

Hoffnung für die Esche – Erkenntnisse aus der Genressourcenforschung

Katharina Birgit Budde, André Hardtke, Martin Hofmann und Aki Michael Höltken

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17241231>

Das Eschentriebsterben (ETS) hat in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem starken Rückgang der Eschenbestände (*Fraxinus excelsior* L.) in Deutschland geführt. Der Schlauchpilz *Hymenoscyphus fraxineus* (Falsches Weißes Stängelbecherchen) wurde mit Pflanzenmaterial aus Ostasien eingeschleppt, wo er als harmloser Blattpilz die dort natürlich vorkommenden Eschenarten besiedelt, ohne dass Schadsymptome an den Wirtsbäumen auftreten. Unsere einheimische Gemeine Esche weist allerdings eine sehr hohe Anfälligkeit gegenüber diesem invasiven Erreger auf und eine Infektion endet in den meisten Fällen tödlich.

Der teils flächenweise Ausfall der Esche hat nicht nur ökologische Auswirkungen, es wird auch die Diversität unseres einheimischen Baumartenspektrums um eine besonders klimaresiliente Art dezimiert. Ein unvermindert schwerer Verlauf ist auch mit dem Verlust einer Vielzahl von auf die Esche spezialisierten Artengemeinschaften verbunden. Es ist also dringend geboten, Maßnahmen zu ergreifen, mit denen diese ökologisch und ökonomisch wertvolle Baumart langfristig erhalten werden kann. Hoffnung ruht auf der genetischen Vielfalt und damit auf genetischen Anpassungskapazitäten der Esche gegenüber dem ETS. Deshalb stellen einerseits die Züchtung von potenziell weniger anfälligen Eschen und die anschließende Gewinnung entsprechenden Vermehrungsguts, andererseits aber auch die Förderung natürlicher Anpassungsprozesse wichtige Komponenten der Gesamtstrategie für den Erhalt der Esche dar.

Anfälligkeit und Anpassungspotenziale der Gemeinen Esche

Symptome des ETS wurden erstmals Anfang der 1990er Jahre in Polen und den baltischen Ländern beobachtet. Die Krankheit hat sich in den folgenden Jahrzehnten nahezu flächendeckend in Europa ausgebreitet. Die Ascosporen des Erregers werden durch den Wind ausgebreitet, entwickeln sich



Foto: NW-FVA-Archiv

Anzucht generativer Nachkommen ausgewählter Eschenplusbäume zur Überprüfung des Selektionserfolgs auf verschiedenen Versuchsflächen



