



Zentrum für Wald und Holzwirtschaft

Jahresbericht 2019/2020



Zentrum für Wald und Holzwirtschaft – Jahresbericht 2019/2020





Das Jahr 2020 war nun das erste Jahr des jungen „Zentrums für Wald und Holzwirtschaft“ im Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen. Ein Jahr der Findung und Stabilisierung eines neuen Fachbereichs im Landesbetrieb, wobei die Rahmenbedingungen – Borkenkäferkalamität und Corona-Pandemie – nicht gerade günstig waren.

Die vergangenen drei Jahre haben gezeigt, mit welcher Wucht uns der Klimawandel trifft. Durch immer sichtbarer werdende Umweltveränderungen standen die Mitarbeitenden des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft (ZWH) vor neuen Herausforderungen, bei denen jedoch den Waldbesitzenden sowie der Forstpolitik gezeigt werden konnte, dass es eine gute Entscheidung war, das Lehr- und Versuchswesen und den Bereich Holzwirtschaft von Wald und Holz NRW in Form einer zusammenfassenden Organisationseinheit am Standort Arnsberg zu vereinen. Mit Blick auf die aktuelle Entwicklung unseres Waldes im Klimawandel konnten wir die wald- und klimabezogene Forschung, den Wissenstransfer in die Praxis sowie die Förderung der Nutzung von Holz mit vielen Projekten und Aktionen wesentlich voranbringen. „Der Klimawandel und die aktuellen Schäden unterstreichen die Bedeutung vielfältiger und klimastabiler Wälder für die Natur, die Umwelt und die Menschen in Nordrhein-Westfalen. Im neuen Zentrum können zu naturwissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Fragestellungen eng verzahnt Lösungen erarbeitet werden, von denen die Praxis und die Aus- und Fortbildung direkt profitieren“, betonte Umweltministerin Ursula Heinen-Esser bei der Eröffnung des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft (FB V).

Die Anpassung der Wälder an den Klimawandel bleibt eine der wichtigsten Herausforderungen für die Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen in den nächsten Jahrzehnten. Zurzeit beobachten wir in Nordrhein-Westfalen, wie infolge des Klimawandels extreme Wetterereignisse (Sturm, Hitze, Dürre) und deren Folgen (Borkenkäferkalamität) zunehmen. Die Schäden für die Waldbesitzenden sind verheerend. Vermehrt entstehen Lücken und Kahlfelder im Waldgefüge. Infolge des Klimawandels können sich die Wachstumsbedingungen teilweise gravierend ändern. Der Wald bekommt eine Chance auf einen Neuanfang. Daher zielen neue waldbauliche Strategien darauf ab, die Resistenz und Resilienz der Wälder zu verbessern. Im „Waldbaukonzept NRW“ haben wir diese Strategie praktisch umgesetzt. Im Mittelpunkt der Anpassung an den Klimawandel steht die Frage der künftigen Baumarteneignung, ein Thema, welches wir im neuen „Wiederbewaldungskonzept NRW“ zusammen mit vielen internen und externen Akteuren behandelt haben.

Modernes Waldmanagement nutzt die Mechanismen der natürlichen Wiederbewaldung und der Selektion, modernes Waldmanagement fördert die Vielfalt im Wald. Für die rasche Wiederbewaldung werden Baumarten benötigt, die an starke Störungen angepasst sind. Pionierbaumarten besitzen diese Eigenschaften: Sie fruktifizieren häufig und reichlich, verbreiten ihre Samen effektiv, stellen geringe Standortansprüche und verfügen über ein hohes Anpassungsvermögen an unterschiedliche, variable Umweltverhältnisse. Das ZWH widmete sich diesem Thema im 11. Arnsberger Waldforum „Pionierbaumarten-Management auf Kalamitätsflächen – waldbauliche Behandlung, ökologische Bedeutung, ökonomische Herausforderung“ am 5. November 2020. Aufgrund der uns seit längerer Zeit begleitenden Corona-Pandemie wurde diese Veranstaltung als reine Online-Veranstaltung durchgeführt, eine besondere Herausforderung.

Hingewiesen werden soll an dieser Stelle auch auf das mit großer Aufmerksamkeit verfolgte 10. Arnsberger Waldforum am 14./15. November 2019. Zum Thema „Wald im Klimawandel“ betrachteten rund 140 Experten, Denker und kritische Geister an zwei Tagen die Themen Waldbau und Generhaltung (im Klimawandel) aus unterschiedlichen Perspektiven. In zahlreichen Fachvorträgen aus den Bereichen der Forstgenetik, der Forstpflanzenzucht oder der Waldökosystemforschung wurden Möglichkeiten und Lösungen für die Gestaltung eines zukunftsfähigen Waldes aufgezeigt. Das 10. Arnsberger Waldforum endete am zweiten Tag mit einer Exkursion in das Arboretum Burgholz von Wald und Holz NRW. Hier betrachteten die Teilnehmenden auf den Versuchsflächen verschiedene Waldbilder mit eingeführten Baumarten mit Blick auf den Klimawandel.

