurrierender Mischbaumarten. Infizierte Eschen werden im Jungwuchs belassen, denn die Pilzsporen sind im Bestand allgegenwärtig. Der Infektionsdruck ließe sich durch das Entfernen infizierter Eschen ohnehin nicht senken.

Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg des Konzeptes ist die wirksame Senkung des Wildverbisses, um zusätzliche Beeinträchtigungen für das Höhenwachstum der Esche zu vermeiden. Teilflächige Zäunungen sind wegen des weiteren Hiebsfortschrittes im Altbestand kaum praktikabel.

Das Zusammenwirken der Faktoren veranschaulicht Abbildung 13 (Seite 36).

Nach bisherigem Wissen sind die Erfolgsaussichten auf trockeneren Standorten höher als auf von Grund- und Stauwasser geprägten (siehe Kapitel 2.4). Dies ist jedoch kein Ausschlussgrund für die Förderung dichter Naturverjüngung bis hinein in den für die Esche sehr bedeutenden Bereich grund- und stauwasserbeeinflusster Standorte, da die Risiken bei einem Misslingen auch dort überschaubar bleiben.



© Fenris Mäling

Abbildung 13: Entscheidungsmatrix zur Förderung aufkommender Eschennaturverjüngung im Höhenbereich bis zwei Meter (Pflegeeinheiten). Die Richtung der Pfeile kennzeichnet die Ausprägung der Entscheidungsparameter. Asymmetrische Flächenformen resultieren aus Unterschieden in der Gewichtung der Parameter. Eine Förderung und damit die Herausarbeitung von Eschennaturverjüngung in Gruppengröße wird bei hoher Naturverjüngungsdichte auf grundfrischen bis staufeuchten Standorten gleichwohl empfohlen, auch wenn die Erfolgsaussichten auf den feuchten Standorten ggf. geringer sind. Die Lichtverfügbarkeit wird durch Nachlichtungen im Altbestand (Femel- bis Lochhiebe) gesichert. Ein geringer Verbissdruck ist wesentlich für den Erfolg.

In Beständen oder Teilflächen, in denen eine gemäß den genannten Kriterien entwicklungsfähige Eschennaturverjüngung ausgeblieben ist, empfehlen wir den Verzicht auf Maßnahmen im Jungwuchs. Hier bleibt es bei der bisher für diese Wuchsklasse empfohlenen Selbstdifferenzierung.

Risiken

Ein vollständiger Verlust der Esche kann selbst bei regelmäßiger Förderung eintreten. Die Investition in die Pflege war dann vergeblich. Im Hinblick auf das Ziel struktureicher Mischbestände sind Loch- und Femelhiebe allerdings auch unabhängig

vom ETS sinnvoll. Freilich können sich Anteilflächen mit zeitlichem Verzug ggf. erneut verjüngen oder sich eine Folgeverjüngung mit anderen Baumarten auf natürlichem Wege etablieren. Ob dann das Pflegeziel „Dichtstand“ in dieser Wuchsklasse noch gewahrt und die Option zu späterer Qualitätsholzerzeugung noch gegeben ist, muss individuell entschieden werden. Falls infolge ETS-bedingter Mortalität Dichtstand kaum erreichbar ist, sind Abstriche bei künftigen Holzqualitäten evident. Allerdings bleibt das Risiko durch die flächenmäßige Beschränkung der empfohlenen Maßnahmen überschaubar.

4.2 Jungbestand – Fortführung von Licht- und Konkurrenzsteuerung (Oberhöhe 2 m bis 8 m)

Oberstes Ziel in dieser Wuchsklasse ist die Erhaltung der Lichtverfügbarkeit und der Mischungsanteile der Esche und deren weitere Förderung. Begonnene Maßnahmen zur Sicherung der Eschenanteile werden fortgesetzt. Weiterhin soll den Eschen ein Aufwachsen ohne starke zwischenartige Konkurrenz ermöglicht werden, z. B. durch erneute Zurückdrängung konkurrierender Mischbaumarten an den Rändern und ggf. auch innerhalb der Pflegeeinheiten. Sollten solche Bereiche auch ohne vorheriges Zutun entstanden sein, können auch diese entsprechend dem vorgeschlagenen Konzept gepflegt werden. Die natürliche Selektion innerhalb der Eschen setzt sich fort.

Die etablierten Pflegeeinheiten (siehe Kapitel 4.1) werden im Abstand von drei bis fünf Jahren kontrolliert und weiter gefördert. In Beständen ohne Vorpflege sind nennenswerte Mischungsanteile der Baumart mittlerweile selten und die Förderungswürdigkeit sollte am Einzelfall entschieden werden. Wichtigstes Entscheidungskriterium ist hierbei die Vitalität.

Die zuvor ausgeformten und dokumentierten Pflegeeinheiten haben im Höhenwachstum zugelegt, aber wüchsige Mischbaumarten schließen möglicherweise an den Rändern und innerhalb der Pflegeeinheiten wieder auf oder sind nun ihrerseits vorwüchsig.

Eine Infektion selbst vieler junger Eschen ist grundsätzlich kein Ausschlusskriterium für weitere Maßnahmen. Basis für die weitere Förderung ist vielmehr eine weiterhin effektive Individuendichte der Esche innerhalb der Pflegeeinheiten. Die vitalsten Eschen sind mit den anderen Baumarten der Verjüngung noch mindestens gleichwüchsig bzw. wenigstens nicht stark zurückbleibend (Abbildung 15, Seite 38). Bei stagnierenden Höhenzuwächsen aufgrund eines sich schließenden Unter- oder Oberstandes wird in einer anstehenden Hiebsmaßnahme über der Pflegeeinheit nachgelichtet (Rändelung). Explizit muss dabei auch der Buchenunterstand einbezogen werden. Anschließend wird die randliche Freistellung der Pflegeeinheit wiederholt, ggf. der Wuchsdynamik folgend auf größerer Breite. Zuletzt erfolgt die erneute Rücknahme vor- und mitwüchsiger Mischbaumarten innerhalb der Pflegeeinheit. Auch in dieser Wuchsklasse liegt die Priorität auf der Schaffung idealer Lichtverhältnisse, erst dann erfolgt die Konkurrenzsteuerung innerhalb der Eschenverjüngung.

Falls sowohl Dichte als auch Vitalität und Konkurrenzfähigkeit der vorgepflegten Eschengruppen negativ bewertet werden, unterbleibt die weitere Förderung.

Eschenverjüngung, die sich ohne vorherige Förderung bis zu dieser Wuchsklasse gehalten hat oder sogar durchsetzen konnte, ist selten, aber mitunter zu finden (Abbildung 14, Seite 38). Sie profitierte mutmaßlich vom zufälligen Zusammentreffen geeigneter Bedingungen am Mikrostandort, günstigen Strahlungsverhältnissen und moderatem

selektivem Verbiss. Für die Förderung dieser Verjüngung gelten hinsichtlich Vitalität und Höhenzuwachs vergleichbare Kriterien wie für die Pflegeeinheiten. Zusätzlichen Wert erhält eine solche Eschenverjüngung dadurch, dass ihre Erhaltung und Durchsetzung ohne Förderung auf eine geringere Anfälligkeit gegenüber dem ETS hindeuten kann. Hinsichtlich Flächenausdehnung und Dichte werden deshalb an die Förderungswürdigkeit dieser Verjüngung geringere Maßstäbe angelegt. Auch kleinere Trupps solcher augenscheinlich vitalen Eschen sollen gegenüber Mischbaumarten randlich freigestellt und durch Verminderung der zwischenartlichen Konkurrenz gefördert werden.



Abbildung 14: Jungbestand mit vitalen Eschen in einem Lochhieb als Ergebnis innerartlicher Konkurrenz und natürlicher Selektion.

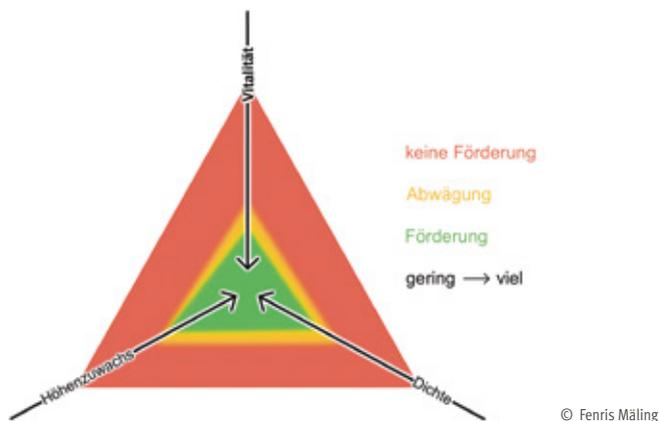


Abbildung 15: Entscheidungsmatrix zur Förderung von Eschenverjüngungseinheiten (Pflegeeinheiten) in der Jungbestandsphase. Die Pfeilrichtung kennzeichnet die Zunahme der günstigen Ausprägung eines relevanten Parameters. Die farbigen Flächen kennzeichnen Entscheidungsbereiche, die durch die Ausprägung der Parameter bestimmt werden. Eine weitere Förderung orientiert sich am Vorhandensein von vitalen Individuen. Ihr Höhenzuwachs wird ggf. durch Nachlichtung gesichert.

Bei einer als Negativauslese durchgeführten Läuterung des Gesamtbestandes sollten weder innerhalb der Pflegeeinheiten noch im übrigen Bestand schlecht geformte, vitale Eschen (sogenannte **Wölfe**) entnommen werden. Dies sind möglicherweise gegenüber dem ETS besonders widerstandsfähige Individuen, die es in jedem Fall zu erhalten gilt.

4.3 Gertenholz – Vitale Individuen fördern (Oberhöhe 8 m bis 12 m)

Die Ausrichtung der Maßnahmen erfolgt nun am Individuum, denn vitale Eschen sind inzwischen gut erkennbar. Ihre Freistellung wird auch bei schlechter Qualität empfohlen. Dies trifft auch auf Einzelbäume umgeben von Mischbaumarten zu.

Ab dieser Wuchsklasse richten sich die Pflegemaßnahmen stärker am Individuum aus. Wichtiges Entscheidungskriterium einer Förderung von Eschen ist die Vitalität, die ab diesem Stadium am Einzelbaum erkennbar wird. Innerhalb der vorgepfligten Verjungungseinheiten kann die frühe kräftige Förderung durch Bedrangerentnahme einer begrenzten Anzahl relativ vitaler Eschen (Schadstufe 2) erfolgen. Hierbei gilt: auch eine einzelne vitale Esche ist förderungswürdig und trägt zum Erhalt der Baumart bei. Hat man sich angesichts vorhandener konkurrenzstarker Eschen zu deren Pflege entscheiden, muss die Förderung wegen der großen Dynamik in diesem Stadium kräftig erfolgen. Dies bedeutet die Entnahme meist mehrerer

Bedränger zugunsten der Eschen. Qualitasaspekte z. B. der Astreinigung treten dabei in den Hintergrund. Das Risiko eines Misserfolgs der Eschenfreistellung wird durch die Bestandesdynamik abgepuffert. Freier Wuchsraum, der sich durch den Ausfall geförderter Eschen ergeben kann, wird durch umgebende Exemplare anderer Baumarten rasch übernommen, kleine Lücken schließen sich bald. Das Risiko beschränkt sich also auf etwaig getätigte Fehlinvestitionen in die Pflege an einer begrenzten Anzahl von Eschen. Bei punktuellen Entscheidungen zwischen der Förderung einer relativ vitalen Esche und dem Belassen eines gut geformten Exemplars einer anderen Baumart empfehlen wir „Mut zur Esche!“.

