

Nr. 46 - 2018

13Z039578 M



BFW. Praxisinformation



Borkenkäfer, Esche und Co. Unsere Antworten auf Fragen der Zukunft

Inhalt

GERNOT HOCH, BERNHARD PERNY Borkenkäferkalamität, Eschensterben & Co.: Heimische und invasive Schadorganismen setzen unseren Wald unter Druck.....	3
JASMIN PUTZ, HANNES KREHAN Auswirkungen der neuen EU- Pflanzenschutz-Verordnung auf den Forst.....	6
JAN-PETER GEORGE, THOMAS GEBUREK Genetik und Waldschutz – Ansätze und Lösungen.....	9
SILVIO SCHÜLER, GEORG FRANK, THOMAS LEDERMANN Waldbauliche Herausforderungen im Spannungsfeld von Bioökonomie, Klimawandel und Naturschutz.....	14
CHRISTOPH BAUERHANSL, MARKUS LÖW, KLEMENS SCHADAUER, CHRISTIAN AUFRITER Österreichische Waldinventur – aus Luft und All am Puls der Zeit.....	17



Innovation und Digitalisierung werden ein treuer Begleiter der zukünftigen Entwicklung des Forst- und Holzsektors sein. Daten generieren und Technologien weiterentwickeln - von der Satellitentechnik bis zur Nutzung von Drohnen, diese Innovationen werden neue, zeitnahe Informationsmöglichkeiten aus dem Wald ergeben. Computergestützte Modellierung, zum Beispiel im Zusammenhang mit der Klimaveränderung, wird weiter an Bedeutung zunehmen. In der Holzgewinnung und Verarbeitung entlang der Wertschöpfungskette werden technische Optimierungen unter Ausnutzung der voranschreitenden Digitalisierung erfolgen.

Aber auch auf der strategisch-politischen Ebene wird der Wald der Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Umfassende Strategien, wie jene der Bioökonomie und der Kreislaufwirtschaft, sind prädestiniert dafür, durch den Forst- und Holzsektor mitgestaltet zu werden. Kaskadische und integrative Rohstoffnutzung bis hin zum Konsumverhalten sind lösungsorientierte Möglichkeiten einer zukünftigen Wirtschafts- und Gesellschaftsentwicklung. Zu berücksichtigen sind auch die globalen Nachhaltigkeitsziele (SDG), zu denen der gesamte Sektor in vielerlei Hinsicht positiv beitragen kann.

Ressourcennutzung ist in Österreich ein Thema: Aktuell verbrauchen wir 15 Hektar am Tag, mit diesem Flächenverbrauch ist Österreich europaweit leider an vorderster Front zu finden. Der damit einhergehende Verlust von fruchtbarem (Acker)boden, die Zerstörung von Naturräumen und Artenvielfalt sind logische Konsequenzen. Hier gilt es gegenzusteuern.

Aber wir können uns nicht ganz aus der Verantwortung dieser Entwicklung stehlen: Stichwort Konsumverhalten. So ist zum Beispiel Palmöl wegen günstiger Eigenschaften in unzähligen unserer Konsumprodukte enthalten – von der Tiefkühlpizza bis zum Lippenstift. Dementsprechend hoch ist der Flächenverbrauch für Palmölplantagen weltweit. Aber auch die große Nachfrage nach Fleisch trägt zum Flächenverbrauch für Rinderwirtschaft bei - und dieses Verlangen verstärkt sich.

Die Megatrends, vor allem in der Digitalisierung, stellen uns auch als Menschen vor völlig neue Fragen. Entscheidend bei diesem – aber auch allen anderen Megatrends - ist, dass wir bewusst an diese Veränderungen herangehen, die Augen nicht verschließen, sondern die Zukunft aktiv gestalten.

In der aktuellen BFW-Praxisinformation fassen wir die Vorträge des BFW-Praxistages 2018 zusammen, bei denen wir versucht haben, unsere Antworten auf die Fragen der Zukunft zu liefern.

Dr. Peter Mayer

Leiter des BFW

Impressum

ISSN 1815-3895

© April 2018

Nachdruck nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung seitens des Herausgebers gestattet.

Presserechtlich für den Inhalt

verantwortlich: Peter Mayer
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)

Seckendorff-Gudent-Weg 8,

1131 Wien, Österreich

Tel.: +44 1 87838 0

Fax: +44 1 87838 1250

http://bfw.ac.at

Redaktion: Christian Lackner

Layout: Johanna Kohl

Titelbild: BFW

Bezugsquelle: BFW-Bibliothek

Tel.: +44 1 87838 1216

E-Mail: bibliothek@bfw.gv.at

Online-Bestellung:

<http://www.bfw.ac.at/webshop>

GERNOT HOCH, BERNHARD PERNY

Borkenkäferkalamität, Eschensterben & Co.: Heimische und invasive Schadorganismen setzen unseren Wald unter Druck

Das Jahr 2017 hat in Österreich deutlich gezeigt, wie die Auswirkungen des globalen Wandels – vor allem sich ändernde Klimabedingungen und die Einwanderung sowie Einschleppung neuer Schadorganismen – unseren Wäldern zusetzen.

Mit bundesweit 3,5 Millionen Festmetern hat der Schadholzanfall durch Borkenkäfer ein Allzeithoch seit Bestehen der Aufzeichnungen erreicht. Der Pinienprozessionsspinner konnte sich etablieren und lokal stark vermehren. Das Eschentriebsterben hat an Intensität weiter zugelegt. Und in benachbarten Ländern beeinträchtigen neu eingeschleppte Schadorganismen die Waldgesundheit.

Auswirkungen von Trockenheit und höheren Temperaturen

Die aktuelle Borkenkäferkalamität betrifft vor allem den Norden und Osten Österreichs. Diese Gebiete verzeichneten in den letzten Jahren ein beachtliches Niederschlagsdefizit – in den meisten Monaten des Jahres 2017 lag die Niederschlagsmenge deutlich unter dem Durchschnitt der letzten 30 Jahre.

Die Fichte gerät dadurch doppelt in Bedrängnis: Die mangelnde Wasserversorgung schwächt den Baum und vermindert die Abwehrfähigkeit gegen Schädlinge wie Borkenkäfer, die höheren Temperaturen begünstigen überdies die Entwicklung der Borkenkäfer und sorgen so für höheren Befallsdruck.

In Kärnten traten massenhaft Fichtenquirlschildläuse (*Physokermes hemicryphus* und *Physokermes piceae*) auf und sorgten für Schäden in Fichtenaltbe-

ständen. Auch diese litten in den letzten Jahren immer wieder unter mangelnder Wasserversorgung, sodass die Saugtätigkeit der Läuse so schwere Kronenschäden an den Fichten hervorrufen konnten. Nach Folgebefall durch Borkenkäfer starben mehrere Bäume ab.

Auch die Kiefern hatten unter den negativen Auswirkungen des Trockenstresses zu leiden. In vielen Trockengebieten starben Weißkiefern ab, häufig unter Beteiligung von Borkenkäfern wie dem Sechszähligen Kiefernborkekäfer (*Ips acuminatus*). Die Bäume waren oft auch durch Mistelbefall stark beeinträchtigt. Meist zeigt sich folgendes Bild: Die Bäume leiden unter klimabedingtem Stress. Treten dann mehrere Schädigungsfaktoren gemeinsam auf, kommt es zum Absterben oft mit Beteiligung von Rindenbrütern und mitunter in dramatischem Ausmaß.

Informationen zum
Borkenkäfer:
www.borkenkaefer.at

▼
Abbildung 1:
Massiver Befall durch
Fichtenquirlschildläuse
führte im Sommer 2017
zu starker Schädigung
von Fichten sowie Folge-
befall durch Borkenkäfer.



Weitere Informationen zum Pinienprozessionsspinner
Hoch G., Putz J., Connell J. 2017: Erste Massenvermehrung des Pinienprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa*) in Österreich.
Forstschutz Aktuell 62, 4-8.

Ein direkter Profiteur höherer Temperaturen scheint nun den Sprung nach Österreich geschafft zu haben: Der Pinienprozessionsspinner ist eine mediterrane Schmetterlingsart, seine im Winter an Kiefernadeln fressenden Raupen sind allerdings recht robust, so dass in den letzten Dekaden eine Ausbreitung sowohl in der Seehöhe als auch nach Norden, bis fast an Österreichs Grenze, beobachtet wurde.

2017 wurde eine Massenvermehrung des Schmetterlings an der Südseite des Dobratsch (Kärnten) festgestellt. Befallen waren Schwarzkiefern auf einem Geröllfeld, einzelne Bäume wurden praktisch kahl gefressen. Besiedelt wurde die Fläche zumindest schon 2015. Das besondere Standortsklima erlaubte den Raupen, sich den Winter hindurch zu entwickeln. Nachdem der Pinienprozessionsspinner sein Massenvermehrungsareal im Friaul in den letzten Jahren weit nach Norden ausgedehnt hatte, könnte er nun auch in Österreich dauerhaft Fuß gefasst haben.

Einschleppung und Ausbreitung invasiver Schadorganismen

Es gibt aber auch Einwanderer, die nur dank menschlichem Transport aus anderen Kontinenten nach Europa gelangt sind, und nun hier für Schäden im Wald sorgen. Ein aktuelles Beispiel ist die

Amerikanische Eichennetzwanze (*Corythucha arcuata*). Sowohl deren Jugendstadien als auch die erwachsenen Tiere saugen an der Unterseite von Eichenblättern, ähnlich der verwandten Platannetzwanze. Mehrere Generationen entwickeln sich im Jahr. Die erwachsenen Tiere überwintern an geschützten Stellen am Stamm. Bei starkem Befall kommt es zur Vergilbung bis hin zum völligen Vertrocknen von Blättern.