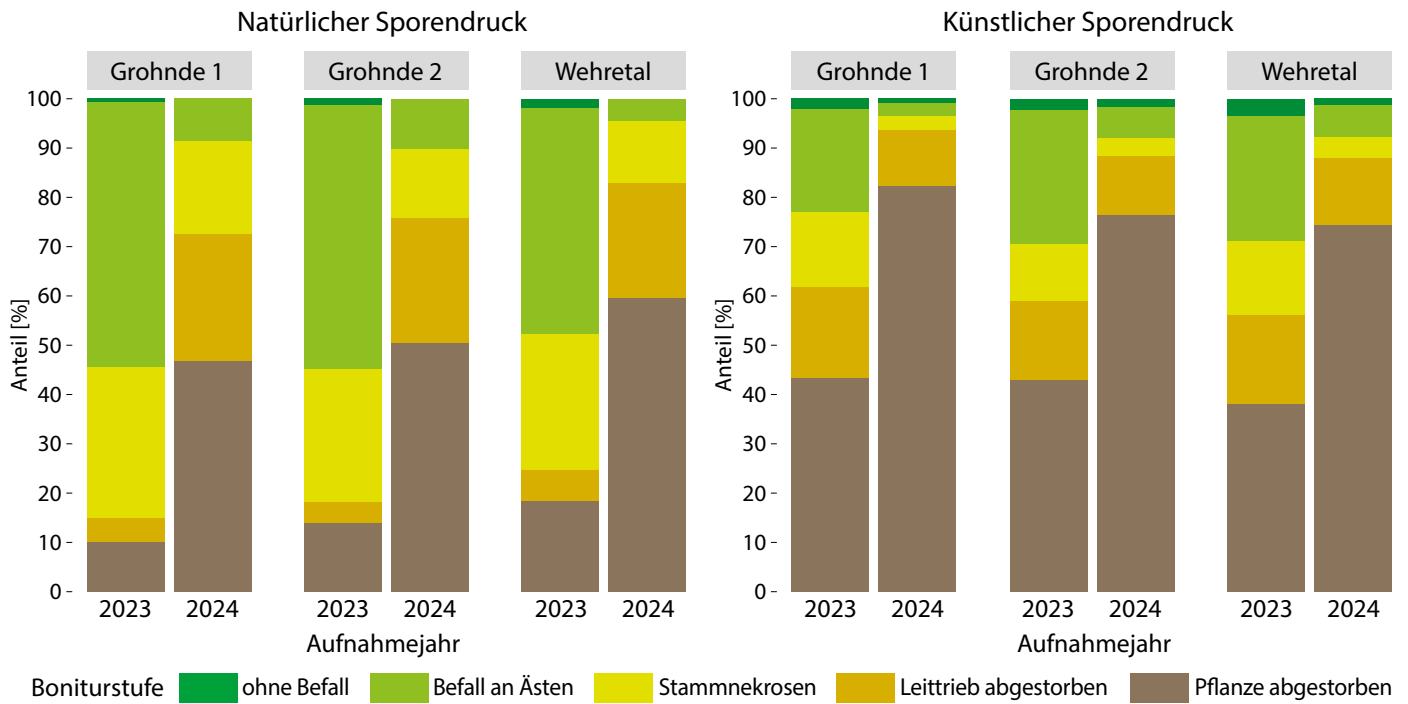
Foto: NW-FVA-Archiv

Kontrollierter Infektionsversuch an vegetativen Replikaten ausgewählter Plusbaumkandidaten durch Einbringung infizierter Blattstreu der Esche

in den Apothecien (Fruchtkörper) an den Blattspindeln der Eschenstreu des Vorjahres, infizieren im Sommer die neu austreibenden Blätter und wachsen über die Blattstiele in den Spross. Dies verursacht nekrotische Läsionen, die schließlich zum Welken der Blätter und Absterben der Triebe führen. Die Schwere der Schäden hängt u. a. vom Standort ab, wobei feuchtere Standorte meist deutlich stärker betroffen sind als trockenere.

Bisherige wissenschaftliche Untersuchungen deuten aber darauf hin, dass die ETS-Anfälligkeit der Eschen ein mäßig erbliches Merkmal und damit in Teilen genetisch bedingt ist. Dabei sind eine Vielzahl von Merkmalen entdeckt worden, die für den Schädigungsgrad einer Esche verantwortlich sind. So zeigen Eschen, die früher im Herbst die Blätter abwerfen, typischerweise geringere ETS-bedingte Schäden. Vermutlich hat das Pathogen in solchen Fällen nicht ausreichend Zeit, um über Blatt und Blattstiel den Spross zu infiltrieren und die Esche langfristig zu befallen. Ferner wurde in kontrollierten Infektionsversuchen erkannt, dass Eschen unterschiedliche Nekrosenlängen entwickeln können. Vermutlich kann das Wachstum des Erregers in der Pflanze durch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe bei bestimmten Individuen besser unterbunden werden als bei anderen.

Die Gemeine Esche und der ETS-Erreger haben in Europa keine Koevolution durchlebt, d. h. vor dem Krankheitsausbruch in den 1990er Jahren haben keine spezifischen Selektionsprozesse hinsichtlich der Toleranzmechanismen gegen das ETS in der Esche stattgefunden. Jeder genetisch bedingte Mechanismus der Krankheitstoleranz ist daher höchstwahrscheinlich eine sogenannte „Exaptation“, also ein Merkmal, das aufgrund anderer Selektionsdrücke entstanden ist. Verschiedene genetische Untersuchungen haben gezeigt, dass es nicht ein oder wenige Gene mit großem Effekt gibt, sondern dass eine Vielzahl von Genen mit jeweils kleinen Effektgrößen die ETS-Anfälligkeit bei der Esche bedingen (Doonan et al. 2025).