Um den Pflegeaufwand zu senken, ließe sich alternativ die Förderung von Esche und anderen Mischbaumarten in einem Arbeitsgang am Ende des Gertenholzstadiums verknüpfen. Für die Erhaltung der Esche ist diese Variante weniger geeignet.

Auch innerhalb vorgepfligter Eschenpartien werden jetzt bei Bedarf die vitalsten Eschen gefördert, allerdings weniger stark. Die Gruppenstruktur mit innerartlicher Konkurrenz wird möglichst erhalten. Reine Partien von Schattbaumarten bleiben in dieser Wuchsklasse komplett unbehandelt. Z-Baumanwarter anderer lichtbedurftiger Edellaubbaume und Eiche werden ggf. etwas später als die Esche – gegen Ende des Stadiums und zum Zweck der Astreinigung vorsichtiger – gefördert. Zwar geht die Förderung einzelner Eschen und anderer lichtbedurftiger Baumarten im Gertenholzstadium mit

einem erhöhten Zeitaufwand einher, jedoch ist vornehmlich in ansonsten buchegeprägten Beständen die Begünstigung von Mischbaumarten – nicht nur von Esche – angesichts des Klimawandels eine sinnvolle Maßnahme.

4.4 Stangenholz – Vitale Eschen im Herrschenden sichern (Oberhöhe 12 m bis 15 cm BHD)

Die maßvolle Kronenfreistellung stärkt ein Kollektiv relativ vitaler Eschen im Herrschenden und gleicht Konkurrenz Nachteile durch das ETS aus. Dadurch werden ein substantieller Anteil der Baumart und ihr künftiges Reproduktionspotenzial gesichert.

Die weitere **Ausdifferenzierung** bei anhaltendem Infektionsdruck und ETS-bedingten Ausscheidungsprozessen gibt mehr Sicherheit bei der Auswahl weniger anfälliger Eschen. Deren Förderung erfolgt gezielt im Rahmen der Erstdurchforstung. Herrschende und vorherrschende Eschen (**Kraft'schen Klassen** 1 und 2), die möglichst nur der Kronenschadstufe 1 (höchstens 2) angehören und frei von Stammfußnekrosen sind, werden, angepasst an das vorhandene Potenzial, freigestellt. Qualität und räumliche Verteilung der Eschen sind absolut nachrangig. Durch die Vorpflege oder aus anderen Gründen noch von Eschen dominierte Bereiche sollten weiter möglichst lange in ausschließlich innerartlicher Konkurrenz gehalten werden. Grundsätzlich haben sich

Eschen mit möglichst großer Krone als widerstandsfähiger gegenüber dem ETS erwiesen (Skovsgaard et al. 2017). Bereits in diesem Stadium, in dem Stammfußnekrosen dank der glatten Rinde noch gut erkennbar sind, muss auf den Ausschluss stark betroffener Eschen (Stammfußnekrosen der Stufe 2, Abbildung 4, Seite 15) vor der Förderung geachtet werden. Das gilt unabhängig von deren Kronenzustand, denn Eschen mit starken Stammfußnekrosen sind nicht zukunftsfähig. Leichte Nekrosen mit Überwallungsansätzen lassen notfalls eine Förderung zu. Die weitere Entwicklung muss hier aber beobachtet werden.

Von vorgreifenden Kronenfreistellungen, wie sie vor dem ETS in diesem Stadium empfohlen wurden, ist abzusehen, da das ETS die Expansionsfähigkeit der Kronen einschränkt. Zugunsten von Eschen werden deshalb je Eingriff nur ein bis zwei Bedränger im Herrschenden entnommen. Jeglicher Unterstand wird auf jeden Fall geschont. Mischbaumarten können bei Ausfall der Esche unmittelbar die entstehende Lücke schließen. Die Überprüfung der weiteren Förderungswürdigkeit und die geringe Wirksamkeit der schwächeren Freistellungen je Eingriff erfordern eine häufige Wiederkehr von Maßnahmen auf der Fläche. Die fallweise Entscheidung für die Esche und gegen Mischbaumarten bringt Opportunitätskosten mit sich. Diese setzen sich zusammen aus der unsicheren Aussicht für die geförderten Eschenindividuen sowie den Zuwachsverlusten nicht ausreichend geförderter Mischbaumarten. Hier ist die Einzelfallentscheidung im betrieblichen Kontext gefordert, die insbesondere die Arbeitskapazität

zitäten und die Risikostruktur abwägt. Insgesamt bringt die künftige, wenn auch mäßige Freistellung folgende Vorteile:

1. Die Risikostreuung bleibt auf alle Baumarten verteilt, auch wenn durch die Eschenförderung die mögliche Anzahl an Z-Bäumen anderer Baumarten nicht ausgeschöpft wird. Die Entscheidung für die Förderung von Eschen stellt eine Investition in die Baumartendiversität dar, die angesichts von Risiken anderer Baumarten (z.B. Ahornrußbrindenerkrankung, Buchenvitalitätsschwäche, Eichenfraßgesellschaft und Eichenprachtkäfer) zur Sicherung der Ökosystemleistungen von Wäldern beiträgt (Bödeker & Knoke 2020).
2. Die Konkurrenzfähigkeit der Esche wird erhöht, gleichermaßen die Aussicht auf wirtschaftlich besser verwertbare Dimensionen.

Zur Risikobegrenzung tragen die unabhängig vom Ausgangspotenzial beschränkte Zahl maximal zu fördernder Eschen und eine geringere Eingriffsstärke je Eingriff bei.

4.5 Schwaches bis mittleres Baumholz – Vitale Eschen kontinuierlich fördern (ab 15 cm bis 40 cm BHD)

Angestrebt werden Erhaltung und Förderung vitaler Eschen, die sich bislang als weniger anfällig gegenüber dem ETS erwiesen haben. Ihr Verjüngungspotenzial ist angesichts der Risiken von zunehmender Bedeutung. Die Förderung samen-

tragender Eschen hat hierbei Priorität. Sorgfalt bei Verkehrssicherung: Hoher Aufwand durch häufige Kontrollen rechtfertigt keine vorschnellen Entnahmen!

Die Maßnahmen zur Erreichung dieses Ziels knüpfen unmittelbar an die Empfehlungen der vorherigen Wuchsklasse an. Die Förderung vergleichsweise vitaler Eschen (bis Schadstufe 3 des Kronenzustandes, keine starken Stammfußnekrosen der Stufe 2 nach Peters et al. 2021) wird in abgewogener Stärke fortgeführt. Die Erfolge vorangegangener Pflegemaßnahmen zugunsten der Esche sind bewertbar. Naturgemäß wird es für dieses Stadium vorerst keine Bestandessituationen geben, die den vollen Pflegevorlauf nach den hier vorliegenden Handlungsempfehlungen zeigen. Allerdings profitieren viele heutige Bestände bzw. Bestandesteile dieser Wuchsklasse von dem Auslesevorlauf, den freigestellte Eschen-Z-Bäume vor dem Auftreten des ETS genießen konnten. Potenziell förderungswürdige Eschen sind mit ihrer sozialen Stellung im Herrschenden daher gut erkennbar und auf ihre weitere Förderungswürdigkeit hin überprüfbar. Die Anzahl förderungsfähiger Eschen hat gegenüber den früheren Stadien zwischenzeitlich abgenommen. Anhaltend gute Kronenzustände trotz hohen Infektionsdrucks können allerdings nunmehr als Indiz für eine längerfristig geringere Anfälligkeit gewertet werden und bestärken die Entscheidung für die weitere Begünstigung der betreffenden Eschen.

Neben der Einschätzung des Kronenzustands muss fortwährend den starken

Stammfußnekrosen Beachtung geschenkt werden. Sie schließen eine Eschenförderung weiterhin aus. Das bedeutet jedoch nicht zwangsläufig die Entnahme. Ebenso fällt die Bedrängerentnahme zugunsten von Eschen weiterhin schwächer aus als nach bisher gängigen Z-Baumkonzepten. Der Unterstand aller Baumarten wird im Sinne des Bodenschutzes, des Bestandesklimas und der Verjüngungssteuerung grundsätzlich weiter geschont. Die Behandlungskonzepte der im Regelfall gemischten und strukturreichen Bestände lösen sich damit von „einfachen“ Produktionsprogrammen. Einerseits gilt es, vitale Eschen im Bestand zu halten und dafür zu sorgen, dass weniger anfällige Individuen möglichst nicht in zwischenartigen Konkurrenzsituationen unterliegen. Andererseits sind größere Schlussunterbrechungen und Störungen des Bestandesgefüges durch die Förderung oder einen potenziellen Ausfall von Eschen möglichst zu vermeiden. In der praktischen Umsetzung bedeutet dies weiterhin eine regelmäßige Bestandespflege mit häufiger Wiederkehr bei geringeren Entnahmemengen. Dabei sind Entnahmeentscheidungen zwischen unmittelbar benachbarten Eschen nach den folgenden Kriterien zu treffen:

1. Standsicherheit (Ausprägung von Stammfußnekrosen)
2. Vitalität/Vorwüchsigkeit
3. Geschlecht:
 - a. samentragende Exemplare mit akzeptabler Vitalität verbleiben
 - b. Geschlecht nicht erkennbar: Vitalere Individuen verbleiben
 - c. beide samentragend: beide verbleiben, ansonsten ein Individuum entnehmen

Es ist nicht sinnvoll, den Eschenanteil in dieser Wuchsklasse auf eine bestimmte Zielgröße hinsteuern zu wollen. Die Bewirtschaftung wird vielmehr von den natürlichen Selektionsprozessen geleitet und orientiert sich am Potenzial vitaler Eschen, geprägt von dem Ziel, die Baumart nicht gänzlich abzuschreiben.

Selbstverständlich müssen Verkehrs- und Arbeitssicherheit gewissenhaft berücksichtigt werden, da in dieser Wuchsklasse Dimensionen erreicht sind, die Gefährdungen für Leib und Leben bedeuten können. Die Entnahme absterbender Eschen, zumal mit starken Stammfußnekrosen, ist insofern dringend angezeigt. Entnahmen wegen Arbeits- und Verkehrssicherheit sollen Einzelfallentscheidungen sein bzw. werden. Explizit dient diese Entnahme der Verkehrssicherung. Erhaltenswerte, standfeste Bäume außerhalb von Verkehrssicherungsbereichen dürfen nicht rein aus Effizienzüberlegungen entnommen werden.

4.6 Mittleres bis starkes Baumholz – Weichenstellung für die Zukunft der Esche (ab 40 cm BHD)

Im Hinblick auf die Erhaltung der Esche sind zum Ende dieser Wuchsklasse ausreichend reproduktionsfähige Alteschen möglichst höherer Vitalität bzw. mit einer geringeren ETS-Anfälligkeit zu bewahren. Neben ausreichendem Reproduktionspotenzial sind durch waldbauliche Maßnahmen weitere Voraussetzungen

dafür zu schaffen, dass die Esche an der nächsten Waldgeneration in größtem Umfang entwicklungsfähig beteiligt bleibt (siehe Kapitel 4.1). Aus ökologischen Gründen wird die Kontinuität eschengeprägter Lebensräume mit möglichst hoher genetischer und struktureller Vielfalt angestrebt. Das Ziel der Wertholzernte ist derzeit nachrangig zum übergeordneten Ziel der Eschenerhaltung. Bei Erfolg der hier empfohlenen Maßnahmen kann es zukünftig wieder größere Bedeutung erlangen.