Die in Nordamerika heimische Eichennetzwanze wurde im Jahr 2000 erstmals in Italien und 2003 in der Türkei festgestellt und breitete sich seither im südöstlichen Europa aus; in Österreich wurde sie noch nicht gefunden. 2013 wurden erste Befallsgebiete aus Kroatien und Ungarn gemeldet. Dort nehmen die Schäden in manchen Gebieten, etwa in den bekannten Eichenwäldern Sloweniens, beunruhigende Ausmaße an.

Auch wenn die Saugtätigkeit alleine wohl keine Eichen zu Absterben bringen wird, beeinträchtigt sie doch bedeutend die Baumgesundheit, dadurch haben andere Schädigungsfaktoren (z.B. Blattfresser, Mehltau, etc.) ein leichteres Spiel. Es gilt Maßnahmen zu finden, eine weitere Ausbreitung einzudämmen oder zumindest zu verlangsamen. Solche Probleme lassen sich nur in gesamt-europäischer Anstrengung lösen. Geeignete gesetzliche Grundlagen sind

▼
Abbildung 2:
a) Deutliche Saugschäden durch die Amerikanische Eichennetzwanze.
b) Erwachsenes Tier an der Blattunterseite.



Voraussetzungen dafür; die neue EU-Pflanzengesundheits-Verordnung will diese schaffen (siehe Artikel Krehan/ Putz, Seite 6 ff.).

Verheerende Auswirkungen invasiver Schadorganismen

Aber manche invasive Schadorganismen mit verheerenden Auswirkungen kommen unbemerkt nach Europa. Vielmehr waren sie vor ihrer Einschleppung gar nicht als gefährliche Schadorganismen bekannt. Das Eschentriebsterben, verursacht durch den Mikropilz *Hymenoscyphus fraxineus*, hatte sich bereits weit in Europa ausgebreitet, ehe der Erreger identifiziert und der Krankheitsverlauf verstanden war. Wie die Ergebnisse von den Monitoringflächen des Bundesforschungszentrums für Wald in Niederösterreich zeigen, hat sich der Kronenzustand der Eschen seit 2008 auf allen Flächen deutlich ver-

schlechtert, wenngleich es Unterschiede in der Befallsintensität zwischen den Standorten gibt.

Bei hohem Befallsdruck kommt es auch zu einer Infektion an der Stammbasis. Die Rinde stirbt ab, am Stammlauf verfärbt sich das Holz. Besonders auf feuchten Standorten können sekundäre Fäulepilze in Folge der mehrfachen Schwächung die Wurzeln befallen, die Eschen verlieren an Standfestigkeit. Diese Eschen können zu einem Sicherheitsrisiko werden, besonders entlang von Straßen und Wegen. Wo dies keine Rolle spielt, sollten im Hinblick auf die Erhaltung der Baumart weniger geschädigte Individuen möglichst nicht entfernt werden. Dies wäre zusätzlich zu den laufenden Anstrengungen in der Züchtung resistenter Eschen (siehe Artikel Geburek/George, Seite 9 ff.) eine Maßnahme, die Baumart Esche zu retten.

BFW-Praxisinformation
43: Die Esche – eine
bedrohte Baumart.
Download unter
bfw.ac.at/webshop

Autoren:
Priv.-Doz. Dr. Gernot Hoch,
Dipl.-Ing. Bernhard Perny,
Institut für Waldschutz,
Bundesforschungszentrum für Wald,
Seckendorff-Gudent-Weg 8,
1131 Wien,
gernot.hoch@bfw.gv.at



Wald im Klimawandel

Wie mache ich meinen Wald klimafit?

**SIE BRAUCHEN RAT?
SIE SUCHEN ANTWORTEN?**

Das Projekt „Wald im Klimawandel“ unterstützt Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer dabei, den Wald zu bewirtschaften und stabiler zu machen! Gemeinsam optimieren wir den Beitrag der österreichischen Wälder zum Klimaschutz!

www.klimafitterwald.at



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION

BUNDESMINISTERIUM
FÜR NACHHALTIGKEIT
UND TOURISMUS



Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raumes:
Hier investieren Europa in die
ländlichen Gebiete



Auswirkungen der neuen EU-Pflanzenschutz-Verordnung auf den Forst

PGH-VO = Verordnung (EU) 2016/2031 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Oktober 2016 über Maßnahmen zum Schutz vor Pflanzenschädlingen [...], Abl. L317 vom 23.11.2016

Kontroll-VO = Verordnung (EU) 2017/625 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2017 über amtliche Kontrollen und andere amtliche Tätigkeiten zur Gewährleistung der Anwendung des Lebensmittelrechts und der Vorschriften über Tiergesundheit und Tierschutz, Pflanzengesundheit und Pflanzenschutzmittel [...], Abl. L95 vom 7.4.2017

Neue Verordnungen, die ab Mitte Dezember 2019 gelten, sehen vor, dass Pflanzen, Pflanzenerzeugnisse und natürlich auch Holz, welche ein großes Risiko für die Einschleppung gefährlicher Schadorganismen darstellen, strenger reguliert und kontrolliert werden. Wird ein Quarantäneschadorganismus im Wald oder in Waldesnähe nachgewiesen, müssen radikale Ausrottungsmaßnahmen gesetzt werden.

Warum muss der Pflanzenschutzbereich überhaupt rechtlich neu geordnet werden? Die wichtigsten Gründe sind:

- Der globale Handel (Verpackungsholz als Risikoware) und der Fernreiseverkehr (Transport von Pflanzen im Handgepäck) nehmen zu.
- Im Zuge des Klimawandels können sich invasive Arten leichter etablieren.
- Das Einvernehmen wird mit der Internationalen Pflanzenschutzkonvention IPPC und der Welthandelsorganisation (WTO) hergestellt.

- Bisherige Defizite im Vollzug von Kontrollen und Maßnahmen werden beseitigt (nur wenige eingeschleppte Schadorganismen konnten erfolgreich bekämpft oder eingedämmt werden).

Die neue EU-Pflanzengesundheitsverordnung (PGH-VO) regelt gemeinsam mit der Kontroll-VO und den zahlreichen, zu spezifischen Themen noch zu erlassenden Durchführungsrechtsakten und delegierten Rechtsakten das zukünftige Pflanzengesundheitssystem der Europäischen Union.

Neuregelung gilt ab Mitte Dezember 2019

Die neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen gelten ab 14. Dezember 2019 und müssen bis dahin national umgesetzt sein, weshalb in Österreich bereits ein neues Pflanzenschutzgesetz in Begutachtung ist, damit es noch im Jahr 2018 in Kraft treten und spätestens ab Dezember 2019 umgesetzt werden kann.

Die neue PGH-VO verfolgt vor allem präventive Ziele in Bezug auf die Einschleppung oder Ausbreitung von Pflanzenschädlingen in der EU: Um schwerwiegende Verluste in der Land- und Forstwirtschaft hintanzuhalten, müssen Ressourcen vermehrt in frühen Stadien eingesetzt werden (Europäische Kommission 2016).

Neu-Kategorisierung von Schadorganismen

Anders als derzeit sind zukünftig alle Schadorganismen gemeinsam in der neuen PGH-VO gelistet, folgende Hauptkategorien werden unterschieden:



1. Unionsquarantäneschädlinge sind

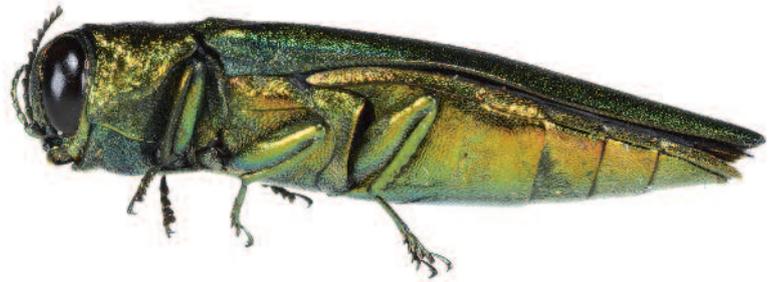
Schädlinge, die in der EU entweder offiziell noch nicht auftreten bzw. lokal begrenzt vorkommen und amtlich überwacht werden. Strenge Maßnahmen zur Verhinderung der Einschleppung und weiteren Ausbreitung dieser Schadorganismen sind notwendig, das oberste Ziel ist die umgehende Ausrottung.

Prioritäre Schadorganismen sind Unionsquarantäneschädlinge, mit denen ein besonders großes wirtschaftliches, ökologisches bzw. soziales Gefährdungspotenzial einhergeht und für die daher intensiviertere Maßnahmen im Sinne von Monitoring, Notfallplänen, Simulationsübungen und Aktionsplänen für ihre Tilgung vorgesehen sind. Sinn dieser Ausweisung der gefährlichsten Schadorganismen ist es, Ressourcen zum Schutz der land- und forstwirtschaftlichen Produktion und der Umwelt möglichst effektiv einzusetzen, auch die EU-Kofinanzierung soll erhöht werden.