Es hat im ersten Jahr des Bestehens des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft viel Freude gemacht, spannende Themen aufzugreifen und Projekte voranzubringen. Wo die Arbeitsschwerpunkte der einzelnen Teams im ZWH in 2020 lagen, welche Monitoring-, Forschungs- und Wissenstransferleistungen erbracht und welche Drittmittelprojekte erfolgreich abgeschlossen bzw. neu eingeworben wurden, ist auf der neuen Intranet-Seite des Landesbetriebes Wald und Holz Nordrhein-Westfalen erläutert. Es wird deutlich, dass in der aktuellen Notsituation die „Scharnierfunktion“ des ZWH deutlich zugenommen hat. Mehr denn je zählen die fachliche Bearbeitung forstlich relevanter Themenbereiche und der Wissenstransfer von Wissenschaft und angewandter Forschung in die forstliche Praxis zu den wesentlichen Kernaufgaben des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft. In den vorliegenden Beiträgen geben wir Ihnen einen kleinen Ausschnitt unserer aktuellen Projekte und Vorhaben.

Für die Unterstützung durch das Umweltministerium NRW und die Leitung des Landesbetriebes Wald und Holz Nordrhein-Westfalen in diesem ersten Jahr des Bestehens des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft sei an dieser Stelle vielmals gedankt. Gleichzeitig möchte ich an dieser Stelle aber darauf hinweisen, dass die Verbesserung von Ablaufprozessen und die vielgestaltigen neuen Herausforderungen besser und effektiver angegangen und bewältigt werden können, wenn junge Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eingestellt werden, die Personalfuktuation minimiert und im Generationswechsel frühzeitig für die Wiederbesetzung wichtiger Funktionen gesorgt wird.

Ich wünsche viel Freude beim Lesen der einzelnen Beiträge und natürlich vielfältige neue Erkenntnisse für Ihre Arbeit.

Bertram Leder

Leiter des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft (FB V) in Arnsberg

Inhalt

Team Zentrale Dienste

Vom „fliegenden Wurm“ und anderen Schadereignissen

Anmerkungen zum historischen Auftreten von Waldkalamitäten

Bernward Selter

11

Team Forstliches Bildungszentrum

Werterhöhung und Risikominimierung im Klimawandel durch moderne Arbeitsverfahren der Bestandespflege

Martin Nolte und Thomas Heimann

21

Der „Smart Forest Worker“ – innovative, sichere Holzernte in klimageschädigten Wäldern

Thilo Wagner, Peter Wiese und Thomas Späthe

26

Digitale Lösungen und Wissenstransfer für die nachhaltige Holzmobilisierung in Europa

Elke Hübner-Tennhoff und Thilo Wagner

32

Team Holzwirtschaft

Fachtagung Holzenergie – Einsatz von Waldenergieholz zur Wärme- und Stromerzeugung

Gregor Stitz

39

Mit modernem Holzbau zu mehr Klimaschutz

Robert Söllig

43

Team Waldplanung

Baumarten-Eignungskarten und Waldentwicklungstypen-Empfehlungskarten für den Klimawandel

Alexander Weller und Stefan Schulte-Kellinghaus (Geologischer Dienst NRW)

47

Bestimmung von Kalamitätsflächen im Nadelwald über die Auswertung von Satellitendaten

Berthold Mertens, Jörg Meißner, Stefan Franz und Johannes Bürvenich

50

Forschungsprojekt zu kontinuierlichen Vitalitäts- und Waldschadensanalysen durch Fernerkundungsdaten gestartet

Berthold Mertens und Johannes May

54

Erhalt bzw. Steigerung der nachhaltigen Holzproduktion unter Nutzung von Baumarten aus anderen biogeografischen Regionen

Norbert Asche

56

Team Waldbau

Eingeführte Baumarten und Klimawandel: Ist der Wald der Zukunft bunter? Christoph Klose	61
Forstvermehrungsgut im Klimawandel Jana Hanke, Chris Kenter, Karin Müller und Martin Rogge	65
Waldwachstum im Klimawandel Carolin Stiehl	68

Team Wald- und Klimaschutz

Rußrindenerkrankung am Ahorn Sven Glück, Mathias Niesar und Rolf Kehr	71
Importkontrollen und Monitoring als Maßnahmen gegen Einschleppung und Ausbreitung von Schadorganismen im Holz Alberto Boniolo und Romina Thalmann	74
Alternative Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Eichenprozessionsspinner (EPS) (<i>Thaumetopoea processionea</i>) André Liefertz, Marion Jacoby und Mathias Niesar	77
Menschengemachter Klimawandel in Nordrhein-Westfalens Wäldern für jeden sichtbar angekommen Mathias Niesar, André Liefertz, Anna Peters, Annette Köhne-Dolcinelli, Florian Heimsch, Marion Jacoby, Michael Cescotti, Norbert Geisthoff und Sven Glück	81
Gemeinsam mit natürlichen Feinden gegen die Fraßgesellschaft – das FNR-Projekt „Eichenresilienz“ Wiebke Theisinger, Yannick Prümers und Mathias Niesar	86
Alternative Borkenkäferbekämpfung mit Heißluft Norbert Geisthoff, Theo Werres, Winfried Bergen und Mathias Niesar	89