Nachkommen aus drei älteren Eschen-Samenplantagen in zwei replizierten Baumschulversuchen (nach künstlich erhöhtem Sporendruck und nach natürlichem Sporendruck aus der Umgebung)

Die hohe Sterblichkeit von durchschnittlich 70 % in Beständen adulter Bäume und 82 % bei jungen Bäumen verdeutlichen den extrem starken Selektionsdruck durch den Erreger (Coker et al. 2019). Genetische Untersuchungen in der Naturverjüngung stark geschädigter Eschenbestände belegen diesen Sachverhalt. Hoch anfällige adulte Bäume mit deutlichen Schadsymptomen weisen weniger Nachkommen in der Naturverjüngung auf als weniger anfällige, gesündere Bäume (Semizer-Cuming et al. 2021). Dies bedeutet, dass die genetischen Varianten der gesünderen Bäume eher weitergegeben und somit in der Naturverjüngung häufiger werden. Zusätzlich befällt der Pilz bereits sehr junge Pflanzen, sodass die Selektion und die Sterblichkeit insbesondere in der Naturverjüngung sehr hoch sind. Dies lässt eine schnelle Selektionsantwort vermuten. Ein Vergleich zwischen der Eltern- und der Naturverjüngung anhand genetischer Marker konnte entsprechend zeigen, dass Selektion hinsichtlich geringerer ETS-Anfälligkeit bereits stattfindet und somit genetische Anpassungspotenziale in der Gemeinen Esche vorhanden sind (Metheringham et al. 2025).

Strategien für den Erhalt der Gemeinen Esche

Auch wenn die genannten Forschungsergebnisse Hoffnung wecken, ist es dennoch ungewiss, ob sich unsere Eschen ausreichend schnell anpassen können. Versuche der künstlichen Wiedereinbringung der Esche über bisher verfügbare Saatgutquellen wie z. B. Samenplantagen werden zurzeit nur einen geringfügigen Beitrag zur Steigerung der ETS-Toleranz leisten können. Dies zeigt sich in einem Baumschulversuch an der NW-FVA an Nachkommen aus drei älteren Samenplantagen, die schon vor der Zeit der Ausbreitung des ETS-Erregers

etabliert und deren Bäume nach anderen Kriterien als der ETS-Toleranz ausgewählt worden sind (Form, Vitalität, Wuchsleistung etc.). Ziel des Versuches war es, genauere Kenntnis über das Infektionsgeschehen zu erhalten und mögliche Unterschiede in der Befallsstärke zwischen Nachkommen einzelner Samenbäume festzustellen. So konnten in den Samenplantagen keine Bäume gefunden werden, welche eine deutliche Differenzierung hinsichtlich der ETS-Toleranz in den Nachkommen hervorbrachten. Innerhalb eines 4-jährigen Beobachtungszeitraums führte das ETS an allen Nachkommenschaften zu hohen Schäden und Ausfällen (Abb. oben). Dem Aufbau neuer Züchtungskollektive durch gezielte Selektion und der anschließenden Vermehrung potenziell ETS-toleranter Eschen kommt künftig daher eine besondere Bedeutung zu. Ferner sollte berücksichtigt werden, dass natürliche Anpassungsvorgänge, vor allem, wenn damit eine sehr starke Reduktion der Bestandesgrößen einhergeht, auch mit einer deutlichen Verringerung genetischer Vielfalt verbunden sind



In-vitro-Vermehrung potenziell ETS-toleranter Eschen

(genetischer Flaschenhalseffekt). Beide Aspekte, Selektionserfolg sowie die gleichzeitige Aufrechterhaltung einer hohen genetischen Vielfalt, sind wichtige Grundvoraussetzungen für die zukünftige Rekonstruktion von anpassungsfähigen Eschenpopulationen. Im Rahmen des durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) finanzierten Verbundprojektes FraxForFuture wurden hierzu grundlegende und vielversprechende Verfahrensabläufe entwickelt, die an der NW-FVA Anwendung finden:

1. Identifizierung und Selektion von Eschen mit potenziell hoher ETS-Toleranz nach strengen Boniturkriterien (phänotypische Auswahl von sogenannten „Plusbaumkandidaten“)
2. Sicherung der Plusbaumkandidaten über vegetative Vermehrungstechniken
3. Infektionsstudien an vegetativen Replikaten dieser Plusbaumkandidaten unter kontrollierten Bedingungen im Labor und Gewächshaus (maximaler Sporendruck) für die weitere Selektion von sogenannten „Plusbäumen“
4. Anlage von Nachkommenschaftsprüfungen der „Plusbäume“ zur Überprüfung des Selektionserfolgs
5. Aufbau einer genetisch vielfältigen „Plusbaum“-Klonsammlung