Nach eingehender Beratung mit Expertinnen und Experten der Mitgliedsstaaten, der EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) und dem JRC (Joint Research Centre der EU) werden die prioritären Schädlinge bis Ende 2019 mittels eines delegierten Rechtsaktes festgeschrieben.

Als gelistete Forstschadorganismen sind beispielsweise zu erwarten:

- Asiatischer Laubholzbockkäfer (*Anoplophora glabripennis*, ALB) und Chinesischer Laubholzbockkäfer (*A. chinensis*, CLB),
- Kiefernspiltholznematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) samt Vektor (*Monochamus* spp.)
- sowie der Eschen- und Birkenprachtkäfer (*Agrilus planipennis* und *A. anxius*).



2. Schutzgebiet-Quarantäneschädlinge

sind Schädlinge, die bereits in großen Teilen der EU vorkommen. Es gibt jedoch einige abgegrenzte Gebiete („Schutzgebiete“), die aufgrund von intensivem Monitoring als frei von diesen Schädlingen gelten. Spezielle Maßnahmen (wie z.B. Verbringungsverbote oder -beschränkungen, Monitoring, etc.) sollen das Auftreten solcher Schädlinge in Schutzgebieten verhindern bzw. bei bereits erfolgtem Auftreten die Ausrottung gewährleisten.

3. Geregelt Nicht-Quarantäneschädlinge (= Qualitätsschädlinge)

sind Schädlinge, die in der EU weitverbreitet sind. Für eine Vielzahl von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, aber auch Forst- und Obstpflanzen sollen eine hohe Ausgangsqualität und der ökonomische Wert sichergestellt werden, weshalb vermarktetes Pflanzenvermehrungsmaterial garantiert frei oder fast frei von diesen Schädlingen sein sollte (Europäische Kommission 2016).

Strenges Importregime

Die neuen Verordnungen sehen vor, dass Pflanzen, Pflanzenerzeugnisse und Holz, welche ein großes Risiko für die Einschleppung gefährlicher Schadorganismen darstellen, strenger reguliert sowie auch strenger kontrolliert werden. Bei der Importkontrolle ist der präventive

▼
Abbildung: Der smaragdgrüne Eschenprachtkäfer *Agrilus planipennis* zählt zu den gefährlichsten Schadorganismen, die bisher noch nicht in der EU nachgewiesen wurden

FOTO: CONNELL/BFW



Ansatz noch stärker als bisher ausgeprägt: Als Reaktion auf den zunehmend globalisierten Handel und die zahlreichen Einschleppungen neuer exotischer Schädlinge (z.B. Asiatischer Laubholzbockkäfer) werden künftig bei der Einfuhr aus Drittländern noch strengere Maßstäbe angelegt - bis hin zu befristeten Einfuhrverboten.

Durch die Einbeziehung des Pflanzengesundheitsbereiches in den Geltungsbereich der Kontroll-VO treffen nun auch hier die gleichen strengen Anforderungen an Kontrollen wie in der gesamten Lebensmittelkette zu.

Eine weitere Neuerung ist, dass die EU-Kommission innerhalb von zwei Jahren sogenannte „Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse mit hohem Risiko“ festlegen muss. Betroffene Waren können nicht importiert werden, solange keine genaue Risikobewertung für sie vorliegt, die bestimmt, ob solche Importe zugelassen werden können, und wenn ja, welche Bedingungen daran geknüpft sind (Europäische Kommission 2016). Das gilt auch für den Fall, dass in einem Mitgliedsstaat ein neu eingeschleppter, gefährlicher Schadorganismus aufgefunden und offiziell gemeldet wird, der noch nicht als Quarantäneschadorganismus gelistet ist. Auf Basis von wissenschaftlichen Risikoanalysen entscheidet dann die Kommission, ob der Schadorganismus oder die Risikoware EU-weit geregelt wird.

Pflichten der Waldbesitzerinnen und der registrierten Unternehmer

Es gibt eine Reihe verpflichtender Vorschriften, die zur Überwachung und Bekämpfung von besonders schädlichen, sogenannten prioritären Schadorganismen von den zuständigen Behörden,

aber auch von den betroffenen Unternehmern und Grundeigentümern zu treffen sind. Die zuständigen Behörden registrieren betroffene Unternehmer, die zur Meldung von in ihrem Zuständigkeitsbereich auftretenden Quarantäneschadorganismen verpflichtet sind.

Im Falle eines nachgewiesenen Auftretens eines Quarantäneschadorganismus im Wald oder in Waldesnähe wird ein Gebiet abgegrenzt, das aus einer Befallszone und einer mehrere Kilometer breiten Pufferzone besteht. In diesen abgegrenzten Gebieten sind dann, solange bis der Schädling ausgerottet ist, beispielsweise folgende Maßnahmen durchzuführen oder zu dulden:

- unverzügliche Schlägerungen und Vernichtung von befallenen Bäumen,
- präventive Schlägerungen von Wirtsbäumen im Umkreis von 100 bis 500 m von befallenen Bäumen,
- intensives Monitoring mit meist zerstörerischer Probenahmetechnik,
- Verbot des Verbringens von unbehandeltem Holz oder Wirtspflanzen

Neu sind des Weiteren Vorschriften zu umfassenden Schulungs- und Informationsmaßnahmen auf allen Ebenen. Dies wird insgesamt einen großen Aufwand für die Pflanzenschutzdienste, aber auch für Unternehmen bedeuten. Vor gefährlichen Schädlingen wird in Zukunft auch auf Flughäfen und Bahnhöfen, in Reisebüros und an zahlreichen Verkehrsknotenpunkten mittels Warntafeln, Videospots oder Infobroschüren gewarnt. Public Awareness (öffentliches Bewusstsein) zählt zu den Schwerpunkten der neuen Pflanzengesundheitsstrategie der EU.



Autoren:
Dipl.-Ing. Jasmin Putz,
Dipl.-Ing. Hannes Krehan,
Institut für Waldschutz,
Bundesforschungszentrum für Wald,
Seckendorff-Gudent-Weg 8,
1131 Wien,
jasmin.putz@bfw.gv.at,
hannes.krehan@bfw.gv.at,
www.bundesamt-wald.at

Literatur

Europäische Kommission 2016: MEMO/16/4310 - DE; Neue Pflanzengesundheitsverordnung: Strenge Vorschriften für einen besseren Schutz vor Pflanzenschädlingen, Brüssel, 13. Dezember 2016. http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-4310_de.htm

Genetik und Waldschutz – Ansätze und Lösungen

Wechselwirkungen zwischen Waldbäumen und bestimmten Schadorganismen wie Pilzen oder Insekten sind in vielen Fällen das Ergebnis eines evolutionären Wettrüstens über viele Generationen hinweg. Besonders Pilze besitzen häufig spezifische Angriffsmechanismen, welche von Bäumen mithilfe bestimmter Abwehrmechanismen erwidert werden können. Wie und mit welchem Erfolg kann die Genetik derartige Wirt-Parasit-Beziehungen nutzen, um gegenwärtige Forstschutzprobleme wie z.B. das Eschentriebsterben langfristig in den Griff zu bekommen?

Forstschutzprobleme nehmen weltweit zu. Dazu trägt auch das verstärkte Auftreten von Extremereignissen wie Trockenheit und Hitzewellen bei, welche die natürliche Abwehr von Waldbäumen gegenüber Schadorganismen zusätzlich schwächen. Besonders das Eschentriebsterben, welches derzeit einen erheblichen Teil der europäischen Eschenpopulation bedroht, führt uns vor Augen, wie essentiell genetische Anpassungs- und Erhaltungsmaßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene sind. Anhand von vier prominenten Beispielen (Kastanienrindenkrebs, Eschentriebsterben, Rotfäule und Fichtennadelblasenrost) zeigen wir, welche Möglichkeiten die Waldgenetik bietet, um Probleme im Forstschutz zu lösen.

Kastanienrindenkrebs

Der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) ist eine schwerwiegende Pilzkrankung, welche in Nord-Amerika

binnen weniger Jahrzehnte nahezu alle Bestände der Amerikanischen Kastanie vernichtet hat. Interessanterweise gibt es gewisse Parallelen zum Eschentriebsterben, da auch der Kastanienrindenkrebs ursprünglich in Asien beheimatet war und erst nach seiner Einführung in Nord-Amerika als aggressiver Parasit an der Amerikanischen Kastanie auftrat.

▼
Abbildung 1:
Kastanienrindenkrebs –
typische Symptome:
Nekrosen und Fruchtkörper

FOTO: LIBOR JANKOVSKÝ



Biotechnologische Verfahren

Sind in Österreich und Europa streng geregelt.

Vorteile

- hohe Präzision
- kurze Zeiträume

Nachteile

- hohe Kosten
- schwierige Kontrolle, wie sich die Nachkommen genetisch natürlich weiterverbreiten
- Erzeugung hoher Anzahl von Nachkommen für Feldausbringung ist limitiert

Beispiele

Transformation von Genen aus Weizen in die Amerikanische Kastanie zur Bekämpfung des Kastanienrindenkrebsses

Klassische Verfahren

Vorteile

- Generell auch ohne molekulare Ansätze durchführbar (geringere Kosten)
- rechtlich kaum limitiert
- höhere Anzahl von Nachkommen für Feldausbringung (z.B. über Stecklingsvermehrung, Samenplantagen)

Nachteile

- mittlere bis lange Zeiträume durch aufwändige Nachkommenschaftsprüfungen
- Unsicherheit durch meist unbekannte Pollenspender bei feldresistenten Bäumen

Beispiele

Bekämpfung des Eschentriebsterbens, Kreuzungen zwischen Amerikanischer und Chinesischer Kastanie zur Bekämpfung des Kastanienrindenkrebsses

Voraussetzungen

- Funktionalität von Genen muss zwischen den Arten ident sein

Voraussetzungen

- Genetische Unterschiede können nur genutzt werden, wenn sie bereits vorhanden sind (siehe z.B. Meldung und Prüfung gesunder Eschen im Projekt Esche-in-Not)
- Resistenz muss zu einem gewissen Grad erblich sein

▲
Abbildung 2:
Gegenüberstellung von
biotechnologischen und
klassischen Verfahren,
welche der Waldgenetik
bzw. dem Forstschutz zur
Verfügung stehen.