Ausgesuchte Ereignisse im Jahresverlauf

November 2019: 10. Arnsberger Waldforum „Wald der Zukunft“ mit einer Exkursion in das Arboretum Burgholz zum Thema „Eingeführte Baumarten – waldbauliche Möglichkeiten im Klimawandel“

Dezember 2019: 1. Workshop von Mitgliedern der Sektion Waldbau im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA) zum Projekt „Waldwachstumskundlicher Anbauversuch mit Weißtanne“ in Kassel

2019

Januar 2020: Workshop „Klimawandel und regionale Rohstoffversorgung“ im Rahmen der Clusterinitiative proHolz.NRW am FBZ in Neheim

2020

Februar 2020: Offizielle Eröffnung des am 5.11.2019 gegründeten „Zentrums für Wald und Holzwirtschaft“ im Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen durch Umweltministerin Ursula Heinen-Esser

April 2020: Workshop zum Verbundprojekt „Seltene und eingeführte Baumarten“ im Deutschen Verband Forstlicher Versuchsanstalten

März 2020: Kick-off der transnationalen Kooperation mit der EFI Bioregions Facility in Bilbao

Mai 2020: Holzkonservierung durch Folienlager: Öffnung und Beurteilung der Holzqualität des ersten Folienlagers im Arnsberger Wald

Juni 2020: Borkenkäfer befallen auch Kiefern und Douglasien (Möhnesee)



August 2020: „Holzbau heute: Stadt von morgen“: Digitaler Gemeinschaftsstand auf der „polis Convention digital“, Messe für Stadt- und Projektentwicklung