In dieser Wuchsklasse ordnen sich gegenwärtige praktische Vorgehensweisen in der Behandlung von älteren Beständen mit nennenswerten bis hohen Eschenanteilen in einem Spektrum zwischen zwei Extremen ein. Das eine Extrem ist die rasche und sehr weitgehende Entnahme der Eschen angesichts der Verunsicherung durch das ETS in wenigen, starken Eingriffen. Mitunter werden davon große Teile des Eschenvorrates bereits deutlich vor dem Erreichen bisher üblicher Zielstärken von mindestens 60 cm BHD erfasst. Am anderen Ende des Spektrums steht eine spät einsetzende und vorsichtige Entnahme mit häufig wiederkehrenden, schwächeren Eingriffen. Die Generalisierung der ersten Vorgehensweise leistet einem weitgehenden Verlust der Esche als Wirtschaftsbaumart Vorschub. Das zweite Vorgehen des konservativen, behutsamen Umgangs mit vorhandenen Eschen kann ein wirksamer Beitrag zur Erhaltung der Baumart sein. Jedoch ist es nicht für jeden Betrieb und in jeder Ausgangssituation in gleichem Umfang um-

setzbar. Generell muss bei allen Vorgehensweisen die Arbeits- und Verkehrssicherheit gewährleistet werden. Hier spielen die Stammußnekrosen eine wichtige Rolle. Die erforderliche Abwägung zwischen Erhaltung aus ökologischen oder genetischen Gründen und Entnahme aus Sicherheitsgründen kann nur fallspezifisch erfolgen.

Neben der möglichst langen Erhaltung von Samenbäumen müssen im Hinblick auf eine dauerhafte Erhaltung der Baumart Esche weitere Voraussetzungen für eine erfolgreiche Naturverjüngung beachtet und nach Ausgangssituationen differenziert werden.

In den verbreiteten, von Buchen dominierten Mischbeständen mit Eschenbeteiligung besteht bei einzelstammweiser Zielstärkennutzung der Buche und dem raschen Auszug von Eschen durch vorzeitige Erntemaßnahmen das Risiko, die Esche in der nächsten Waldgeneration komplett zu verlieren. Eine mit diesem Vorgehen verbundene schirmschlagartige und homogene Auflichtung und gleichzeitige Reduzierung des Samenpotenzials der Esche führt zu einer Buchendominanz in der Verjüngung. Dies gefährdet die erfolgreiche Etablierung anderer Baumarten einschließlich der Esche.

Dem entgegen wirkt ein gezieltes Vorgehen vor der Etablierung einer vollflächigen Buchennaturverjüngung. Dafür werden die Bestände in der späten Durchforstungsphase möglichst geschlossen gehalten. Das schließt auch späte starke Kronenpflege zugunsten von Mischbaumarten in dieser Phase aus. Auch mit dem Beginn der End-

nutzung unterbleibt die gleichmäßige Auflichtung durch eine schematische Zielstärkenutzung. Vielmehr werden, ausgehend von qualitativ schlechten Buchenpartien, gezielt Femel oder kleinere Löcher geschaffen. Dies schließt Femelhiebe zur Lichtung über bereits aufgelaufener Eschennaturverjüngung ein (siehe Kapitel 4.1). Zumindest für Eschentrupps/-gruppen kann es dabei nötig sein, auch Altbäume von Mischbaumarten guter Qualität vor Erreichen der Zielstärke zu entnehmen, da sich sonst das Zeitfenster für die erfolgreiche Eschenverjüngung schließt. Bei Verlust der letzten Samenbäume ohne eingeleitete Verjüngung oder bei einer vollflächig etablierten Verjüngung anderer Baumarten kann auf natürliche Weise keine Esche mehr gesichert werden.

Schattbaumarten wie Buche, Hainbuche und Winterlinde werden partiell auch im Unter- und Zwischenstand entnommen, um entstandene Lücken im Kronendach zu nutzbaren Lochhieben zu erweitern.

Die restlichen Partien des Altbestandes bleiben zunächst weiterhin geschlossen. Eschen-Samenbäume werden bei diesem Vorgehen grundsätzlich und solange es ihre Vitalität und Standfestigkeit zulassen (keine starken Stammfußnekrosen), im Bestand gehalten, auch über den angelegten Femel- bzw. Lochstrukturen. Das beschriebene Vorgehen ist angesichts des Klimawandels auch für andere lichtbedürftige Baumarten sinnvoll, da es zur Erhöhung der Mischungsanteile dieser Arten in der Verjüngung beiträgt und die Bestandesstabilität verglichen

mit buchendominierten Beständen länger erhält. Ein vollflächiges Öffnen des Kronendaches schadet hingegen auch der Vitalität der Altbuchen.

Altbestände mit Eschendominanz stocken häufig auf grund- und stauwasserbeeinflussten Standorten. Hier werden Eschenbestände auch in Zukunft mit größeren Problemen durch das ETS zu kämpfen haben, womit die Herausforderungen für die Erhaltung der Esche nochmals größer sind. Dies gilt insbesondere dann, wenn sich die Bestandesstruktur bei fortgeschrittener Erkrankung bereits aufgelöst hat. Überlebende Eschen sind meist in den (ehemals) herrschenden und vorherrschenden **Kraft'schen Klassen** zu finden, während Zwischen- und Unterständer schneller dem ETS erliegen. Verjüngung ist häufig nur mit großem Aufwand erreicht worden oder von geringer Dichte und schlechter Qualität, mit meist nur geringen **Mischungsgraden** der Esche. In geschlossenen und gedrängten Beständen ist daher eine schnelle Auflichtung ohne ausreichend vorhandene Verjüngung unter allen Umständen zu vermeiden. Sie würde die **Bodenverwilderung** erhöhen und erforderte möglicherweise eine aufwendige Kunstverjüngung (siehe Kapitel 4.7).

Kontraproduktiv sind deshalb starke, vorgeifende **Sanitärhiebe** und flächige Räumungen, denn auch Eschen mit schlechten Kronen können in einigen Fällen noch lange überleben. Den Krankheitsfortschritt durch solche Maßnahmen im Sinne einer so genannten „Sauberen Waldwirtschaft“ zu beeinflussen, ist ohnehin unmöglich. Die

Entnahme geschädigter Bäume hat keinerlei Einfluss auf den Infektionsdruck und die Krankheitsverbreitung, sind doch die Pilzsporen allgegenwärtig. Der beste Weg, um einer Holzentwertung zuvorzukommen, wäre eine häufige Kontrolle und zügige Entnahme frisch abgestorbener Stämme. Da dies kaum realisierbar und wegen der Arbeitssicherheit nur bedingt umsetzbar ist, empfiehlt es sich, nur Stämme mit ausgeprägten Stammfußnekrosen (Stufe 2) zu entnehmen. Auch die Stammfußnekrosen reduzieren die Holzqualität erfahrungsgemäß nur in den unteren ein bis zwei Metern, führen aber zu einem schnellen Umstürzen der Eschen. Es sollten nicht alle Eschen mit starken Schadsymptomen der Krone (Schadstufe 3 und 4) entnommen werden, denn das würde wiederum den Genpool unnötig einengen. Auch diese Eschen haben immerhin bis zu 20 Jahre mit der Krankheit überlebt.

Für die Verjüngung der Esche ist die Erhaltung samentragender Individuen wichtig. Dies gilt unabhängig von den beschriebenen Ausgangssituationen. Wegen ihrer Kronenstruktur werden samentragende Eschen bei der Anwendung des Boniturschlüssels zu Unrecht ungünstiger beurteilt (vgl. Kapitel 3.1). Es besteht deshalb potenziell die Gefahr, dass samentragende Eschen vermehrt entnommen werden.

In Altbeständen darf weder bei geringen noch bei hohen Eschenanteilen nach dem Erreichen von Zieldurchmessern schematisch und undifferenziert geerntet werden. Stattdessen steht der Erhalt der Esche

durch das beschriebene differenzierte Vorgehen im Fokus. Von der Forstplanung müssen dafür auch die Nutzungsansätze für die Esche, abweichend von den alten Zuwachsangaben der Ertragstafeln, die das ETS nicht berücksichtigen, angepasst werden.

4.7 Ersatzpflanzungen

Pflanzungen mit Ersatzbaumarten sollten immer nur dann in Erwägung gezogen werden, wenn die Esche die führende Baumart ist oder war. Nur ein sehr hoher Anteil abgängiger Eschen in Beständen mit geringer vertikaler Strukturierung birgt die Gefahr einer schnellen Bodenverwilderung. Die Wahl der zu verwendenden Ersatzbaumarten muss immer den kleinsträumigen standörtlichen Unterschieden Rechnung tragen. Pflanzungen von nicht-heimischen Eschenarten bergen sehr große Risiken. Sie können Träger von weiteren Pathogenen sein. Insbesondere das Risiko wiederholter Einschleppungen (Kapitel 3.2) des Erregers des ETS ist dadurch extrem hoch.

Die erfolgreiche Etablierung von Pflanzungen mit Ersatzbaumarten ist eine Möglichkeit, um den Folgen eines massiven Verlusts von Eschen entgegenzuwirken und die biologische Vielfalt sowie die Ökosystemfunktionen auch unter Berücksichtigung weiterer exogener Störungen (Klimawandel, Vitalitätsschwächen anderer Baumarten, andere biotische Faktoren) wenigstens teilweise zu erhalten. Die Baumartenwahl für Ersatzpflanzungen in ehemals eschenrei-

chen Beständen kann dabei nicht nur unter ökonomischen Gesichtspunkten getroffen werden. Es sollte vielmehr ein adäquater Ersatz der ökologischen Funktionen der Esche durch die gewählten Ersatzbaumarten erreicht werden (Tabelle 1), um das ökonomische und ökologische Wertpoten-

zial ehemals eschenreicher Standorte zu sichern. Insbesondere die quantitative und qualitative Entwicklung der Krautschicht sowie die bereits erfolgte Öffnung des Kronendachs sollten als Indikatoren für eine ökologisch sinnvolle Baumartenwahl herangezogen werden. Auch ökonomisch

Tabelle 1: Mögliche Baumarten für Ersatzpflanzungen in von Bodenverwilderung bedrohten Bestandesteilen. Aufgeführt sind heimische Baumarten, welche in Mischung dazu beitragen können, die Ökosystemfunktionen ehemals eschenreicher Wälder zu erhalten. Die Bewertung der aufgeführten Baumarten erfolgte nach nationaler und internationaler Literatur. Querstriche innerhalb der Zeilen kennzeichnen unvollständige Angaben zu der jeweiligen Baumart. Kreuze zeigen die Standortspräferenz an, Kreise weisen auf eine gewisse Toleranz der Baumarten hinsichtlich der Standortsausprägung hin.