Analog zur gegen das Eschentriebsterben resistenten Art *Fraxinus mandschurica* (Mandschurische Esche) gibt es auch im Falle des Kastanienrindenkrebsses eine resistente Schwesterart: die Chinesische Kastanie (*Castanea mollissima*). Der zunächst naheliegende Ansatz war daher, die anfällige Kastanie (*C. dentata*) mit ihrer resistenten Schwesterart zu kreuzen.

Die aus den Kreuzungen hervorgegangenen Arthybride zeigten zwar die gewünschte Resistenz gegenüber dem Kastanienrindenkrebs, jedoch auch alle anderen – und aus forstlicher Sicht weniger wünschenswerten – Eigenschaften wie z.B. eine schlechtere Wuchsform. Daher wurden die F1-Hybride der 1. Generation in der Folge wieder mit der Amerikanischen Kastanie rückgekreuzt, um den Anteil der Chinesischen Kastanie im Erbgut wieder zu reduzieren. Dennoch ist rund ein Sechzehntel des Erbgutes der ins Feld ausgebrachten resistenten Kastanien noch immer auf

die Chinesische Kastanie zurückzuführen. Obwohl dieser Ansatz eine erhöhte Resistenz erbrachte, ist die lange Zeitdauer der notwendigen Rückkreuzungen nachteilig.

Ein zweiter Ansatz, welcher von der *American Chestnut Foundation* angewandt wurde, um die Amerikanische Kastanie zu retten, gehört zu den sogenannten biotechnologischen und molekulargenetischen Verfahren. Die grundsätzliche Idee hinter diesem Ansatz ist, dass man Gene, welche für die Resistenz einer Art gegenüber einem Schadorganismus verantwortlich sind, in eine andere Art transferiert. Gelingt dies, so sollte sich die gewünschte Resistenz auch in dem neuen Träger des Gens beobachten lassen. Im Falle der Amerikanischen Kastanie griff man auf ein Gen im Weizen zurück, welches für eine Substanz namens Oxalat-Oxidase kodiert. Dieses Enzym zerstört – wie der Name bereits vermuten lässt – Oxalsäure, welche die

Angriffswaffe vieler Pilze darstellt, wenn sie pflanzliches Gewebe befallen. Die auf diese Weise gentechnisch veränderten Kastanien konnten mithilfe des neu eingebauten Gens tatsächlich den Pilz daran hindern, ihr Gewebe zu infizieren, und zeigten ähnlich hohe Resistenz wie die Chinesische Kastanie. Die Veränderung des Erbgutes von Organismen durch den Menschen, wie hier gezeigt am Beispiel der Amerikanischen Kastanie, ist in Europa streng reguliert. Dennoch zeigt das obige Beispiel Kastanienrindenkrebs die Möglichkeiten biotechnologischer Ansätze.

Eschentriebsterben

Das Eschentriebsterben gehört mit Sicherheit zu den derzeit schwerwiegendsten Forstschutzproblemen in Europa. Aus Asien stammend, hat sich der verantwortliche Krankheitserreger *Hymenoscyphus fraxineus* – das falsche weiße Stengelbecherchen – innerhalb der letzten 20 Jahre rapide über Europa ausgebreitet. Aber sind alle Eschen gleich anfällig gegenüber dem Eschentriebster-

ben oder gibt es innerhalb der österreichischen Eschenpopulation widerstandsfähige Individuen, welche für Züchtungsprogramme und Generhaltungsmaßnahmen genutzt werden können?

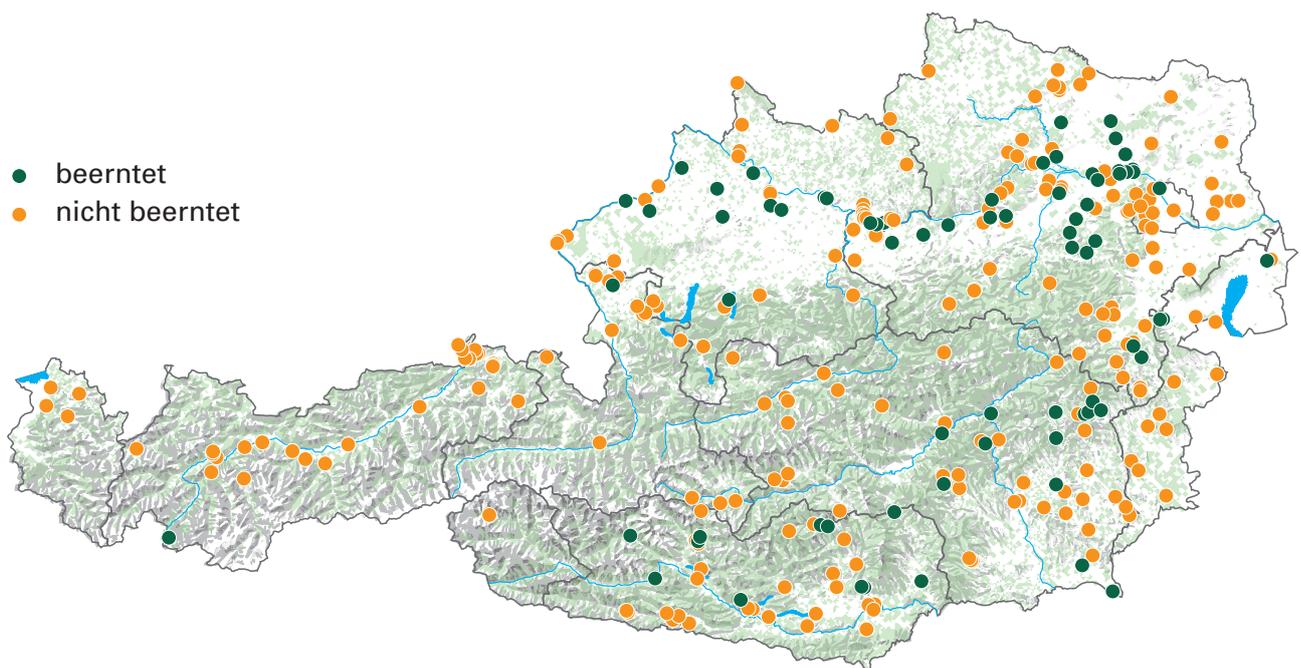
Im Rahmen des Projektes „Esche in Not“, welches seit 2015 am BFW läuft, soll genau diese Frage beantwortet werden. Bisher sind 714 feldresistente Eschen, welche von Bürgerinnen und Bürgern dem BFW gemeldet worden sind, innerhalb der letzten zwei Jahre beerntet und das Saatgut im BFW-Versuchsgarten in Tulln ausgesät worden. Die entstandenen Nachkommen werden mittels künstlich erzeugtem Infektionsdruck durch das Einbringen infizierter Blattspindeln auf ihre Resistenz gegenüber dem Eschentriebsterben geprüft. Sollten sich einige Eschen dauerhaft als widerstandsfähiger erweisen, so sollen diese makrovegetativ vermehrt werden und für die forstliche Praxis verfügbar sein. Später sollen Erhaltungspopulationen (Samenplantagen) errichtet werden, welche die genetische Vielfalt besser erhalten können als das vegetativ ver-

Linktipps

Initiative zur Rettung der Esche in Österreich:
www.esche-in-not.at

Initiative der American Chestnut Foundation zur Rettung der Amerikanischen Kastanie:
www.acf.org

▼
 Abbildung 3:
 Beerntete Eschen im Rahmen des Projektes „Esche in Not“: grüne Punkte zeigen gesunde Eschen, welchen den strengen Kriterien zur Auswahl gerecht wurden. Orange Punkte weisen auf Eschen hin, welche die Anforderungen nicht erfüllten.



► **Abbildung 4:** Schematische Darstellung einer Züchtungsstrategie, bei welcher die Resistenz der Nachkommen erhöht werden soll. Diese ist direkt abhängig von der Erblichkeit (fixe Variable) sowie von der Intensität der Auslese (variabel). Bei sehr niedrigen Werten für die Erblichkeit müsste folglich die Intensität der Auslese extrem erhöht werden, um noch einen spürbaren Züchtungserfolg zu erlangen.



mehrte Pflanzenmaterial.

Doch welche Aspekte gilt es, bei einem derartigen Ansatz zur Rettung der Esche zu beachten? Die Auswahl einer beschränkten Anzahl feldresistenter Bäume (beachte: 714 vs. Gesamtbestand der Esche in Österreich) führt unweigerlich auch zu einer Veränderung des natürlichen Genpools (der sog. „Flaschenhalseffekt“). Daher ist es essentiell, dass ein möglichst großes geographisches Gebiet bei der Samenernte der gemeldeten Eschen abgedeckt wird, um einen möglichst großen Anteil der genetischen Vielfalt einzufangen. Abbildung 3 demonstriert, dass genau dies bei der Auswahl der Eschen durch das BFW berücksichtigt wurde.