Juli 2020: Beginn der landesweiten Waldzustandserhebung



September 2020: Symposium „Bauen mit Holz“, Erfurtstadt

Oktober 2020: Besuch des kanadischen Botschafters

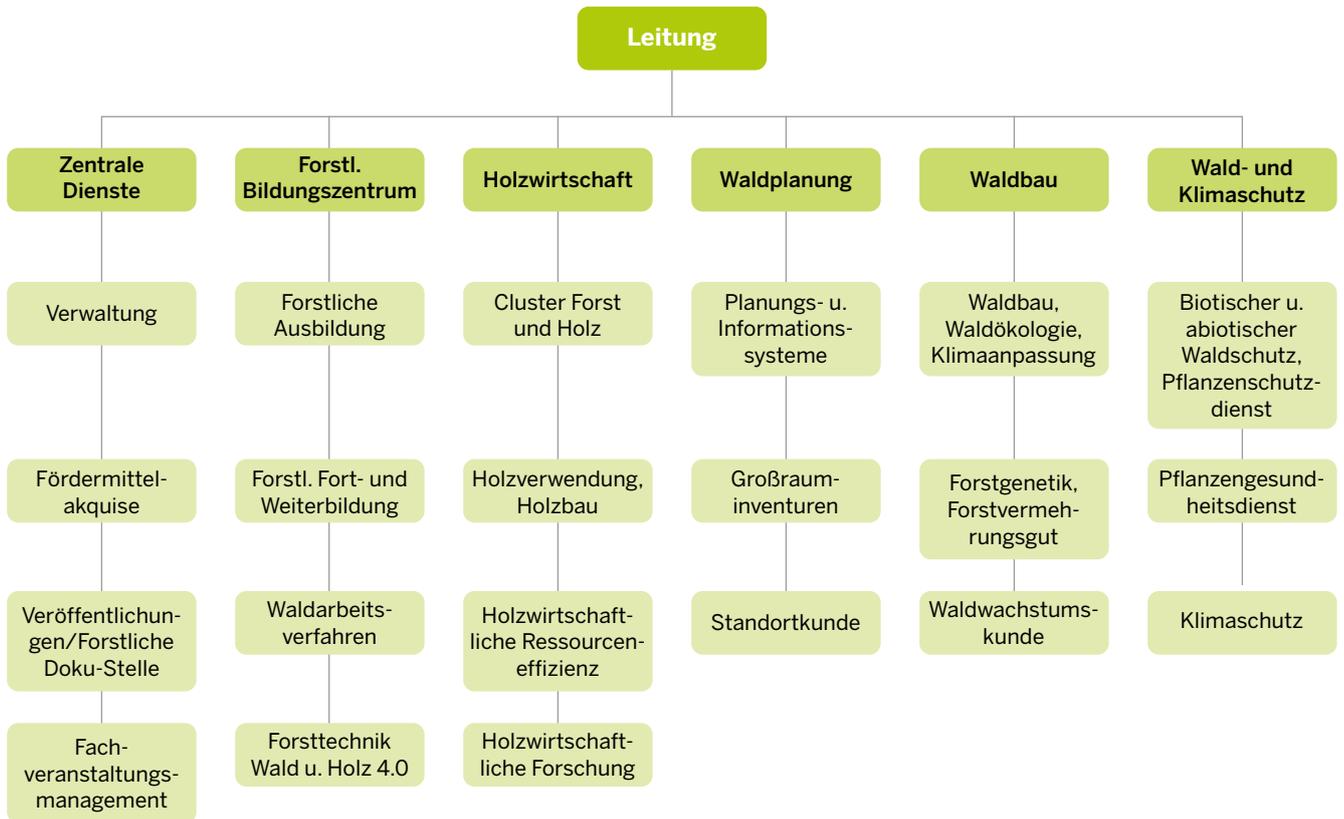


November 2020: Landespressekonferenz: Veröffentlichung des neuen Wiederbewaldungskonzepts NRW für Fichten-Kalamitätsflächen sowie Veröffentlichung des Waldzustandsberichts durch Umweltministerin Ursula Heinen-Esser



Dezember 2020: Webinar „Brandschutz im Holzbau“

Zentrum für Wald und Holzwirtschaft (FB V) Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen Organigramm



A large, light-colored building with a dark tiled roof and a prominent tree in the foreground, surrounded by a field of yellow dandelions. The building has a unique architectural style with rounded, arched windows and a prominent tower-like structure on the right side. The foreground is filled with a dense field of yellow dandelions, and a wooden fence runs across the middle ground. The overall scene is bright and natural, suggesting a rural or park-like setting.

TEAM
ZENTRALE
DIENSTE

Vom „fliegenden Wurm“ und anderen Schadereignissen

Anmerkungen zum historischen Auftreten von Waldkalamitäten

Bernward Selter

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der in den letzten Jahrzehnten gehäuft auftretenden extremen Witterungsverhältnisse und Waldschäden ist das Interesse an „historischen“ Naturkatastrophen und Waldschadensereignissen gewachsen. Dieser Beitrag bietet einen ersten Rückblick auf frühere Waldkalamitäten, vor allem innerhalb der Grenzen des späteren NRW.

„Im allgemeinen rechnet man den Winter zu fünf Monaten“, vermerkte 1911 W. Benkert in seiner wirtschaftsgeographischen Untersuchung zur Ederkopf-Winterberg-Plattform (Benkert 1911, 18). Für Altastenberg listete er durchschnittlich 65,8 Tage mit Schneefall und 108,4 Tage mit geschlossener Schneedecke pro Jahr auf! Angesichts vieler „grüner Winter“ der letzten Jahre erscheinen solche Zahlen fast wie aus einer anderen Welt. Der Klimawandel der vergangenen Jahrzehnte hat aber nicht nur zu Temperaturanstieg und veränderten Niederschlagsverhältnissen geführt, sondern vermehrt auch zu extremen Wetterereignissen. Diese Entwicklungen haben mit dazu geführt, dass sich Häufigkeit und Intensität von Waldkalamitäten in letzter Zeit verstärkt haben.

Dennoch gab es auch in früheren Zeiten größere Waldschadensereignisse, sei es durch Witterungseinflüsse oder andere Ursachen. Wie umfangreich sie waren und in welchen Intervallen sie aufgetreten sind, lässt sich teilweise aus historischen Forsteinrichtungswerken, Reviergeschichten oder Erläuterungen zur Standortkartierung herauslesen. Auch die forsthistorische und regionalgeschichtliche Literatur liefert einige Belege. An dieser Stelle kann nur ein knapper Rückblick auf das historische Auftreten einiger Waldkalamitäten, hauptsächlich mit Bezug zu NRW, gegeben werden. Die Interpretation der Ursachen und Folgen der Kalamitäten wäre ein lohnenswertes Forschungsunternehmen.

Biotische Waldschäden: „Wurmtröcknis“ bzw. Borkenkäferbefall

Manchmal wird das Holz am falschen Ort produziert. Standortbedingungen und passender Holzartenwahl wurde lange Zeit zu wenig Beachtung geschenkt. Die sich im 19. Jahrhundert

in unserer Region ausbreitenden Altersklassenwälder mit Nadelholz entspannten zwar den Holzmarkt und erhöhten die Gesamtwaldfläche, zeigten aber schon bald auch die Schwächen der Reinbestandswirtschaft auf. Bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts häuften sich die Schäden durch Insekten und Sturm an den ersten hiebsreifen Nadelholzreinbeständen.