Baumart (wiss. Name, Trivialname)		Funktionale Ähnlichkeit zur Esche ¹	Eignung für eschenassoziierte Biodiversität ^{1,2}	Nährstoffanspruch ⁵
<i>Acer campestre</i>	Feldahorn	hoch	gering	hoch
<i>Acer platanoides</i>	Spitzahorn	mittel	hoch	hoch
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn	hoch	hoch	hoch
<i>Alnus glutinosa</i>	Schwarzerle	hoch	hoch	hoch
<i>Betula spp.</i>	Birken-Arten	mittel	mittel	gering
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche/Weißbuche	hoch	hoch	mittel
<i>Fagus sylvatica</i>	Rotbuche	gering	gering	mittel
<i>Populus tremula</i>	Aspe/Zitterpappel	mittel	mittel	gering
<i>Prunus avium</i>	Vogelkirsche	mittel	mittel	hoch
<i>Prunus padus</i>	Gew. Traubenkirsche	mittel	gering	hoch
<i>Quercus petraea</i>	Traubeneiche	gering	hoch	mittel
<i>Quercus robur</i>	Stieleiche	gering	hoch	mittel
<i>Sorbus aucuparia</i>	Eberesche/Vogelbeere	gering	gering	gering
<i>Sorbus torminalis</i>	Elsbeere	–	gering	hoch
<i>Taxus baccata</i>	Eibe	hoch	gering	mittel
<i>Tilia cordata</i>	Winterlinde	gering	gering	mittel
<i>Ulmus laevis</i>	Flatterulme	–	hoch	hoch

Bewertungen nach Mitchell et al. 2014¹, Hultberg et al. 2020², Kölling et al. 2015³, LWF 2019⁴, De Avila et al. 2021⁵, Böckmann et al. 2019⁶, LWF 2020⁷

sind nur solche Baumartenkombinationen mittel- und langfristig sinnvoll (Haupt et al. 2022). In Beständen, in denen die Krautschicht bereits von Brombeerarten oder konkurrenzstarken Gräsern dominiert wird (als Folge sich verändernder Lichtbedingungen bei einer hohen Ausfallrate der Esche im Hauptbestand), müssen die artspezifischen Standortansprüche von möglichen Ersatzbaumarten berücksichtigt werden. Für schnell verwildernde Standorte sollte die Wahl auf weniger empfindliche und/oder pflegeintensive Ersatzbaumarten(-kombinationen) fallen. Hierzu zählen

vorrangig raschwüchsige Lichtbaumarten, ggf. zunächst Pionierbaumarten (Schwarz-erle, Birken, Weiden, Zitterpappel) oder Sträucher wie Hasel, die zunächst für einen Rückgang stark verdämmender Störungszeiger der Strauch- und Krautschicht sorgen können. Unter Berücksichtigung der standörtlichen Eignung sollten dann Baumarten ausgewählt werden, die sowohl hinsichtlich ihrer Einordnung der funktionalen Ähnlichkeit zur Esche als auch ihrer Eignung zum Erhalt von eschenassoziiert Biodiversität als hoch einzuschätzen sind (Tabelle 1).

	bevorzugter Wasserhaushaltstyp				Klimaanpassungspotenzial
	trocken	frisch	Stauwasser	Grundwasser	
	×	×			hoch ³
	○	×			mittel ³
		×	×		mittel ³
				×	mittel ⁴
	○	×	×	○	hoch (<i>B. pendula</i>) ⁵
		×	×		hoch ⁵
		×			hoch ⁵
		×	×	○	mittel ⁵
		×			mittel ⁵
			○	×	-
	×	×			hoch ⁶
	○	×	×	○	hoch ⁶
		×	×		mittel ⁷
	×				hoch ⁵
		×			-
	×	×			mittel ⁵
			×	×	hoch ⁵

Bei Ersatzpflanzungen auf trockenen Standorten (Kalkeschenstandorte) können ergänzend Wildbirne (*Pyrus pyraeaster* L.), Speierling (*Sorbus domestica* L.), Sommerlinde (*Tilia platyphyllos* Scop.) und ggf. Flaumeiche (*Quercus pubescens* Willd.) als standortgeeignet in die Liste der Baumarten aufgenommen werden. Eine Beurteilung dieser Baumarten bezüglich ihrer funktionalen Ähnlichkeit zur Esche und ihrer Eignung als Lebensraum für die eschenassoziierte Biodiversität liegt derzeit noch nicht vor. Die Analysen von Mitchell et al. (2014) zeigen, dass auch die Hasel (*Corylus avellana* L.) ein hohes Potenzial als Ersatzbaumart hat. Ein Belassen natürlicher Vorkommen dieser Art im Unterwuchs kann zur Lebensraumerhaltung der assoziierten Arten beitragen. Auf Flächen mit Ersatzpflanzungen sollte angeflogene vitale Eschennaturverjüngung per se gefördert und entwickelt werden. Eine Pflanzung in konzentrischen Pflanzkreisen mit nach außen größer werdenden Pflanzabständen (sogenannte Nelder-Rä-

der) bietet eine Möglichkeit, die gewünschten Alternativbaumarten einzubringen und gleichzeitig die Zwischenräume für sich einstellende Naturverjüngung von Esche und weiteren Baumarten vorzuhalten. Bei der Pflanzung in jüngeren Eschenpartien oder Eschenreinbeständen (Stangenholz bis geringes Baumholz) sollte der verbliebene Eschenbestand nicht vollständig geräumt werden, sondern als Schirm genutzt werden. Dadurch entsteht eine vorwaldartige Wirkung, welche gegenüber der Freifläche klimatische Extrema (Frost, Strahlung, Transpiration) und das Wachstum verdämmender Konkurrenzvegetation mindert, das Überleben konkurrenzschwacher Arten fördert und ein höheres Naturverjüngungspotenzial, unter anderem durch Vogelsaat, erwarten lässt (Tiebel et al. 2017). Letzteres ermöglicht ggf. sogar den vollständigen Verzicht auf Pflanzung. Ein weiterer Vorteil besteht im Erhalt einzelner weniger anfälliger Eschen, deren Schirm auf diese Weise dauerhaft erhalten bleibt (Abbildung 16).



Abbildung 16: Unter dem Schirm jüngerer, stark vom ETS geschädigter Eschenreinbestände bieten sich günstige Bedingungen für Ersatzpflanzungen anderer Baumarten. Gleichzeitig werden durch den Verzicht auf ihre Räumung einzelne weniger anfällige Eschen erhalten. Unmittelbare Risiken für die Arbeitssicherheit werden durch vorauslaufende Sicherungsmaßnahmen ausgeschlossen.

5 ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN BEACHTEN UND ERHALTEN

Die Berücksichtigung der Ökosystemfunktionen der Esche ist ein integraler Bestandteil jedes waldbaulichen Handelns und daher ein wichtiges Element der betrieblichen Überlegungen. Gerade weil sich derartige Leistungen nur selten monetär messen lassen, müssen sie explizit berücksichtigt werden. Nur ein gesunder Wald kann langfristig auch Erzeugnisse bereitstellen. Zuvörderst leisten die Ökosystemfunktionen aber einen unverzichtbaren Beitrag zur Biodiversität und damit zum Funktionieren des Naturhaushalts und müssen daher bei allem forstlichen Handeln Berücksichtigung finden.

Der Erhalt einer möglichst großen Variation an genetischen Informationen aus dem Eschengenom steht in diesem Zusammenhang an oberster Stelle. In den vorliegenden Empfehlungen wird der Erhalt von Genotypen an verschiedenen Stellen mit praktischen Managementansätzen verknüpft. Dies geschieht selbstverständlich vor dem Hintergrund der Zukunftsoffenheit für diese Baumart bei heutigem forstlichem Handeln. Es geschieht aber auch, um die Lebensgemeinschaften mit der Baumart Esche zu schützen und zu erhalten. Auch wenn der monetäre Wert dieser Lebensgemeinschaften schwerlich beziffert werden kann, ist der Erhalt der biologischen Vielfalt vor dem Hintergrund der aktuellen Klima- und Biodiversitätskrise mehr denn

je ein wichtiger Bestandteil waldbaulicher Überlegungen. Der Artenreichtum eines Ökosystems beeinflusst maßgeblich seine Funktionen (Fichtner et al. 2017; Fichtner et al. 2018; Barry et al. 2019). Dabei stehen sogenannte **Komplementaritätseffekte** zwischen Arten im Fokus der Wissenschaft (Barry et al. 2019). Diese Effekte führen in diverseren Waldökosystemen in der Regel zu einer höheren Stabilität im Vergleich zu Ein-Art-Systemen (Schnabel et al. 2019; Fichtner et al. 2020).

Auch vitalitätsgeminderte und/oder schlechtformige Eschen erfüllen die Ökosystemfunktionen, denn auch diese Individuen sorgen für den Erhalt der Komplementaritätseffekte zwischen den Baumarten und damit letztlich für mehr Stabilität in Waldökosystemen. Insbesondere ihre Funktion als prägende Baumart für die Gestaltung des Lebensraums für assoziierte Arten sollte dabei Beachtung finden, um einer Aussterbekaskade entgegenzuwirken (Hultberg et al. 2020). Ungeachtet dessen ist davon auszugehen, dass sich die Artenzusammensetzung ehemals eschenreicher Wälder ändern wird (Brunet et al. 2023). Um diesen Prozess nicht weiter zu beschleunigen, sollten besonders artenreiche und eschengeprägte Standorte möglichst schonend (bis hin zum Prozessschutz) behandelt werden. Die Analyse der spezifischen ökosystemaren Zusammenhänge

steht erst am Anfang. Es dient deshalb der Risikominderung, bei der Entnahme von Eschen ausgesprochen zurückhaltend zu sein.

Zur einfachen Identifikation solcher Standorte im Gelände kann dabei die Zusammensetzung der Krautschicht als Weiser herangezogen werden. Das Vorkommen bestimmter krautiger Arten war beispielsweise vor Auftreten des Eschentriebsterbens im Norddeutschen Tiefland signifikant positiv mit dem Vorkommen der Esche verbunden (FraDiv unveröff.; Tabelle 2). Insbesondere Standorte mit einem hohen Anteil jener Arten, die dabei eine hohe Waldbindung aufweisen,

sind naturschutzfachlich besonders wertvoll (Schmidt et al. 2011) (Tabelle 2). Neben den krautigen Arten können auch Moose, Pilze, Flechten und Insekten als Erkennungsmerkmale besonders wertvoller Standorte genannt werden. Diese Zusammenstellungen sind jedoch noch nicht abschließend erfolgt und setzen darüber hinaus in der Regel ein vertieftes Expertenwissen voraus.

Neben diesen vegetationskundlichen Ansätzen gibt es zahlreiche faunistische Beobachtungen, die die ökosystemare Einbindung von Eschen belegen (siehe beispielsweise Abbildung 17).