Für die Etablierung von Erhaltungspopulationen können verschiedene Methoden angesetzt werden. Die klassische Variante sind Klonsammlungen auf Basis von Veredelungen ETS-toleranter Genotypen auf angezogenen Sämlingsunterlagen. Von steigender Bedeutung sind aber labortechnische Verfahren wie die In-vitro-Technik. Damit lassen sich auch große Individuenzahlen kostengünstig erhalten und wieder vermehren. Dazu zählt auch die Kryokonservierung, die es ermöglicht, (teilungsaktive) Gewebeteile einzelner Pflanzen in flüssigem Stickstoff einzufrieren. Das so eingefrorene Material kann Jahrzehnte später zu jedem beliebigen Zeitpunkt und in beliebigen Mengen wieder „aufgeweckt“ und vermehrt werden („Arche-Noah-Prinzip“).

Um natürliche Anpassungsprozesse zu beschleunigen, sollen aus diesen Erhaltungspopulationen später neue Vermehrungsgutquellen für die künstliche Begründung bzw. Anreicherung vorhandener Bestände mit ETS-toleranten Eschen entstehen. Dies kann über vegetative Vermehrung (in-vitro) aber auch über die Etablierung neuer Saatgutquellen (Samenplantagen) erfolgen.

Es wird jedoch noch einige Zeit in Anspruch nehmen, bis Samenplantagen ein Alter erreicht haben, um auch nennenswerte Mengen an Saatgut produzieren zu können. Für die Erhaltung der Eschen hat daher die Naturverjüngung zur Sicherung natürlicher Anpassungsprozesse weiterhin eine besondere Bedeutung. Die vom Waldklimafond der FNR herausgegebenen waldbaulichen Handlungsempfehlungen („Zukunft der Esche“) sollen dazu ermutigen, sich auch weiterhin forstlich mit der Esche zu beschäftigen und vorschnelle Entnahmen oder gar eine Abkehr von dieser Baumart zu vermeiden. Um die Etab-



Foto: NW-FVA-Archiv

Handveredelte Plusbaumkandidaten

lierung von Eschennaturverjüngung zu gewährleisten, wird empfohlen, vitale (Alt-)Eschen zur Erhaltung ihres Vermehrungspotenzials zu fördern, günstige Lichtverhältnisse für das Wachstum von Eschennaturverjüngung zu schaffen, aber auch Maßnahmen zur Begrenzung des Verbissdrucks zu ergreifen (Fuchs et al. 2023; Steinhart et al. 2024).

Literatur

- Coker T. L. R., Rozsypálek J., Edwards A., Harwood T. P., Butfoy L., & Buggs R. J. A. (2019). Estimating mortality rates of European ash (*Fraxinus excelsior*) under the ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) epidemic. *Plants*, *People*, *Planet* 1(1), 48–58. <https://doi.org/10.1002/ppp3.11>
- Doonan J. M., Budde K. B., Kosawang C., Lobo A., Verbylaite R., Brealey J. C., Martin M. D., Pliura A., Thomas K., Konrad H., Seegmüller S., Liziniwicz M., Cleary M., Nemesio-Gorriç M., Fussi B., Kirisits T., Gilbert M. T. P., Heuert M., Kjær E. D. & Nielsen L. R. (2025). Multiple, Single Trait GWAS and Supervised Machine Learning Reveal the Genetic Architecture of *Fraxinus excelsior* Tolerance to Ash Dieback in Europe. *Plant, Cell & Environment*, 48(5), 3793–3809. <https://doi.org/10.1111/pce.15361>
- Fuchs S., Peters S., Beckschäfer P., Osewold J., Fey C., Langer G., Nagel R.-V. & Höltken A. M. (2023). FraxForFuture: Ein Verbundprojekt zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart. In *Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt & Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz* (Eds.), *Waldzustandsbericht 2023 für Niedersachsen* (pp. 37–39). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10083078>
- Metheringham C. L., Plumb W. J., Flynn W. R. M., Stocks J. J., Kelly L. J., Gorriç M. N., Grieve S. W. D., Moat J., Lines E. R., Buggs R. J. A. & Nichols R. A. (2022). Rapid polygenic adaptation in a wild population of ash trees under a novel fungal epidemic. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2022.08.01.502033>
- 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(1), 14. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-01025-0>
- 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. (FNR), Ed.). <https://mediathek.fnr.de/zukunft-der-esche.html>