In Regionen außerhalb des heutigen NRW liegen schon aus früheren Zeiten Berichte über große Borkenkäfer-Kalamitäten vor. Erste Spuren eines Borkenkäferbefalls führt J. F. Gmelin 1787 für das 15. Jahrhundert im Harz auf. Zuverlässige Nachrichten liegen seit dem 16. Jahrhundert vor. Im 18. Jahrhundert schließlich nahmen die Schadensmeldungen immer mehr zu, so zum Beispiel 1748/1749 aus der Lüneburger Heide. Besonders häufig jedoch begegnen uns Berichte aus dem Harz, wo vor allem zwischen 1779 und 1785 „grossartige Waldbeschädigungen“ gemeldet wurden, „die wohl geeignet waren, die Forstwirthe mit Schrecken zu erfüllen“ (Bernhardt 1874, 152). In den 1780er-Jahren sollen in den Harzer Kommunionforsten über 1,1 Mio. Stämme der „Wurmtröcknis“ zum Opfer gefallen sein (Beck 1909, 21). Übrigens bezeichnete man den gemeinen Borkenkäfer (*Bostrychus typographus* L.) seinerzeit oft als „Schwarzen Wurm“, „Fliegenden Wurm“ oder Ähnliches. Das Vertrocknen und Absterben der befallenen Bäume ging als „Wurmtröcknis“ in die damalige Fachliteratur ein.

In den rheinischen und westfälischen Betriebswerken des 19. Jahrhunderts finden sich relativ wenige Hinweise auf Fraßschäden durch den Borkenkäfer; hier bereiteten offensichtlich Mäuse, Rüsselkäfer und andere Insekten größere Probleme. Nach den Auswertungen von A. Hiersekorn aus der Nordeifel soll der Waldgärt-



Abb. 1: Vom Waldgärtner befallene Kiefern bei Neustadt-Eberswalde. Quelle: Ratzeburg, J. T. C., 1839: Die Forst-Insecten ... Erster Theil. Berlin

ner „zum ersten Mal 1828 in Kiefernbeständen im nördlichen Teil des Regierungsbezirkes [Aachen] aufgetreten sein. 1838 und 1839 tritt er im Forstamt Höfen ziemlich stark auf, verschwindet aber dann genau so schnell wieder. Im Forstamt Hürtgen zeigt er sich nach dem Schneebruch von 1850 sehr stark, während die anderen Forstämter Fehlannonce melden“ (Hiersekorn 1989, 334).

Besonders gravierende Schäden traten durch die Borkenkäfermassenvermehrung im und nach dem Zweiten Weltkrieg auf. Die Borkenkäfer fanden in diesen Jahren ideale Lebensbedingungen vor:

- ein schwerer Sturm am 14. November 1940,
- Beschussschäden in den Wäldern,
- der Verbleib von großen Mengen Restholz in den Wäldern durch die Direktoperationen,
- das Dürrejahr 1947 und der heiße Sommer 1949 sowie
- ein chronischer Waldarbeitermangel.

All das führte dazu, dass in Nordrhein-Westfalen rund 590.000 fm Fichtenstammholz als Käferholz anfiel. In ganz Mitteleuropa sollen es zwischen 1947 und 1951 rund 30 Mio. fm gewesen sein. Aus Tabelle 1 lässt sich der zeitliche Verlauf der Kalamität ablesen, aus der Karte die räumliche Verteilung des Schadholzanteils (Abb. 2).

Wie sich gezeigt hat, war das Ausmaß der Kalamitäten in früheren Jahrhunderten bzw. Jahrzehnten im Vergleich zur aktuellen Massenvermehrung der Borkenkäfer deutlich geringer. Die bisherigen Schadholzmengen der Kalamität seit 2018 belaufen sich nach Erhebungen von Wald und Holz NRW bei der Fichte auf über 30 Mio. Festmeter – ein wahrlich „historischer“ Schaden durch den Borkenkäfer.

Biotische Waldschäden: Eichenschädlinge

Seit einigen Jahren kommt es fast überall im Land zu Massenausbreitungen des Eichenpro-

Tabelle 1: Zusammenstellung über den Käferholzanfall in den einzelnen Wirtschaftsjahren (aus einer Auswertung von Prof. F. Schwerdtfeger nach den Zahlen sämtlicher Forstdienststellen aller Waldbesitzarten; Quelle: Wald und Holz NRW, Forstliche Dokumentationsstelle (FoDoS), Forstamt Siegburg Nr. 74)

Wirtschaftsjahr	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	Summe
Anfall in fm	800	1.210	2.015	3.750	2.845	3.774	7.080	41.945	240.718	246.628	39.229	589.994
Befallene Forstämter	3	5	5	9	9	13	19	35	55	79	77	
Mittl. Anfall je FA in fm	267	242	403	417	316	290	381	1.198	4.377	3.236	509	

zessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*). Nach einigen Jahrzehnten Unterbrechung wurden 1994 wieder Falter im Schwalm-Nette-Gebiet gefunden. In den folgenden Jahren breiteten sich die Raupen von der holländischen Grenze über den Niederrhein und das übrige Rheinland bis in die Westfälische Bucht aus. Während sich die meisten Menschen besonders wegen der Brennhaare und der durch sie ausgelösten gesundheitlichen Beeinträchtigungen sorgen, haben die Waldbesitzer vor allem die Schäden im Blick, die die Raupen den Eichen zumindest bei mehrjährigem Fraß zufügen.