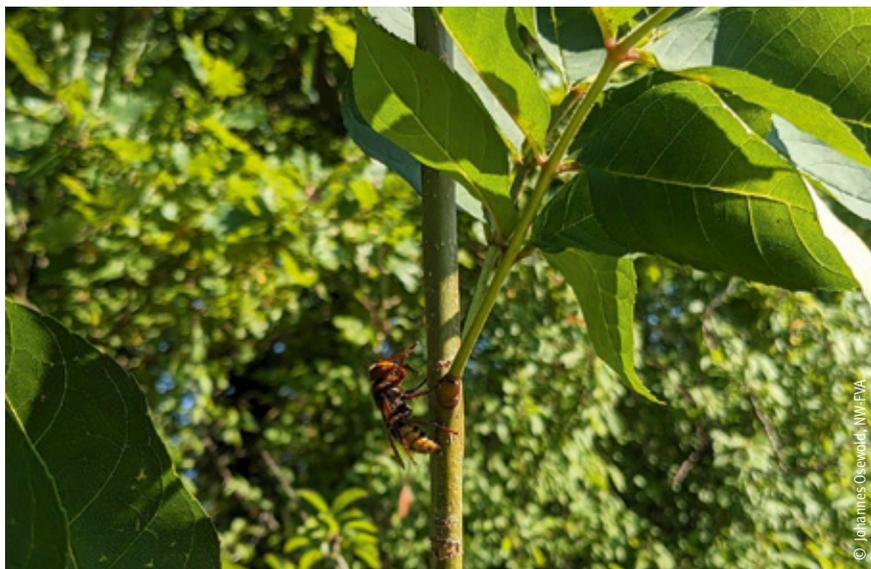


Abbildung 17: Hornissen sind dafür bekannt, Rinde von jungen Eschentrieben abzuschälen, vermutlich um sich von den austretenden Phloemsäften zu ernähren (Santamour & Albert 1986). Eine Bewertung der multitrophischen Interaktionen rund um die Esche und ihre Bedeutung für das Ökosystem steht noch aus.

Tabelle 2: Liste krautiger Arten (ohne Gräser) mit einer hohen Assoziation an das Vorkommen der Esche. Die vorliegende Zusammenstellung ist nicht abschließend. Laufende und zukünftige Bio-diversitätsmonitorings analysieren fortlaufend die spezifischen ökosystemaren Zusammenhänge.

Artname (Trivialname)	Vorkommensschwerpunkt (Schmidt et al. 2011)
<i>Ajuga reptans</i> (Kriechender Günsel)	im Wald wie im Offenland
<i>Cardamine flexuosa</i> (Wald-Schaumkraut)	vorwiegend an Waldrändern und auf Waldlichtungen
<i>Cardamine pratensis</i> (Wiesen-Schaumkraut)	im Wald wie im Offenland
<i>Chrysosplenium alternifolium</i> (Wechselblättriges Milzkraut)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i> (Gegenblättriges Milzkraut)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Circaea lutetiana</i> (Großes Hexenkraut)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Cirsium palustre</i> (Sumpf-Kratzdistel)	im Wald wie im Offenland
<i>Crepis paludosa</i> (Sumpf-Pippau)	im Wald wie im Offenland
<i>Filipendula ulmaria</i> (Echtes Mädesüß)	im Wald wie im Offenland
<i>Galium palustre</i> (Sumpf-Labkraut)	im Wald wie im Offenland
<i>Geum rivale</i> (Bach-Nelkenwurz)	im Wald wie im Offenland
<i>Geum urbanum</i> (Echte Nelkenwurz)	im Wald wie im Offenland
<i>Listera ovata</i> (Großes Zweiblatt)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Maianthemum bifolium</i> (Zweiblättrige Schattenblume)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Paris quadrifolia</i> (Vierblättrige Einbeere)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Platanthera chlorantha</i> (Grünliche Waldhyazinthe)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Polygonatum multiflorum</i> (Vielblütige Weißwurz)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Ranunculus auricomus</i> agg. (Gold-Hahnenfuß)	im Wald wie im Offenland
<i>Sanicula europaea</i> (Wald-Sanikel)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Stachys sylvatica</i> (Wald-Ziest)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Veronica montana</i> (Berg-Ehrenpreis)	vorwiegend im geschlossenen Wald
<i>Viola reichenbachiana</i> (Wald-Veilchen)	vorwiegend im geschlossenen Wald

6 ARBEITS- UND VERKEHRSSICHERHEIT GEWÄHRLEISTEN

Aktuelle Landesregelungen stellen Verantwortlichkeiten und mögliche Maßnahmen umfassend dar. Zusätzlich haben viele Kommunen sowie größere Betriebe eigene Sicherheitskonzepte, die fortlaufend aktualisiert werden. Aus diesen Gründen verzichten wir an dieser Stelle auf die ausführliche Darstellung des Themenkomplexes Arbeitssicherheit und Verkehrssicherung und verweisen auf die örtlich gültigen Regelungen.

Offenkundig ist, dass das ETS starke Auswirkungen auf Bereiche mit Eschen hat und mit einem erhöhten Risiko durch um-

stürzende Eschen oder Kronenbrüche zu rechnen ist (Abbildung 18). Es wäre aber unangemessen, mit dem Hinweis auf Arbeitssicherheit und Verkehrssicherung zu viele Eschen „vorseilend“ zu entnehmen.

Forstbetriebe sind gut beraten, vor anstehenden Pflege- und Erntemaßnahmen in Eschenbeständen mögliche Risiken besonders sorgfältig zu prüfen. Falls inakzeptable bzw. unkalkulierbare Risiken für die Mitarbeitenden oder Dienstleistungsunternehmen zu erwarten sind, sollte auf derartige Maßnahmen verzichtet werden.



Abbildung 18: Stammfußnekrosen gerade in Kombination mit Sturm gefährden die Standortsicherheit von Alteschen.

7 FORSTPLANUNG ANPASSEN

Die Veränderungen in Eschenmischwäldern durch das Eschentriebsterben wirken sich nicht nur auf die waldbaulichen Strategien aus. Auch in der Forstplanung sind angepasste Strategien in Beständen mit Eschenbeteiligung geboten. Hierzu wurde in Frax-ForFuture nicht explizit geforscht, deshalb soll die Tragweite der Erkrankung für die Planung in der Forstwirtschaft lediglich in Stichpunkten angedeutet werden.

- Gängige Planungswerkzeuge (z. B. Ertragstafeln) verlieren angesichts der Auswirkungen des ETS an Gültigkeit. Ertragstafelwerte zum Zuwachs und Vorrat von Eschenbeständen werden bereits heute, mutmaßlich noch mehr in der Zukunft, systematisch überschätzt.
- Bisherige waldbauliche Konzepte müssen an die veränderten Konkurrenzverhältnisse (Zuwachsverluste) und eine erhöhte Mortalität angepasst werden. Die Durchmesserentwicklung von Einzelbäumen wird sich deutlich verlangsamen (siehe Kapitel 2.3). Damit verändert sich auch die Festlegung von Zieldurchmessern und Produktionszeiträumen.
- Die Erhaltung der Esche als stabiles Bestandesmitglied setzt eine erhöhte Frequenz von Maßnahmen und Kontrollen voraus. Insbesondere in den ersten beiden Wuchsklassen, in denen bisher auf Selbstdifferenzierung gesetzt wurde, sind Pflegemaßnahmen nun essenziell.

Damit ist offensichtlich, dass auch die ökonomischen Erwartungen an Eschenbestände angepasst werden müssen.

8 HÄUFIG GESTELLTE FRAGEN

Nicht alle Aspekte des Eschentriebsterbens können in dieser Broschüre hinreichend diskutiert werden. Im Folgenden gibt es kurze Antworten zu einigen Themen.

Gibt es Möglichkeiten des chemischen oder biologischen Pflanzenschutzes gegen das ETS?

Ansätze zum chemischen Pflanzenschutz werden nicht verfolgt. Allerdings gibt es einige Ansätze zum biologischen Pflanzenschutz denen es jedoch noch an Anwendungsreife fehlt. Zudem sind Zulassungsprozesse langwierig und deren Ausgang unsicher.

Wie erfolgversprechend sind Ansätze zur Resistenzzüchtung?

Es wurden sowohl Samenplantagen als auch Klonsammlungen vitaler Eschen angelegt. Deren tatsächliche Anfälligkeit gegenüber dem Pilz muss aber längerfristig beobachtet werden (Nachkommenschaftsprüfungen). Diese Bäume werden vermutlich erst in 20 bis 30 Jahren Saatgut liefern.

Lassen sich weniger anfällige Eschen anhand genetischer Marker rasch und zuverlässig identifizieren?

Die Suche nach entsprechenden genetischen Markern läuft intensiv, bisher wurden noch keine zuverlässigen Marker identifiziert. Forschende formulieren die Aussichten vorsichtig.

Lassen sich weniger anfällige Eschen durch physiologische Marker rasch identifizieren?

Noch sind keine Marker identifiziert, die beispielsweise durch die Präsenz bestimmter Sekundärstoffe auf eine erhöhte Vitalität schließen lassen. Stattdessen bleibt die optische Ansprache und damit die Bonitur des Gesundheitszustands die geeignetste Methode zur Identifikation des ETS (siehe auch Kapitel 2.2.2).

Sollen Eschen im Winter oder Sommer ausgezeichnet werden?

Im Winter lassen sich die langfristige Reaktion auf das ETS durch Wasserreiser und ein verändertes Verzweigungsmuster erkennen, während im Sommer eine vorübergehend volle Krone Kronenschäden maskiert. Allerdings kann bei sehr kranken Eschen erst im Sommer ein endgültiges Absterben festgestellt werden. Zusätzlich sind samentragende Bäume im Sommer leichter erkennbar. Stammfußnekrosen sind bei fehlender Bodenvegetation im Winter (ohne Schnee) besser zu identifizieren.

Können anstatt der Gemeinen Esche andere Eschenarten gepflanzt werden?

Dies wird vor allem vor dem Hintergrund eines erhöhten Ein- und Verschleppungsrisikos weiterer Schaderreger nicht empfohlen. Als Ersatzbaumarten sollten heimische Baumarten verwendet werden, die den Ausfall der Esche sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht abmildern können (siehe auch Kapitel 4.7).

GLOSSAR

Biozönose

Eine Gemeinschaft von Organismen verschiedener Arten in einem abgrenzbaren Lebensraum (Biotop). Biozönose und Biotop bilden zusammen das Ökosystem.

Bodenverwilderung

Auflaufen konkurrenzstarker, oft stickstoffliebender und/oder lichtliebender Bodenvegetation mit hohen Deckungsgraden durch Anflug oder Samenbanken im Boden, die den Standort besiedeln und deshalb eine Naturverjüngung behindern. Oft beobachtet auf gut nährstoffversorgten und frischen Standorten bei höherem Strahlungsgenuss, z. B. infolge Kahlschlags („Schlagflora“), starker Durchforstung oder abgängigem Oberstand.

Dendroökologie

Rekonstruktion des Dickenwachstums von Bäumen anhand deren Jahrringbreiten. Zeigt den Zusammenhang zwischen Wachstum und Umwelteinflüssen.

Differenzierung

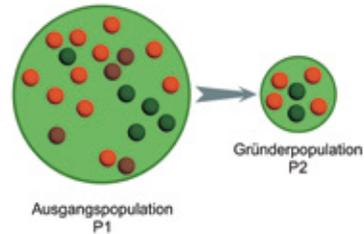
Auch Selbstdifferenzierung oder Ausdifferenzierung genannt. Das Nebeneinander vorherrschender, herrschender und bedrängter Individuen. Eine willkommene Eigenschaft von Jungbeständen zur Herstellung der Vertikalstruktur. Wird durch die Baumarten, die Mischung und variierende Strahlungs- und Standortverhältnisse begünstigt.