Der zweite wesentliche Aspekt ist, dass es für derartige Züchtungsabsichten enorm wichtig ist, eine Schätzung der

Erblichkeit (siehe Glossar unten) der Resistenz gegenüber dem Eschentriebsterben vorzunehmen. Bei hoher Erblichkeit, also einer hohen Wahrscheinlichkeit, dass phänotypische Eigenschaften der Eltern auch in den Nachkommen sichtbar sind, steigt auch der Züchtungserfolg. Für die Resistenz gegenüber dem Eschentriebsterben sind zumindest die ersten Schätzungen der Erblichkeit aus den BFW-Versuchen sowie aus Versuchen der Universität für Bodenkultur (Dr. Thomas Kirisits, Institut für Forstschutz, Forstpathologie und Forstentomologie) relativ vielversprechend, da die gefundenen hohen Werte für die Erblichkeit der Resistenz auch einen hohen Züchtungserfolg erwarten lassen können.

Das Beispiel des Projektes „Esche in Not“ zeigt, dass der gewählte Ansatz dann erfolgreich sein wird, sofern eine

Begriff	Erklärung
Biotechnologische Verfahren	Verfahren, welche Erkenntnisse aus der Chemie sowie der Biologie zur Anwendung bringen. Der Transfer von Genen von einer Art in eine andere mittels spezieller Bakterien stellt z. B. eine klassische biotechnologische Anwendung dar.
Erblichkeit	Anteil der Variation im Phänotyp, welcher genetisch bedingt ist. Die Erblichkeit schätzt, in welchem Ausmass Eigenschaften der Eltern an ihre Nachkommen weitergegeben werden. Sie kann Werte zwischen 0 (keine Erblichkeit) bis zu 1 (hohe Erblichkeit) annehmen.
F1-Hybride	Nachkommen der 1. Generation, welche aus der Kreuzung zweier verschiedener Arten entstanden sind.
Flaschenhalseffekt	Unter einem genetischen Flaschenhals versteht man die Veränderung der genetischen Zusammensetzung einer Population (z.B. Eschenpopulation in Österreich) nach einer drastischen Reduktion der Individuenzahl. Dadurch gehen seltene Varianten statistisch mit einer höheren Wahrscheinlichkeit verloren als häufig vorkommende Varianten.
Gen	Träger der Erbinformation, welcher von Generation zu Generation weiter vererbt wird.
Genotyp	Ein Organismus (z. B. ein Baum) in der Gesamtheit seiner Erbanlagen
Phänotyp	Ein Organismus in der Gesamtheit seines Erscheinungsbildes. Phänotypische Eigenschaften umfassen beispielsweise die Baumhöhe, aber auch alle physiologischen und morphologischen Eigenschaften
Polygenie	Polygenie bezeichnet ein Phänomen, bei welchem eine phänotypische Ausprägung von sehr vielen Genen mit kleinen Effekten kontrolliert wird.

natürliche Resistenz noch vorhanden und die Erbllichkeit gegenüber der Krankheit hoch ist. Aufwändige Rückkreuzungen, wie beispielsweise im Falle der resistenten Arthybride zwischen Amerikanischer und Asiatischer Kastanie, sind zumindest nach heutiger fachlicher Einschätzung nicht notwendig und die Artreinheit der europäischen Esche ist nicht gefährdet.

Rotfäule und Fichtennadelblasenrost

Im Falle zweier weiterer wichtiger Erkrankungen von Waldbäumen soll hier gezeigt werden, welche züchterischen Herausforderungen unter Umständen die Folge sind. Die Rotfäule (*Heterobasidion annosum*) verursacht in Europa jährliche finanzielle Schäden in Höhe von ca. 800 Millionen Euro. Zwar konnten Fichten anhand von Experimenten in Norwegen und Schweden identifiziert werden, welche gegenüber dem Rotfäuleerreger weniger anfällig waren (Fossdal et al. 2006; Swedjemark & Karlsson 2007), aber die Erbllichkeit der Resistenz war so gering, dass ein klassisches Züchtungsvorhaben zur Bekämpfung der Rotfäule wenig aussichtsreich ist. Inwieweit molekulargenetische Verfahren zukünftig helfen können, bleibt abzuwarten.

Im Falle des Fichtennadelblasenrostes (*Chrysomyxa rhododendri*) konnte das BFW in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck (Prof. Stefan Mayr, Institut für Botanik) zeigen, dass genetische Unterschiede in der Resistenz gegen Pilzerkrankungen von zahlreichen Genen verursacht werden. Jedes dieser Gene kontrolliert jedoch nur einen sehr kleinen Teil der Abwehr gegen diese Erkrankung (Ganthaler et al. 2017). Dieses Phänomen wird in der Genetik als Polygenie bezeichnet und stellt Züchter von Waldbäumen ebenfalls vor große Herausforderungen.

Schlussfolgerungen

Genetische Ansätze zur Lösung von Forstschutzproblemen können ein essentielles Werkzeug zur Anpassung unserer Wälder an zukünftige Klimabedingungen und deren Interaktionen mit Krankheitserregern sein. Das Projekt „Esche in Not“ zeigt die Möglichkeiten auf, wie versucht werden kann, durch Züchtung eine Baumart zu erhalten.

Literatur

Fossdal C.G., Hietala A.M., Kvaalen H., Solheim H. (2006). Changes in host chitinase isoforms in relation to wounding and colonization by *Heterobasidion annosum*: early and strong defense response in 33-year-old resistant Norway spruce clone. *Tree Physiology* 26: 169-177

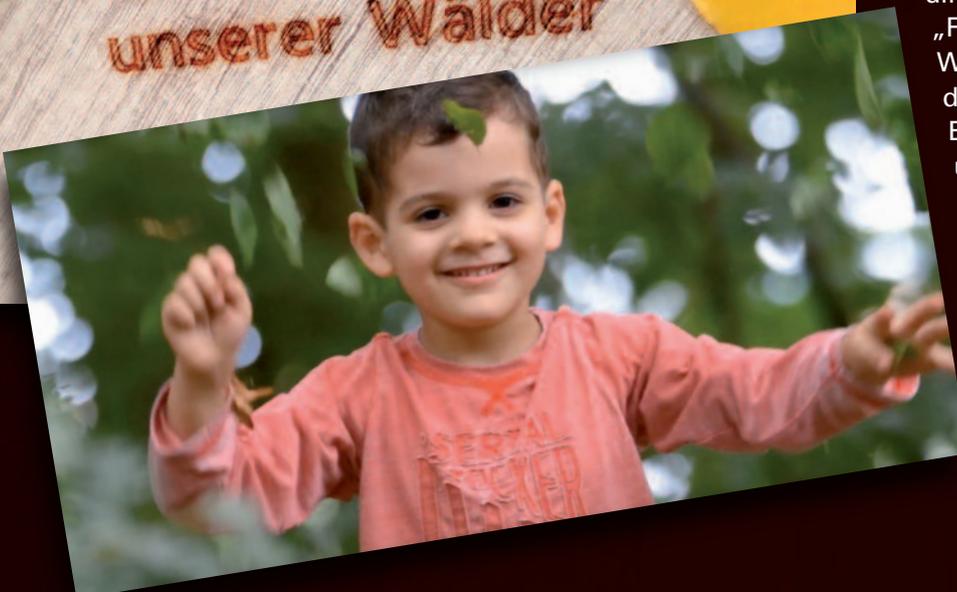
Ganthaler A., Stögl W., Mayr S., Kranner I., Schüler S., Wischnitzki E., Sehr E. M., Fluch S., Trujillo-Moya C. (2017). Association genetics of phenolic needle compounds in Norway spruce with variable susceptibility to needle bladder rust. *Plant Molecular Biology Reporter* 94: 229-251

Karlsson B., Swedjemark G. (2007). Genotypic variation in natural infection frequency of *Heterobasidion* spp. in a *Picea abies* clone trial in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 108-114

Autoren:
Dr. Jan-Peter George,
Univ.-Prof. Dr. Thomas Geburek,
Institut für Waldgenetik,
Bundesforschungszentrum für Wald,
Seckendorff-Gudent-Weg 8,
1131 Wien,
jan-peter.george@bfw.gv.at



Für die Zukunft
unserer Wälder



youtube.com/waldforschung

Warum sind die Bäume eigentlich alle verschieden? Der Kurzfilm „Für die Zukunft unserer Wälder“ zeigt den Lebensweg der Samen bis zum großen Baum. Dabei beantwortet er auf unterhaltsame und einfache Weise viele grundlegende Fragen zum Wald.



Waldbauliche Herausforderungen im Spannungsfeld von Bioökonomie, Klimawandel und Naturschutz

Seit der Entstehung des modernen Menschen und seiner Ausbreitung über den gesamten Erdball hat der Mensch seine Umwelt genutzt und verändert. Steigende Bevölkerungszahlen haben über viele Jahrhunderte zu einer Intensivierung der Landnutzung geführt und unsere Wälder schrumpfen lassen. In Europa hat sich dieser Trend gegen Mitte des 20. Jahrhunderts umgekehrt, denn mit einer intensiveren Landwirtschaft konnten auf kleinerer Fläche mehr Menschen ernährt werden. Seitdem nehmen die Waldfläche, die Holzvorräte und die Menge des gespeicherten Kohlenstoffs zu.