Doch sind diese Katastrophen nicht neu. Sie lassen sich für NRW mindestens bis in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts zurückverfolgen. Eine bedeutende Massenvermehrung gab es

1828/1829 in der Grafschaft Mark, im Münsterland und angrenzenden Regionen. Für die Mark berichteten Zeitgenossen, dass dort „das nun beschriebene Insekt, was nach der Mitteilung älterer Einwohner der Gegend um Preuß. Minden, Lübbecke, Herford, Bünde, nach Ablauf von 8 bis 10 Jahren in großer Zahl sich immer wieder zeigen soll“ (Nicolai 1833, zit. nach Sobczyk 2014, 12), eine bedeutende Plage sei.

In den Jahren 1827-1829 entlaubte der Eichenprozessionsspinner viele Eichenwälder im Westen und Südwesten Deutschlands. Aus Westfalen hieß es in einem Bericht aus dem Jahre 1828: „Die Eichenwaldungen von einem beträchtlichen Theile Westfalens litten im verwichenen Sommer sehr von der mit Recht übelberüchtigten Prozessions-Raupe (*Phalaena*



Abb. 2: Übersichtskarte mit der räumlichen Verteilung des Käferholzanfalls 1940-1950. Quelle: FoDoS, Forstamt Siegburg, Nr. 74

Bombyx processionea), die seit Menschengedenken in solcher Menge nicht vorgekommen war. Schon vor zwei Jahren bemerkte [der] Referent sie in der Gegend von Bochold und im Ravensbergischen. Im verflossenen Jahre fand sie sich überall im Regierungsbezirke Münster in derartigem Übermaße, daß um Johanni fast kein Eichenblatt mehr zu finden war, weder in den Waldungen, noch selbst in den Hecken und an einzeln stehenden Bäumen“ (Bönninghausen 1829, 172).

Aufzeichnungen über das Auftreten anderer Schädlinge – etwa Eichenwickler und Frostspanner – gibt es spätestens seit Anfang des

18. Jahrhunderts. Während die dokumentierten Schäden an Eichen im 18. und 19. Jahrhundert aber eher lokal beobachtet wurden, kam es 1911 und in den folgenden Jahren zu großflächigen Schäden in ganz Nordwestdeutschland mit einem Schwerpunkt im Münsterland. Das Massensterben der Eichen in Westfalen nach dem trockenen Sommer 1911 soll nach H. Wachter (1999) eine neue Erscheinung gewesen sein. Die ab Mitte des 19. Jahrhunderts angebaute reinen Eichenbestände (v. a. zur Grubenholzgewinnung) boten ideale Voraussetzungen für den Eichenwickler. Der Anbau der gegen viele Schädlinge resistenten amerikanischen Roteiche war eine Antwort auf die damals im

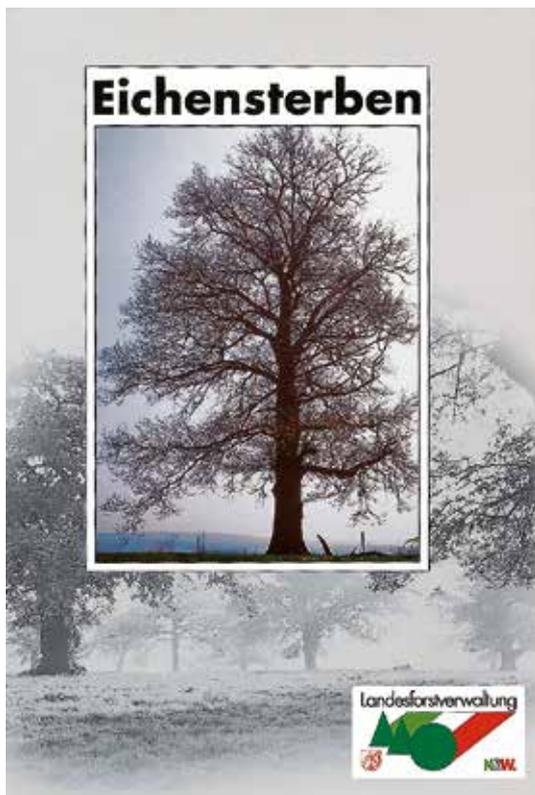


Abb. 3: Titelbild des Heftes „Eichensterben“ (Teil 1) der Landesforstverwaltung NRW

Münsterland wütenden Eichenwickler und Frostspanner, aber auch auf die in Industrienähe auftretenden „Rauchschäden“ an Kiefern, Fichten und Buchen. Mitte der 1920er Jahre trieben der Kiefernspanner in den Kiefernstangenhölzern und der Kieferntriebwickler in den Kiefernkulturen ihr Unwesen.