Femelhiebe (siehe auch → Lochhiebe)

Hiebsart im schlagweisen Hochwald. Ein geeignetes waldbauliches Verfahren zur Ernte und Verjüngung in hiebsreifen Beständen, das ungleichaltrige, vertikal strukturierte und oft gemischte Bestände möglich macht. Durch gruppenweises Auflockern von anfangs nur wenigen Partien des Altbestands (sogenannte „Gruppenschirmstellungen“) werden in der Initialphase Schatt- und Halbschattbaumarten in der Naturverjüngung begünstigt. Durch mehr oder weniger rasches Vergrößern dieser Initiale (sogenannte „Rändelung“) und bei Berücksichtigung der Himmelsrichtung (Ressource Strahlung) werden weitere, auch lichtbedürftigere Baumarten verjüngt. Dies führt bei jahrzehntelangen Verjüngungszeiträumen zu einer vergleichsweise großen Heterogenität der Naturverjüngung.

Gründereffekt

Beim Gründereffekt wird eine neue Population nur durch einige wenige Individuen gegründet. Innerhalb dieser neuen „Gründerpopulation“ (P2) unterscheidet sich die Allelfrequenz (Allelhäufigkeit) im Vergleich zur nun isolierten „Ausgangspopulation“ (P1). Zwischen P1 und P2 besteht kein Genfluss mehr. Der Gründereffekt hat deutlich geringere geno- und phänotypische Variabilität der Nachkommen zur Folge, da die Gründerindividuen den Genpool der Ausgangsart in der Regel nur unvollständig repräsentieren. Probleme wie Inzucht und geringe Krankheitsresistenz können die Folge sein.



© Ferris Mäling

Hiebsschadensbeseitigung

Beseitigung von Schäden an der Verjüngung in Folge eines Holzeinschlages in der Regel durch auf den Stock setzen (Herunterschneiden); auch als Schlagpflege bezeichnet.

Komplementaritätseffekt

Sich zeitlich und räumlich ergänzende Unterschiede von Arten bei der Nutzung von Ressourcen, Verdünnungseffekte bei artspezifischen Fressfeinden und Pathogenen oder gegenseitige Unterstützung.

Konkurrenz

Wettbewerb zwischen (hier) Bäumen um eine Ressource, die nicht unbegrenzt zur Verfügung steht (oft photosynthetisch aktive Strahlung). Die innerartliche Konkurrenz bezeichnet den Wettbewerb zwischen den Individuen einer Art um Ressourcen. Die zwischenartliche Konkurrenz bezeichnet den Wettbewerb zwischen Individuen verschiedener Arten um Ressourcen. Bei Letzterem kann es im Verlauf des Bestandeslebens zur Entmischung zuungunsten der konkurrenzschwächeren Art kommen, der man forstlich durch rechtzeitige → Mischungsregulierung begegnen kann.

Kraft'sche Klassen

Einteilung (soziologische Stellung) der Bäume in Baumklassen innerhalb eines Bestandes nach G. Kraft. Dazu zählen vorherrschende, herrschende, gering mitherrschende, beherrschte und ganz unterständige Bäume (Kraft'sche Klassen 1 bis 5). Die Einteilung erfolgt nach Vitalität (relative Höhe, relative Kronengröße) und beinhaltet explizit keine Qualitätsansprache.

Krankheitsdreieck

Die für eine Epidemie notwendigen Elemente werden oft als „Krankheitsdreieck“ bezeichnet: ein anfälliger Wirt, ein Krankheitserreger und eine förderliche Umgebung. Damit eine Krankheit auftreten kann, müssen alle drei Faktoren vorhanden sein.



Kronenschluss

Ein Maß für die Bestandesdichte beziehungsweise für die Flächenbesetzung durch die Bäume in einem Bestand. Man unterscheidet folgende Grade:

- „gedrängt“ (Kronen greifen tief ineinander)
- „geschlossen“ (Kronen berühren sich mit den Zweigspitzen, der Kronenschluss ist erreicht)
- „locker“ (Kronenabstand ist kleiner als eine Kronenbreite)
- „licht“ (Kronenabstand entspricht einer Kronenbreite)
- „räumdig“ (Kronenabstand überschreitet eine Kronenbreite)

Von einem „lückigen“ Kronenschluss spricht man, wenn ein Bestand einen weitgehend homogenen Kronenschluss zeigt, an einigen Stellen aber Unterbrechungen von mindestens einer Kronenbreite aufweist.

Lochhiebe (siehe auch → Femelhiebe)

Hiebsart im schlagweisen Hochwald. Ein geeignetes waldbauliches Verfahren zur Ernte und Verjüngung in hiebsreifen Beständen, das ungleichaltrige, vertikal strukturierte und oft gemischte Bestände möglich macht. Im Unterschied zum Femelschlag werden explizit keine Gruppenschirmstellungen angelegt. Vielmehr werden Löcher in Gruppengröße in den hiebsreifen Altbestand geschlagen, die keine Schirmwirkung bieten. Deshalb sind bereits mit Beginn der Hiebsmaßnahme die Bedingungen für eine erfolgreiche Etablierung von Halbschatt- und Lichtbaumarten günstig. Wie auch beim Femelschlag werden die Altbestandsränder an Lochhieben gerändert. Dabei fließen die Verjüngungskegel im Verlaufe der Zeit ineinander, wobei ungleichaltrige Mischbestände mit hoher Vertikalstruktur entstehen können.

Mischungsform (Trupp/Gruppe)

Merkmal der Horizontalstruktur in Waldbeständen, das die räumliche Verteilung der eingemischten Baumart beschreibt. Man unterscheidet

- einzelbaumweise Mischung („Intensiv-Mischung“)
- truppweise Mischung (Radius $< \frac{1}{2}$ Baumhöhe des Altbestands, bis ca. 15 m)
- gruppenweise Mischungen (Radius $\frac{1}{2}$ bis eine Baumhöhe des Altbestands, ca. 15–30 m)
- horstweise Mischung (Radius $>$ eine Baumhöhe des Altbestands, größer 30 m)
- flächenweise Trennung von Baumarten mit zunehmenden Reinbestandsmerkmalen.

Die Mischungsform bestimmt maßgeblich den nötigen Pflegeaufwand, um einer konkurrenzbedingten Entmischung entgegenzuwirken („Randlinienlänge“).

Mischungsregulierung

Planmäßige Beeinflussung der Mischungsart (Zusammensetzung eines Bestandes mit Baumarten), des → Mischungsgrades und der → Mischungsform, meist um konkurrenzschwächere Baumarten gegenüber konkurrenzstärkeren Baumarten zu begünstigen.

Mischungsgrad

Prozentualer Anteil der Baumarten in einer Mischung (in der Regel gemessen an der Grundfläche).

Nekrosen

Allgemeine Bezeichnung für das Absterben von Gewebe durch Stoffwechselstörungen, schlechte Versorgung oder die Einwirkung von Giften, Strahlen, Wärme und Kälte.

Hier: lokal begrenztes oder sich diffus ausbreitendes Absterben des Rindengewebes und des Kambiums an Trieben und Zweigen im Frühstadium des ETS (v. a. im Frühjahr und Frühsommer). Diese Nekrosen weiten sich aus und führen zum Absterben von Trieben und Zweigen.

Pathogene

Alle Einflüsse, die eine Erkrankung ursächlich bedingen können. Im engeren Sinne sind hier mit Pathogenen krankheitsbedingende Mikroorganismen und damit Krankheitserreger gemeint. In der Phytomedizin bedeutet das Adjektiv „pathogen“ grundsätzlich krankheitserregend.

Phänotypenauslese

Planmäßige Selektion von Bäumen eines Bestandes nach dem äußeren Erscheinungsbild (Phänotyp).

Plusbaum

Nach morphologischen Gesichtspunkten ausgewählter Baum aus einem regional bewährten Forstbestand mit mehreren für den forstlichen Anbau günstigen Eigenschaften wie schnelles Wachstum, gerade Schaftform oder (hier) Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Erreger des Eschentriebsterbens. Bei der Plusbaumanalyse wird vom Phänotyp auf den Genotyp geschlossen, wobei der tatsächliche Zuchtwert jedoch durch eine gesonderte Prüfung festgestellt werden muss.

Resistenz

Die Begriffe „Resistenz“ (Abwehrkräfte der Bäume verhindern oder verringern die Infektion) und „Toleranz“ (Überleben und Fortpflanzung trotz Infektion) sind wissenschaftlich mit strengen Definitionen belegt, die vermutlich auf das Krankheitsgeschehen des Eschentriebsterbens nicht anwendbar sind. Wir sprechen von „Anfälligkeit“ und beziehen uns damit auf die Intensität äußerlich sichtbarer Symptome der Krankheit.

Sanitärhieb

Als Sanitärhieb oder Sanitärholzeinschlag bezeichnet man das Fällen von absterbenden oder toten Bäumen beziehungsweise Baumgruppen außerhalb der planmäßigen Nutzung. So sollen benachbarte Bäume vor der jeweiligen Erkrankung (insbesondere Schädlingsbefall durch Insekten) geschützt werden. Wegen der allgegenwärtigen Sporenquellen sind Sanitärhiebe („Saubere Waldwirtschaft“) bei pilzlichen Erregern wirkungslos.

Stammfußnekrosen

→ siehe Nekrosen

Toleranz

→ siehe Resistenz

Triözie

Selten vorkommende Form der Getrenntgeschlechtlichkeit bei Samenpflanzen, bei der zwittrige, rein männliche und rein weibliche Individuen derselben Art existieren (Beispiel: Gemeine Esche). Die Esche wird daher als „triözisch“ oder „drehäusig“ bezeichnet.

Vorwüchsig

Die besonders wüchsigen, konkurrenzstarken Individuen mit Wuchsvorsprung in einem Bestand.

Wölfe

Vorwüchsige, höchst vitale Individuen in einem Jungbestand, die den Qualitätserwartungen in keiner Weise genügen (grobastig, starkastig, steilastig, rhythmisch verzweigt usw.) und benachbarte gute Individuen bedrängen. Der Terminus wird meist bei Laubbäumen verwendet, während sich das Synonym Protzen in der Regel auf Nadelbäume bezieht. Die Pflegeeingriffe zugunsten von Protzen und Wölfen werden „Negativauslese“ (Läuterung) genannt.

Wuchsklasse

Kategorisierung von Bestandesphasen im Waldbau und der Forstplanung. Die Einteilung der Wuchsklassen erfolgt länderspezifisch unterschiedlich. Hier verwendet: Jungwuchs, Jungbestand, Gertenholz, Stangenholz, schwaches Baumholz, mittleres Baumholz, starkes Baumholz.