Gleichzeitig ist der Holzbedarf in Europa und auf globaler Ebene weiter gestiegen, z.B. zwischen 1965 und 2005 um fast 50 Prozent. Bei weiterhin steigender Weltbevölkerung - laut Prognosen der UNO auf 10 Milliarden Menschen im Jahr 2050 - wird sich dieser Trend auch in Zukunft fortsetzen.

Innovationen verändern die Rahmenbedingungen

Ob dabei in Zukunft dieselben Holzprodukte gefragt sein werden wie heute, steht dagegen auf einem anderen Blatt. Technologische Veränderungen und neue Produkte haben schon immer die Forstwirtschaft und Holzverwendung beeinflusst. Zum Beispiel ermöglichte es erst die Gattersäge, dünne Bretter zu schneiden, und durch die industrielle Mechanisierung konnte Schnittholz kostengünstig produziert werden.

Wurde zuvor der größere Teil des Holzes verbrannt und zu Holzkohle ver-

arbeitet, werden Holzprodukte seitdem verstärkt in langlebigeren Erzeugnissen verwendet. Gleichzeitig stieg der Bedarf an Nadelholz.

Auch die heutige Holzwirtschaft erlebt derartige Veränderungen: Brettsperrholz (BSP oder CLT) wurde beispielsweise erst Mitte der 1990er Jahre in Graz entwickelt. Im letzten Jahrzehnt haben Bauunternehmer und Architekten weltweit die Vorteile dieses Werkstoffs entdeckt und einen weltweiten Holzbauboom ausgelöst. Andere Technologien verlassen gerade erst die Kinderstube: zum Beispiel das auf Basis von Lignin hergestellte „flüssige Holz“, das in Zukunft bisherige Kunststoffe ersetzen könnte.

Trend Bioökonomie

Weltweit wird an derartigen Rohstoffen als Teil der „Bioökonomie“ geforscht, die sich anschickt, bis zum Ende des Jahrhunderts die erdölbasierte Wirtschaft des 20. Jahrhunderts zu ersetzen. Dabei wird neben einer verstärkten Kreislaufwirtschaft vor allem auf biogene Materialien gesetzt. Für die Waldbesitzerin und den Waldbesitzer ist derzeit nicht abzusehen, ob für zukünftige Anwendungen andere Holzarten oder Qualitätsanforderungen benötigt werden, oder ob dazu vermehrt Abfälle der bisherigen Produktion (z.B. Lignin aus der Zellstoffproduktion) zum Einsatz kommen.

Zudem ist unsicher, wie stark die sich ändernden Klimabedingungen die zukünftige Holzproduktion beeinflussen werden. Neben den steigenden Temperaturen können vor allem eine veränderte jahreszeitliche Niederschlagsverteilung und das häufigere Auftreten von Extrem-

ereignissen, wie Trockenheiten, das Vorkommen von Baumarten, deren Schädlingen und das Baumwachstum stark verändern.

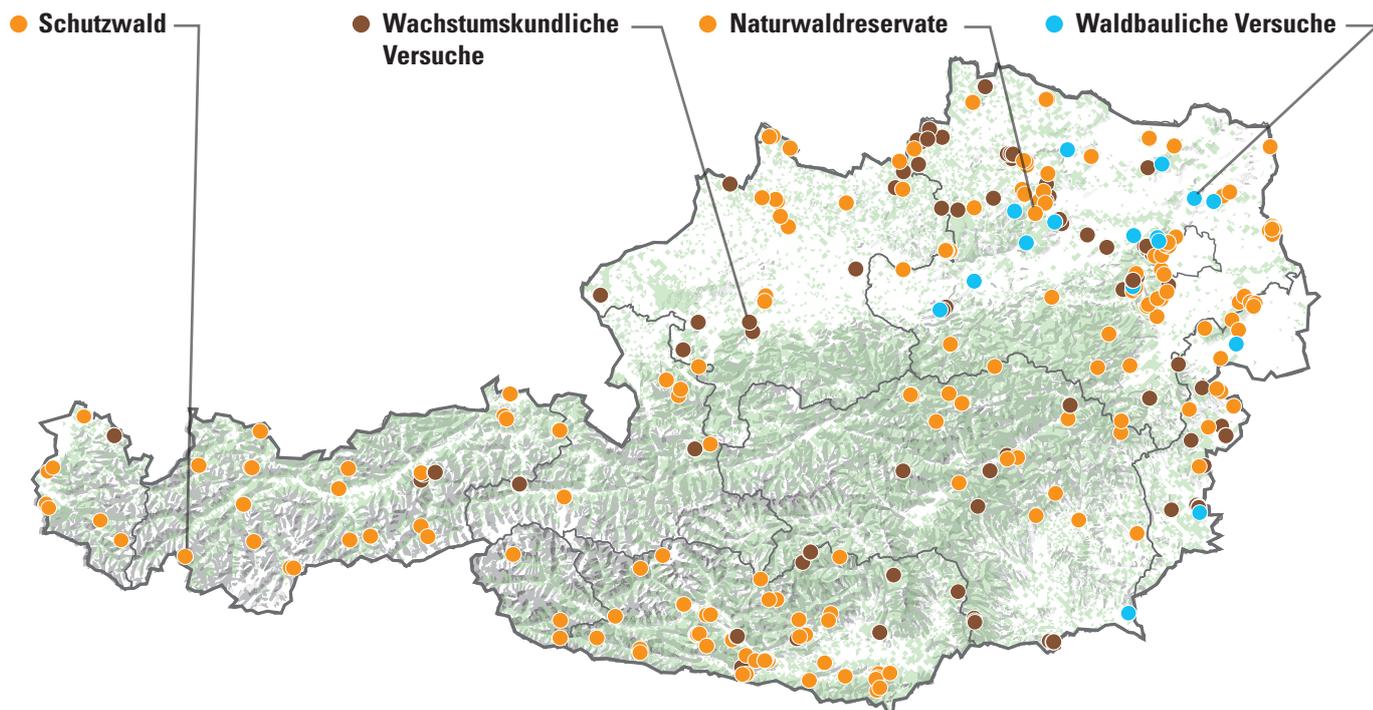
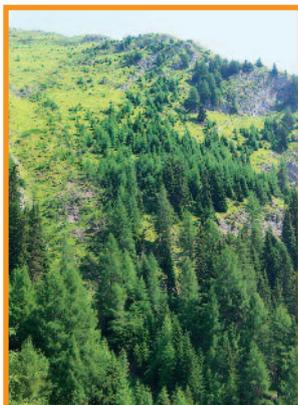
In Österreich werden sich Flächenanteile von Baumarten ändern

In Österreich sieht es für das Waldwachstum differenziert aus: Bei steigenden Temperaturen und gleichbleibenden Niederschlägen kann vor allem in Gebirgswäldern mit einer höheren Wuchsleistung gerechnet werden. Hingegen ist in den Tieflagen und vor allem im Osten

Österreichs mit geringeren Zuwächsen zu rechnen. Der Klimawandel beeinflusst vor allem die lokale Standortseignung, die aber nicht nur vom Zuwachs, sondern auch von Extremereignissen und Schadorganismen gesteuert wird. Für derzeit wichtige Baumarten wie Fichte und Lärche, aber auch Buche ist daher mit einem Rückgang der geeigneten Anbaufläche zu rechnen, während Eiche und Douglasie auf einer größeren Fläche genutzt werden könnten. Es stellt sich allerdings die Frage, ob der bessere Zuwachs in höheren Lagen den Rückgang der Anbaufläche von Fichte und Lärche

BFW-Praxisinformation 44: Wege zum klimafitten Wald. Download unter bfw.ac.at/webshop

▼
Langfristige Versuchsfelder zu Waldwachstum, Waldbau und Schutzwald sowie Naturwaldreservate sind die Basis zur Beantwortung alter und neuer Herausforderungen im Waldbau.





Wald-Steckbriefe:
Biodiversität im Wald
beobachten.
Download unter
<https://bfw.ac.at/rz/bfw-cms.web?dok=10138>

BFW-Praxisinformation
37: Biodiversität im
Wald. Download unter
bfw.ac.at/webshop

Autoren:
Dr. Silvio Schüler,
Dr. Georg Frank,
Priv.-Doz. Dr. Thomas Ledermann,
Institut für Waldwachstum
und Waldbau,
Bundesforschungszentrum für Wald,
Seckendorff-Gudent-Weg 8,
1131 Wien,
silvio.schueler@bfw.gv.at

ausgleichen kann, und ob die verstärkt angebauten anderen Baumarten in Qualität und Quantität die Fichte ersetzen können.

Biologische Vielfalt erhalten

Langfristige Veränderungen unserer Wälder müssen nicht nur negativ gesehen werden; gerade der verstärkte Anbau heimischer Laubbaumarten kann zur Erhaltung der heimischen biologischen Vielfalt beitragen. Weltweit gilt die Erhaltung der Biodiversität als eine der größten Herausforderungen unserer Zeit; zum Beispiel war die Aussterberate zahlreicher Organismengruppen wie Säugetiere und Pflanzen, im 20. Jahrhundert etwa 100mal höher als über weite Perioden der Erdgeschichte.