H. Wachter hat in zwei Heften der Schriftenreihe der Landesforstverwaltung das Eichensterben im 20. Jahrhundert näher untersucht (Wachter 1999 und 2001).

Abiotische Waldschäden: Sturm und Windfälle

Wenn wir an die großen Sturmkatastrophen denken, fallen uns neben dem in NRW so verheerenden Sturm „Kyrill“ (17./18.1.2007) vor allem die Orkane „Daria“ (25.1.1990), „Vivian“ (26.2.1990), „Wiebke“ (28.2./3.3.1990) und „Lothar“ (26.12.1999) ein. Der Klimawandel führt offensichtlich zur Häufung schwerer Sturmereignisse.

Dass schon vor dem Aufkommen der modernen Forstwirtschaft im 18./19. Jahrhundert größere sturmbedingte Waldkalamitäten auftraten, belegt ein Beispiel aus dem Arnsberger Wald. J. S. Seibertz berichtet in seiner Abhandlung über die Marken im Arnsberger Wald über Streitigkeiten zwischen der Stadt Soest und dem

damaligen Kurfürsten des Herzogtums Westfalen. Es ging um die Verteilung der Holzmengen, die „nach einem im Jahre 1612 statt gehabten Sturmwinde, der viele hundert Eichen und Buchen im Walde niedergeworfen“ (Seibertz 1857, 102) hatte, angefallen waren. Tatsächlich finden sich Hinweise auf dieses Ereignis in der Klimageschichte. R. Glaser notiert über das Jahr 1612 unter anderem: „Zum Ende des Jahres tobten (...) auffallend häufig Stürme über Mitteleuropa. (...) schwere Stürme führten in der letzten Oktoberdekade und Anfang November zu schweren Schäden. (...) Ende des Jahres erlebte Mitteleuropa, zeitlich mit dem Weihnachtstauwetter zusammenfallend, ein Sturmszenario, das mehrere Tage andauerte und schließlich, von starken Gewittern begleitet, zu einem regelrechten Inferno anwuchs“ (Glaser 2013, 136).

Ein in den Quellen gut dokumentiertes Beispiel für einen schweren Orkan mit immensen Schäden in den Wäldern ist der Märzorkan 1876 (12./13.3.1876). Er gilt als einer der schlimmsten seiner Art und wurde als ein mehr als 100-jähriges Ereignis eingestuft. Ihm fielen nach niedriger Schätzung 7-8 Mio. Festmeter Derbh Holz zum Opfer. Dass es nicht wesentlich mehr waren, hängt sicherlich mit der damals noch nicht so weit fortgeschrittenen Bestockung mit Nadelhölzern zusammen: „An der Egge (Oberf. Altenbeken) wurden die Fichtenhorste aus dem Laubholz herausgebrochen (...). In Hardehausen (...) sind nur Fichten gebrochen, obwohl das Revier 84 % Laubholz-Bestände hat; auch in den übrigen Revieren der Regierungs-Bezirke Minden und Arnsberg, welche sämtlich überwiegend Laubholzbestände haben, ist der Schaden in Laubholz nicht erheblich, der in Fichten weitaus vorherrschend. Dasselbe gilt im Ganzen für die Reviere am Nordabhang der Eifel“ (Bernhardt 1878, 219).

Das Betriebsregulierungswerk der Oberförsterei Obereimer vermerkte 1893: „Große auf die Bewirtschaftung einflußreiche Sturmbeschädigungen sind in den letzten 50 Jahren nicht vorgekommen, da die herrschende Holzart die wenig sturmgefährdete Buche ist. Auch die älteren Nadelhölzer haben sich als ziemlich sturmfest bewährt, weil sie meist trockenere Bodenpartien einnehmen und daher eine ziemliche Wurzelfestigkeit besitzen. Nur wo die Fichten auf nassen Lehmboden stocken und zu Rothfäule neigen, ist auch Windwurf und Windbruch nicht ausgeblieben“ (FoDoS, Forstamt Arnsberg, Nr. 28).