LITERATURVERZEICHNIS

Agan, A.; Tedersoo, L.; Hanso, M.; Drenkhan, R. (2023): Traces of *Hymenoscyphus fraxineus* in Northeastern Europe extend further back in history than expected. *Plant Disease* 107: 344–349

Asche, N. (1995): Die Esche – Ökologische und waldbauliche Aspekte. *Allgemeine Forst Zeitschrift* 50: 1087–1089

Baranchikov, Y.; Mozolevskaya, E.; Yurchenko, G.; Kenis, M. (2008): Occurrence of the Emerald Ash Borer, *Agrilus planipennis* in Russia and its potential impact on European forestry. *EPPA Bulletin* 38: 233–238

Barry, K. E.; Mommer, L.; Ruijven, J. V.; Wirth, C.; Wright, A. J.; Bai, Y.; Connolly, J.; Deyn, G. B. D.; Kroon, H. D.; Isbell, F.; Milcu, A.; Roscher, C.; Scherer-Lorenzen, M.; Schmid, B.; Weigelt, A. (2019): The future of complementarity: disentangling causes from consequences. *Trends in Ecology & Evolution* 34: 167–180

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.) (2019): Klima – Boden – Baumartenwahl. Praxishilfe 1. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.) (2020): Klima – Boden – Baumartenwahl. Praxishilfe 2. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Belton, S.; Fox, E.; Kelleher, C. T. (2022): Characterising the molecular diversity of ash (*Fraxinus excelsior* L.) at its western marginal range in Europe — phylogeographic insights and implications for conservation in Ireland. *Tree Genetics & Genomes* 18: 36

Berger, R.; Heydeck, P.; Baumgart, A.; Roloff, A. (2010): Neue Ergebnisse zum Eschen-triebsterben. *AFZ-DerWald* 4: 18–21

Böckmann, T.; Hansen, J.; Hauskeller-Bullerjahn, K.; Jensen, T.; Nagel, J.; Nagel, R.-V.; Overbeck, M.; Pampe, A.; Petereit-Bitter, A.; Schmidt, M.; Schröder, M.; Schulz, C.; Spellmann, H.; Stüber, V.; Suttmöller, J.; Wollborn, P. (2019): Klimaangepasste Baumartenwahl in den Niedersächsischen Landesforsten. *Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen* 61. Wolfenbüttel: Niedersächsisches Forstplanungsamt

Bödeker, K.; Knoke, T. (2020): Auswirkungen einer eingeschränkten Baumartenvielfalt. *AFZ-DerWald* 23: 39–41

Broome, A.; Ray, D.; Mitchell, R.; Harmer, R. (2019): Responding to ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) in the UK: woodland composition and replacement tree species. *Forestry* 92: 108–119

Brunet, J.; Felton, A.; Hedwall, P.-O. (2023): Vegetation responses to pathogen-induced tree loss: Swedish elm and ash forests revisited after 32 years. *Plant Ecology* 224: 875–884

Bundesamt für Naturschutz (BfN); Bund-Länder-Arbeitskreis (BLAK); FFH-Monitoring und Berichtspflicht (2017): Bewertungsschemata für die Bewertung des Erhaltungsgrades von Arten und Lebensraumtypen als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring. 2. Auflage. BfN-Skripten 480. Bonn: Bundesamt für Naturschutz

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hrsg.) (2023): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2022. Bonn: Referat 515 – Nachhaltige Waldbewirtschaftung, Holzmarkt

Chumanová, E.; Romportl, D.; Havrdová, L.; Zahradník, D.; Pešková, V.; Černý, K. (2019): Predicting ash dieback severity and environmental suitability for the disease in forest stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 34: 254–266

Davydenko, K.; Skrylnyk, Y.; Borysenko, O.; Menkis, A.; Vysotska, V.; Meshkova, V.; Olson, Å.; Elfstrand, M.; Vasaitis, R. (2022): Invasion of Emerald Ash Borer *Agilus planipennis* and ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* in Ukraine – a concerted action. *Forests* 13: 789

de Avila, A. L.; Häring, B.; Rheinbay, B.; Brüchert, F.; Hirsch, M.; Albrecht, A. (2021): Alternative Baumarten im Klimawandel – Eine Stoffsammlung – Artensteckbriefe 2.0. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Dobrowolska, D.; Hein, S.; Oosterbaan, A.; Wagner, S.; Clark, J.; Skovsgaard, J. P. (2011): A review of European ash (*Fraxinus excelsior* L.): implications for silviculture. *Forestry* 84: 133–148

Eisen, A.-K.; Semizer-Cuming, D.; Jochner-Oette, S.; Fussi, B. (2023): Pollination success of *Fraxinus excelsior* L. in the context of ash dieback. *Annals of Forest Science* 80: 22

Ellison, A. M.; Bank, M. S.; Clinton, B. D.; Colburn, E. A.; Elliott, K.; Ford, C. R.; Foster, D. R.; Klooppel, B. D.; Knoepp, J. D.; Lovett, G. M.; Mohan, J.; Orwig, D. A.; Rodenhouse, N. L.; Sobczak, W. V.; Stinson, K. A.; Stone, J. K.; Swan, C. M.; Thompson, J.; von Holle, B.; Webster, J. R. (2005): Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3: 463–516

Enderle, R.; Fussi, B.; Lenz, H. D.; Langer, G. J.; Nagel, R.-V.; Metzler, B. (2017): Ash dieback in Germany: research on disease development, resistance and management options. In: Vasaitis R, Enderle R (Eds.): Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.) – Consequences and guidelines for sustainable management. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. pp. 89–105

Enderle, R.; Bußkamp, J.; Metzler, B. (2017): Growth performance of dense natural regeneration of *Fraxinus excelsior* under attack of the ash dieback agent *Hymenoscyphus fraxineus*. *Baltic Forestry* 23: 218–228

Enderle, R.; Stenlid, J.; Vasaitis, R. (2019): An overview of ash (*Fraxinus* spp.) and the ash dieback disease in Europe. *CAB Reviews* 14: 025

Enderle, R. (2023): Eine kleine Chronologie der Eschentriebsterbenforschung – was können wir lernen? In: Steinhart F, Burzlaff T (Hrsg.): FraxForFuture – Erhalt der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*) als Wirtschaftsbaumart. Tagungsband im Rahmen der 63. Deutschen Pflanzenschutztagung. Göttingen, 27. September 2023. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 106. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. pp. 3–10

EPPO (2023): Newsletter of the EPPO Network of experts working on surveillance, monitoring, and control of the Emerald Ash Borer, *Agrilus planipennis*. available online at: https://www.eppo.int/media/uploaded_images/RESOURCES/special_projects/eab_newsletters/EAB_Newsletter-002-2023_09.pdf, last accessed: 06. November 2023

Erfmeier, A.; Haldan, K. L.; Beckmann, L.-M.; Behrens, M.; Rotert, J.; Schrautzer, J. (2019): Ash dieback and its impact in near-natural forest remnants – a plant community-based inventory. *Frontiers in Plant Science* 10: 658

Fichtner, A.; Härdtle, W.; Li, Y.; Bruelheide, H.; Kunz, M.; von Oheimb, G. (2017): From competition to facilitation: how tree species respond to neighbourhood diversity. *Ecology Letters* 20: 892–900

Fichtner, A.; Härdtle, W.; Bruelheide, H.; Kunz, M.; Li, Y.; von Oheimb, G. (2018): Neighbourhood interactions drive overyielding in mixed-species tree communities. *Nature Communications* 9: 1144

Fichtner, A.; Schnabel, F.; Bruelheide, H.; Kunz, M.; Mausolf, K.; Schuldt, A.; Härdtle, W.; von Oheimb, G. (2020): Neighbourhood diversity mitigates drought impacts on tree growth. *Journal of Ecology* 108: 865–875

Fischer, M.; Schmid, B. (1998): Die Bedeutung der genetischen Vielfalt für das Überleben von Populationen. *Laufener Seminarbeiträge* 2: 23–30

ForstBW (Hrsg.) (2018): Herausforderung Eschentriebsterben: Waldbauliche Behandlung geschädigter Eschenbestände. Stuttgart: Landesbetrieb ForstBW

Fussi, B.; Konnert, M. (2014): Genetic analysis of European common ash (*Fraxinus excelsior* L.) populations affected by ash dieback. *Silvae Genetica* 63: 198–212

- Gladieux, P.; Feurtey, A.; Hood, M. E.; Snirc, A.; Clavel, J.; Dutech, C.; Roy, M.; Giraud, T. (2015): The population biology of fungal invasions. *Molecular Ecology* 24: 1969–1986
- Goberville, E.; Hautekèete, N.-C.; Kirby, R. R.; Piquot, Y.; Luczak, C.; Beaugrand, G. (2016): Climate change and the ash dieback crisis. *Scientific Reports* 6: 35303
- Gossner, M. M.; Perret-Gentil, A.; Britt, E.; Queloz, V.; Glauser, G.; Ladd, T.; Roe, A. D.; Cleary, M.; Liziniewicz, M.; Nielsen, L. R.; Ghosh, S. K.; Bonello, P.; Eisenring, M. (2023): A glimmer of hope—ash genotypes with increased resistance to ash dieback pathogen show cross-resistance to Emerald Ash Borer. *New Phytologist* 240: 1219–1232
- Grosdidier, M.; loos, R.; Marçais, B. (2018): Do higher summer temperatures restrict the dissemination of *Hymenoscyphus fraxineus* in France? *Forest Pathology* 48: e12426
- Gross, A.; Holdenrieder, O.; Pautasso, M.; Queloz, V.; Sieber, T. N. (2014): *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology* 15: 5–21
- Grosser, D. (2002): Das Holz der Esche – Eigenschaften und Verwendung. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.): Beiträge zur Esche. LWF-Wissen 34. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). pp. 56–61
- Gulder, H.-J. (2002): Standortansprüche und Wurzelwerk der Esche. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.): Beiträge zur Esche. LWF-Wissen 34. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). pp. 50–52
- Haack, R. A.; Jendak, E.; Houping, L.; Marchant, K. R.; Petrice, T. R.; Poland, T. M.; Ye, H. (2002): The Emerald Ash Borer: a new exotic pest in North America. *Newsletter of the Michigan Entomological Society* 47: 1–5
- Härdtle, W.; von Oheimb, G.; Westphal, C. (2003): The effects of light and soil conditions on the species richness of the ground vegetation of deciduous forests in northern Germany (Schleswig-Holstein). *Forest Ecology and Management* 182: 327–338
- Haupt, K. S.; Mausolf, K.; Richter, J.; Schrautzer, J.; Erfmeier, A. (2022): The FraDiv experiment: Biodiversity-ecosystem functioning research meets reforestation practice. *Ecological Indicators* 144: 109497
- Hauptman, T.; Piškur, B.; Groot, M. d.; Ogris, N.; Ferlan, M.; Jurc, D. (2013): Temperature effect on *Chalara fraxinea*: heat treatment of saplings as a possible disease control method. *Forest Pathology* 43: 360–370
- Heinzelmann, R.; Spiegel, P.; Prospero, S.; Queloz, V.; Hintze, T. (2023): Hallimaschpilz setzt den Eschen ebenfalls stark zu. *Wald und Holz* 104: 22–25

Hultberg, T.; Sandström, J.; Felton, A.; Öhman, K.; Rönnberg, J.; Witzell, J.; Cleary, M. (2020): Ash dieback risks an extinction cascade. *Biological Conservation* 244: 1085–16

Husson, C.; Caël, O.; Grandjean, J. P.; Nageleisen, L. M.; Marçais, B. (2012): Occurrence of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* on infected ash logs. *Plant Pathology* 61: 889–895

Jacob, M.; Weland, N.; Platner, C.; Schaefer, M.; Leuschner, C.; Thomas, F. M. (2009): Nutrient release from decomposing leaf litter of temperate deciduous forest trees along a gradient of increasing tree species diversity. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 2122–2130

Kerr, G.; Cahalan, C. (2004): A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Ecology and Management* 188: 225–234