Geologen betrachten die letzten beiden Jahrhunderte bereits als Beginn eines neuen Erdzeitalters, des Anthropozäns, denn die Aktivitäten des Menschen hinterlassen bereits Spuren in geologischen Formationen. Auf globaler Ebene kann das Aussterben vieler Arten unter anderem auf die fortschreitende Entwaldung zurückgeführt werden. Dagegen trägt in Europa und Österreich die derzeitige nachhaltige Waldbewirtschaftung dazu bei, dass sich die Waldflächen vergrößern und Lebensräume erhalten werden.

Um nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität der Wälder zu fördern, wurden in den letzten Jahrzehnten verstärkt ökologische Kriterien in die Bewirtschaftung integriert, beispielsweise durch Zertifizierungssysteme. Gleichzeitig besitzt die Gesellschaft heute ein stärkeres Interesse an der Natur und nutzt diese für Freizeit- und Erholungsaktivitäten. Damit geht teilweise auch das Verständnis für die Nutzung und aktive Bewirtschaftung unserer Wälder verloren. Konflikte zwischen Waldbewirtschaftern und anderen Nutzergruppen sind die Folge.

Der sich ändernde Rohstoffbedarf (im Rahmen der Bioökonomie), geänderte Standortbedingungen im Klimawandel

sowie die veränderten gesellschaftlichen Anforderungen bestimmen ganz wesentlich das Umfeld österreichischer Waldbewirtschafteter und die Optionen für waldbauliches Handeln.

Grundlagenforschung am BFW

Das Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) liefert in zahlreichen Projekten und Daueraufgaben wesentliche Grundlagen zur Entwicklung geeigneter Waldbaukonzepte. So sind die langfristigen Untersuchungen in Stammzahlhaltungsversuchen die Grundlage für neue Empfehlungen zur Stabilisierung der Wälder im Klimawandel. Statt „früh, mäßig und oft“ empfehlen wir heute „früh und kräftig“ als optimales Durchforstungskonzept für klimafitte Wälder.

Dauerversuche mit gebietsfremden Baumarten zeigen dagegen, welche alternativen Baumarten auf welchen Standorten geeignet und dabei ökonomisch zielführend und ökologisch verträglich sind. Vor allem gilt es, diese Baumarten in bestehende Waldbaukonzepte für einheimische Arten zu integrieren.

Doch auch die Forcierung einheimischer Laubbäume wie der Eiche ist eine Herausforderung, denn eine Baumartempfehlung wird nur dann von Waldbesitzern akzeptiert und umgesetzt werden, wenn sie auch wirtschaftlich erfolgreich ist. Voraussetzung dafür sind geeignete Begründungsverfahren und Pflegekonzepte, die sich in der Praxis bewähren und auf Demonstrationsflächen für die waldbauliche Weiterbildung beitragen können.

Zuletzt gilt es vor allem die natürliche Waldentwicklung und die Möglichkeiten der natürlichen Anpassung an den Klimawandel besser zu verstehen. Die Naturwaldreservate, ein österreichweites Netzwerk von 195 außer Nutzung gestellten Waldflächen, sind dazu ein einzigartiges „Labor“. Gleichzeitig helfen sie auf mehr als 8400 Hektar dabei, die natürliche Vielfalt österreichischer Waldgesellschaften zu erhalten.



Österreichische Waldinventur – aus Luft und All am Puls der Zeit

Die technischen Möglichkeiten der Fernerkundung haben sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten rasant verbessert. Diese Chancen nutzt das Institut für Waldinventur des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) immer mehr. Mittlerweile werden verschiedene Fernerkundungsdaten eingesetzt. Neben flugzeuggetragenen Laserscannerdaten (ALS), Luftbildern und Orthophotos spielen abgeleitete Höhenmodelle und Satellitenbilder eine immer größer werdende Rolle.

Digitale Höhenmodelle können einerseits aus ALS-Daten gewonnen werden. Sie bilden sowohl das Gelände ohne darauf stehende Objekte (digitales Geländemodell, DGM) wie Bäume und Häuser als auch die Oberfläche mit Objekten (digitales Oberflächenmodell, DOM) sehr genau ab. Da die Befliegung mit Laserscannern nach wie vor sehr teuer ist, stehen für Österreich keine aktuellen ALS-Höhenmodelle flächendeckend zur Verfügung.

Als Alternative können digitale Oberflächenmodelle aus Luftbildern mittels Image Matching erzeugt werden. Im Rahmen der Luftbildkooperation mit dem Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, den Bundesländern und dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen erhält das BFW alle drei Jahre neue Luftbilder für ganz Österreich.

Hochgenaue Waldkarte

Aus der Differenz von digitalem Oberflächenmodell und digitalem Geländemodell wird ein Baumhöhenmodell (nDOM) errechnet als Basis für sehr viele

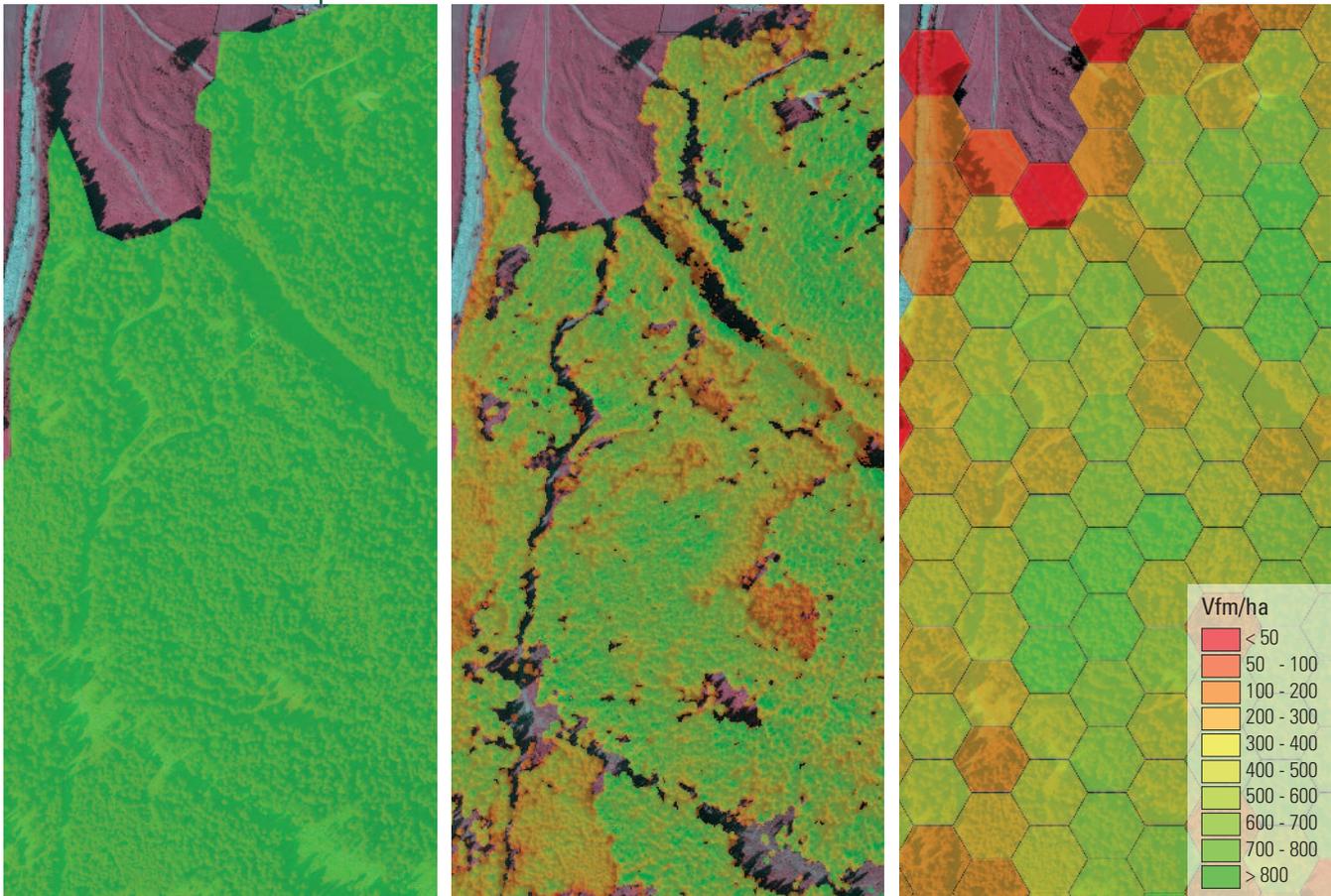
Anwendungen. Einerseits erzeugt die Österreichische Waldinventur (ÖWI) damit nach Verschneiden mit zusätzlichen Datenquellen und manueller Nachbearbeitung eine hochgenaue Waldkarte.

Andererseits schätzen wir durch Anwendung von mit ÖWI-Probeflächen-daten kalibrierten Modellen Vorräte und Biomassen im gesamten österreichischen Wald. Die räumliche Auflösung dieser Modelle und Karten beträgt einen Meter. Stehen keine genauen Abgrenzungen für Bestände zur Verfügung, ist es sinnvoll, die geschätzten Werte in regelmäßigen, gleich großen Einheiten zu aggregieren. Hexagone mit einer Fläche von 2500 m² haben sich hier als praktikabel erwiesen.

Außerdem können wesentliche forstliche Parameter wie Überschirmungsgrad und Oberhöhe für diese Einheiten ermittelt werden. Mit Hilfe des Überschirmungsgrades kann ein Lücken-Layer erzeugt werden, der für Fragen der Schutzwirksamkeit von entscheidender Bedeutung sein kann.

Das Institut für Waldinventur des BFW verfügt über ein österreichweites Vorratsmodell und bietet für Waldbesitzerinnen und -besitzer ein kostengünstiges Datenset an, abhängig von der Größe des zu bearbeitenden Gebietes. Diese Daten können als eine Grundlage für die Forsteinrichtung verwendet werden.





▲
Abbildung 1: Orthophoto mit Waldkarte (links), Vorratskarte (mitte) und geschätzten Vorräten in 2500m² Hexagonen (rechts)

Freier Zugang zu Daten der ESA:
<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

Satellitenbilder erweitern Auswertungsmöglichkeiten

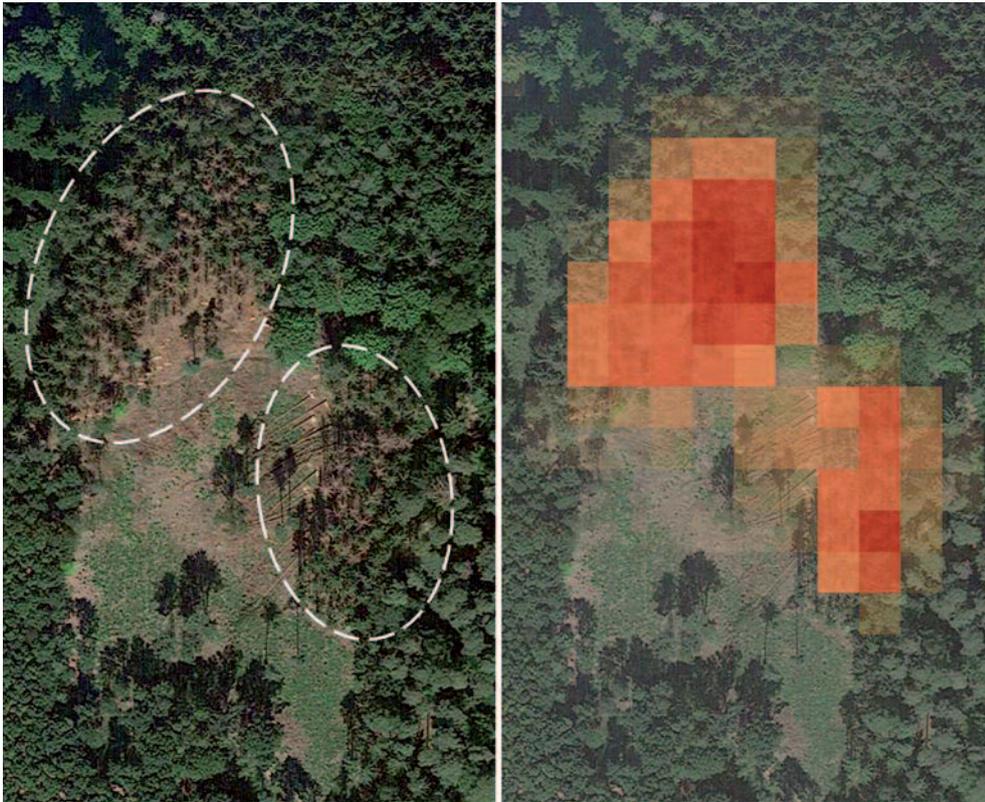
Mittlerweile werden am BFW verstärkt Satellitenbilder für forstliche Zwecke genutzt. Das Erdbeobachtungsprogramm COPERNICUS der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA liefert seit 2017 Satellitendaten, die kostenlos zur Verfügung stehen. Dazu gehören auch Multi-spektraldaten der beiden Sentinel-2-Satelliten. Die Newcomer im Orbit liefern rund alle fünf Tage eine Aufnahme – ein entscheidender Vorteil gegenüber den bisherigen frei zugänglichen Daten. Auch die räumliche Auflösung mit bis zu 10 x 10 m bietet gute Voraussetzungen für Anwendungen im Wald.

Für die automatisierte Analyse der Sentinel-2-Daten sind einige Vorarbeiten notwendig. Zum Beispiel muss der atmosphärische Einfluss auf die einzelnen Bilder korrigiert werden, das heißt, dass Wolken und deren Schatten „maskiert“

werden, damit sie die Interpretationen nicht stören. Jede Aufnahme beinhaltet verschiedene Informationen zur spektralen Reflexion der Erdoberfläche. Der Sentinel-2 erfasst diese mittels mehrerer „Bänder“ wie Blau, Grün und Rot, aber ebenso im nicht sichtbaren Strahlungsbereich Red-Edge, nahes Infrarot oder kurzwelliges Infrarot.

Borkenkäfer-Befallsflächen erkennen

In einem ersten Projekt wurden Sentinel-2-Zeitreihen verwendet, um Borkenkäfer-Befallsflächen zu bestimmen. Gewiss ein ambitioniertes Ziel: Wir wollen damit auch methodische Grenzen der Auswertbarkeit dieser Daten ausloten. Auf Testflächen mit stehenden Borkenkäferbäumen wurde die Bedeutung der einzelnen Farbbänder geprüft. Im nahen Infrarot sowie in Rot und Grün steckt der wesentliche Informationsgehalt, um



◀
Abbildung 2: Orthophoto mit von Borkenkäfer befallenen Fichten und im Satellitenbild automatisch detektierte Befallsflächen

Kalamitätsflächen aus dem Orbit zu erkennen.

Aus verschiedenen Kombinationen dieser spektralen Bänder rechnet das BFW sogenannte normalisierte Indizes. Der prominenteste unter ihnen ist der Normalized-Differential-Vegetation-Index (NDVI). Mehrere solcher Indizes wurden zu einem möglichst robusten Gesamtindex kombiniert. Je höher dieser Index, desto vitaler der Bestand.

Die Entwicklung dieses Gesamtindex über insgesamt 29 Zeitpunkte im Jahr 2017 wurde in Folge genauer unter die Lupe genommen. Mit einem speziellen Filterungsverfahren generiert das Institut für Waldinventur eine Zeitreihe, die ausschließlich dauerhafte Abnahmen der Vitalität zeigen. Diese Methode liefert besonders verlässlich forstliche Nutzungen, aber auch Borkenkäfer-Befallsflächen (Abbildung 2).

Um normale Nutzungen von Borkenkäfer-Befallsflächen oder deren nachherige Nutzung zu trennen, wird der zeitliche Verlauf dieser Flächen analysiert.

Die Unterscheidung zwischen abrupten oder kontinuierlichen Veränderungen soll Auskunft geben, ob vor der Nutzung eine Vorschädigung durch Borkenkäfer anzunehmen ist. Diese Abgrenzung von Nutzungen mit Vorschaden soll helfen abzuschätzen, in welchem räumlichen Ausmaß das jährliche forstliche Eingreifen auf Borkenkäferbefall zurückzuführen ist. Derzeit befindet sich diese Methode der Zeitreihen-Analyse jedoch noch im Entwicklungsstadium.

In Zukunft könnte gemeinsam mit den BFW-Vorratskarten für die Käferverdachtsflächen die Kalamität direkt in Festmeter ausgedrückt werden und somit Entscheidungsträgern aus Politik und Praxis als Information dienen.

Gemeinsam mit anderen Satellitendaten, wie Radar (Sentinel-1) oder Einzelaufnahmen hochauflösender WorldView-Daten, wird die satellitengestützte Fernerkundung mehr und mehr zu einem forstwirtschaftlich wichtigen Tool für fortlaufendes Waldmonitoring am Puls der Zeit.

Autoren:
Dipl.-Ing. Christoph Bauerhansl,
Markus Löw, Msc.,
Dr. Klemens Schadauer,
Christian Aufreiter, Msc.,
Institut für Waldinventur,
Bundesforschungszentrum für Wald,
Seckendorff-Gudent-Weg 8,
1130 Wien

Terminavisio: Lehrgang Green Care WALD – Modul 1

GESUNDHEITSORT WALD: WISSEN UND IMPULSE ZUR PRAKTISCHEN UMSETZUNG



Der Lehrgang Green Care WALD lädt dazu ein, den Wald aus dem Blickwinkel der Gesundheitsförderung und Therapie neu zu betrachten: Mediziner, Fachexperten und Praktiker informieren über dieses Thema und geben praktische Impulse. Gemeinsam mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern werden Ideen gesammelt und Erfahrungen diskutiert.

Modul 1 des Lehrgangs Green Care WALD findet vom **18. bis 22. Juni 2018** in der FAST Ossiach, jeweils von **8:00 bis 17:00 Uhr**, statt.

Inhalte



Einführung

in die
Waldfunktionen
sowie rechtliche
Aspekte



Wie wirkt Wald 1

Achtsamkeit
und Waldbaden,
Be-Handlungsraum
Wald / Logopädie



Wie wirkt Wald 2

Outdoor-Fun
im Wald für
übergewichtige
Kinder



Wie wirkt Wald 3

Burnout-
Prävention und
Schmerztherapie
im Wald



Wie wirkt Wald 4

Den Wald mit
Seniorinnen und
Senioren wieder-
entdecken

<http://bfw.ac.at/greencarewald>

Weitere
Module folgen ab
Herbst 2018

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION

Kurskosten Modul 1:

- » mit LFBIS-Betriebsnummer: € 400,— (gefördert)
- » ohne LFBIS-Betriebsnummer: € 800,—