Kölling, C.; Taeger, S.; Mellert, K.-H.; Falk, W. (2015): Der Feldahorn als Anbaualternative im Waldumbau: Klima- und Bodenansprüche LWF-Wissen 77: 22–29

Kosawang, C.; McKinney, L. V.; Nielsen, L. R.; Kjær, E. D. (2020): Variation in aggressiveness of *Hymenoscyphus fraxineus* genotypes amid the ash dieback epidemic. *Plant Pathology* 69: 677–684

Kowalski, T.; Bartnik, C. (2010): Morphological variation in colonies of *Chalara fraxinea* isolated from ash (*Fraxinus excelsior* L.) stems with symptoms of dieback and effects of temperature on colony growth and structure. *Acta Agrobotanica* 63: 99–106

Landolt, J.; Gross, A.; Holdenrieder, O.; Pautasso, M. (2016): Ash dieback due to *Hymenoscyphus fraxineus*: what can be learnt from evolutionary ecology? *Plant Pathology* 65: 1056–1070

Langer, G. J.; Harriehausen, U.; Bressemer, U. (2015): Stammfußnekrosen bei Esche. *AFZ-DerWald* 20: 29–31

Langer, G. J.; Fuchs, S.; Osewold, J.; Peters, S.; Schrewe, F.; Ridley, M.; Kätzel, R.; Bubner, B.; Grüner, J. (2022): FraxForFuture—research on European ash dieback in Germany. *Journal of Plant Diseases and Protection* 129: 1285–1295

Lenz, H.; Straßer, L. (2019): Eschentriebsterben. LWF-Merkblatt 28: 1–6

Lobo, A.; Hansen, J. K.; McKinney, L. V.; Nielsen, L. R.; Kjær, E. D. (2014): Genetic variation in dieback resistance: growth and survival of *Fraxinus excelsior* under the influence of *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29: 519–526

McKinney, L. V.; Nielsen, L. R.; Collinge, D. B.; Thomsen, I. M.; Hansen, J. K.; Kjær, E. D. (2014): The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant Pathology* 63: 485–499

McMullan, M.; Rafiqi, M.; Kaithakottil, G.; Clavijo, B. J.; Bilham, L.; Orton, E.; Percival-Alwyn, L.; Ward, B. J.; Edwards, A.; Saunders, D. G. O.; Accinelli, G. G.; Wright, J.; Verweij, W.; Koutsovoulos, G.; Yoshida, K.; Hosoya, T.; Williamson, L.; Jennings, P.; Iosifidis, R.; Husson, C.; Hietala, A. M.; Vivian-Smith, A.; Solheim, H.; McClean, D.; Fosker, C.; Hall, N.; Brown, J. K. M.; Swarbreck, D.; Blaxter, M.; Downie, J. A.; Clark, M. D. (2018): The ash dieback invasion of Europe was founded by two genetically divergent individuals. *Nature Ecology & Evolution* 2: 1000–1008

Mettendorf, B.; Vetter, D. (2016): Herausforderung Eschentriebsterben – eine Entscheidungshilfe für Forstpraktiker im Ortenaukreis. In: Krumm F; Vítková L (Hrsg.): Eingeführte Baumarten in europäischen Wäldern: Chancen und Herausforderungen. Bonn: European Forest Institute. pp. 134–143

Meyn, R.; Langer, G. J.; Gross, A.; Langer, E. J. (2019): Fungal colonization patterns in necrotic rootstocks and stem bases of dieback-affected *Fraxinus excelsior* L. *Forest Pathology* 49: e12520

Mitchell, R. J.; Beaton, J. K.; Bellamy, P. E.; Broome, A.; Chetcuti, J.; Eaton, S.; Ellis, C. J.; Gimona, A.; Harmer, R.; Hester, A. J.; Hewison, R. L.; Hodgetts, N.; Iason, G.; Kerr, G.; Littlewood, N.; Newey, S.; Potts, J.; Pozsgai, G.; Ray, D.; Sim, D.; Stockan, J.; Taylor, A.; Woodward, S. (2014): Ash dieback in the UK: A review of the ecological and conservation implications and potential management options. *Biological Conservation* 175: 95–109

Mitchell, R. J.; Hewison, R. L.; Hester, A. J.; Broome, A.; Kirby, K. J. (2016): Potential impacts of the loss of *Fraxinus excelsior* (Oleaceae) due to ash dieback on woodland vegetation in Great Britain. *New Journal of Botany* 6: 2–15

Müller-Kröhling, S.; Schmidt, O. (2019): Eschentriebsterben und Naturschutz: 7 Fragen, 7 Antworten. *Anliegen Natur* 4: 145–156

Musolin, D. L.; Selikhovkin, A. V.; Peregodova, E. Y.; Popovichev, B. G.; Mandelshtam, M. Y.; Baranchikov, Y.; Vasaitis, R. (2021): North-westward expansion of the invasive range of Emerald Ash Borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) towards the EU: from Moscow to Saint Petersburg. *Forests* 12: 502

Niemz, P.; Clauss, S.; Michel, F.; Hänsch, D.; Hänsel, A. (2014): Physical and mechanical properties of common ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Wood Research* 59: 671–682

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.) (2016): Eschentriebsterben. Praxis-Information 4. Göttingen: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)

Orlova-Bienkowskaja, M. J.; Drozdenko, A. N.; Zabaluev, I. A.; Sazhnev, A. S.; Peregodova, E. Y.; Mazurov, S. G.; Komarov, E. V.; Struchaev, V. V.; Martynov, V. V.; Nikulina, T. V.; Bieńkowski, A. O. (2020): Current range of *Agrilus planipennis* Fairmaire, an alien pest of ash trees, in European Russia and Ukraine. *Annals of Forest Science* 77: 29

Osewold, J.; Nagel, R.-V. (2023): Ausprägung des Eschentriebsterbens in der Naturverjüngung In: Steinhart F, Burzlaff T (Hrsg.): FraxForFuture – Erhalt der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*) als Wirtschaftsbaumart. Tagungsband im Rahmen der 63. Deutschen Pflanzenschutztagung. Göttingen, 27. September 2023. Berichte Freiburger Forstliche Forschung 106. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. pp. 83–87

Pautasso, M.; Aas, G.; Queloz, V.; Holdenrieder, O. (2013): European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback – A conservation biology challenge. *Biological Conservation* 158: 37–49

Peters, S.; Langer, G.; Kätzel, R. (2021): Eschentriebsterben – Kriterien zur Schadensbonitur an Eschen. Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Plorin, H. (2022): The fingerprint of ash dieback and climate extremes in radial growth dynamics of *Fraxinus excelsior*. Masterthesis. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Poland, T. M.; McCullough, D. G. (2006): Emerald Ash Borer: invasion of the urban forest and the threat to North America's ash resource. *Journal of Forestry* 104: 118–124

Rohmeder, E. (1952): Untersuchungen über die Verteilung der Geschlechter bei den Blüten von *Fraxinus excelsior*. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 71: 17–29

Santamour, F. S.; Albert, G. (1986): European hornet damage to ash and birch trees. *Arboriculture & Urban Forestry* 12: 273–279

Schmidt, M.; Kriebitzsch, W.-U.; Ewald, J. (2011): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands. BfN Schriften 299. Bonn: Bundesamt für Naturschutz

Schmidt, O. (2007): Vitale Baumart Esche. *LWF aktuell* 58: 20

Schnabel, F.; Schwarz, J. A.; Dănescu, A.; Fichtner, A.; Nock, C. A.; Bauhus, J.; Potvin, C. (2019): Drivers of productivity and its temporal stability in a tropical tree diversity experiment. *Global Change Biology* 25: 4257–4272

Semizer-Cuming, D.; Chybicki, I. J.; Finkeldey, R.; Kjær, E. D. (2021): Gene flow and reproductive success in ash (*Fraxinus excelsior* L.) in the face of ash dieback: restoration and conservation. *Annals of Forest Science* 78: 14

Showalter, D. N.; Saville, R. J.; Orton, E. S.; Buggs, R. J. A.; Bonello, P.; Brown, J. K. M. (2020): Resistance of European ash (*Fraxinus excelsior*) saplings to larval feeding by the Emerald Ash Borer (*Agilus planipennis*). *Plants, People, Planet* 2: 41–46

Skovsgaard, J. P.; Wilhelm, G. J.; Thomsen, I. M.; Metzler, B.; Kirisits, T.; Havrdová, L.; Enderle, R.; Dobrowolska, D.; Cleary, M.; Clark, J. (2017): Silvicultural strategies for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. *Forestry* 90: 455–472

Sniezko, R. A.; Koch, J. (2017): Breeding trees resistant to insects and diseases: putting theory into application. *Biological Invasions* 19: 3377–3400

Staatsbetrieb Sachsenforst (2012): Die Esche. Vom Hoffnungsträger zum Sorgenkind. Waldpost: 14–15

Stocks, J. J.; Metheringham, C. L.; Plumb, W. J.; Lee, S. J.; Kelly, L. J.; Nichols, R. A.; Buggs, R. J. A. (2019): Genomic basis of European ash tree resistance to ash dieback fungus. *Nature Ecology & Evolution* 3: 1686–1696

Straw, N. A.; Williams, D. T.; Kulinich, O.; Gninenko, Y. I. (2013): Distribution, impact and rate of spread of Emerald Ash Borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the Moscow region of Russia. *Forestry* 86: 515–522

Tabari, K. M.; Lust, N. (1999): Monitoring of natural regeneration in a mixed deciduous forest. *Silva Gandavensis* 64: 58–71

Thomas, P. A. (2016): Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. *Journal of Ecology* 104: 1158–1209

Tiebel, K.; Karge, A.; Huth, F.; Wehnert, A.; Wagner, S. (2017): Strukturelemente fördern die Samenausbreitung durch Vögel. *AFZ-DerWald* 20: 24–27

Turczański, K.; Dyderski, M. K.; Rutkowski, P. (2021): Ash dieback, soil and deer browsing influence natural regeneration of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Science of the Total Environment* 752: 141787

Valenta, V.; Moser, D.; Kapeller, S.; Essl, F. (2017): A new forest pest in Europe: a review of Emerald Ash Borer (*Agrilus planipennis*) invasion. *Journal of Applied Entomology* 141: 507–526

van Driesche, R. G.; Reardon, R. C. (Eds.) (2015): Biology and control of Emerald Ash Borer. Morgantown: Forest Service U.S. Department of Agriculture

Volkovitsh, M. G.; Bieńkowski, A. O.; Orlova-Bienkowskaja, M. J. (2021): Emerald Ash Borer approaches the borders of the European Union and Kazakhstan and is confirmed to infest European ash. *Forests* 12: 691

Wagner, S. (1997): Ein Modell zur Fruchtausbreitung der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) unter Berücksichtigung von Richtungseffekten. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 168: 149–155

Wagner, S. (1999): Ökologische Untersuchungen zur Initialphase der Naturverjüngung in Eschen-Buchen-Mischbeständen. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 129. Frankfurt am Main: Sauerländer

Zhao, Y.-J.; Hosoya, T.; Baral, H.-O.; Hosaka, K.; Kakishima, M. (2013): *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. *Mycotaxon* 1222: 25–41



Fachagentur Nachhaltende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Folgen Sie uns:
www.fnr.de/social-media

Bestell-Nr. 1.290
FNR 2024



Fachagentur Nachhaltende Rohstoffe e.V.



mediathek.fnr.de