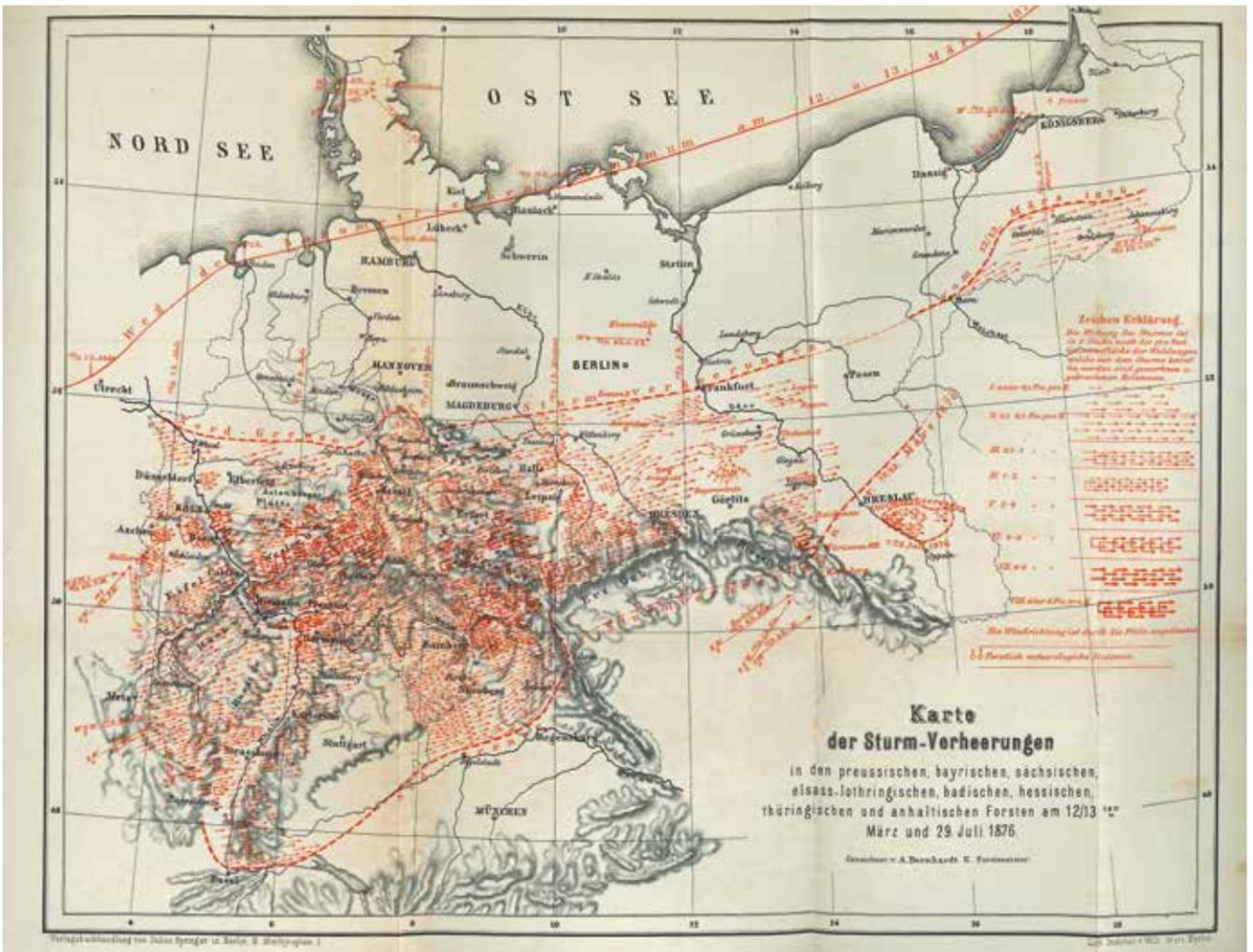


Abb. 4: Zeitgenössische Karte der Sturmschäden durch die beiden Orkane im März und Juli 1876. Quelle: Bernhardt 1878

Weitere größere Windwurfkatastrophen im 20. Jahrhundert ereigneten sich am 7. und 14. November 1940 (deutschlandweite Schäden von 16 Mio. fm, NRW war das Hauptschadensgebiet). Am 13.11.1972 fegte ein Zyklon über Nord- und Ostdeutschland. Insgesamt fielen hier 29 Mio. fm Schadh Holz an. NRW kam mit 950.000 fm noch relativ glimpflich davon.

täten auftraten (1870 und 1875), häuften sich die Klagen über stärkere Schneebruchschäden. Im November 1870 fielen in den höher gelegenen Revieren des Regierungsbezirks Aachen 51.726 „Raum-Kubikmeter“ (FoDoS, Nachlass A. Hiersekorn) an.

Schneebruch und Eisregen

Auch bei Schneebruch und Eisregen sind die Nadelhölzer gefährdeter als das Laubholz, wobei natürlich auch die Herkunft der Bäume eine gewisse Rolle spielen. In der Eifel wurden schon Mitte des 19. Jahrhunderts starke Ausfälle durch Schneebruch, besonders in Kiefernbeständen aus Flachlandherkünften, beobachtet. Insgesamt kamen im gesamten Land besonders Kiefern, Fichten und Tannen, danach erst Laubhölzer zu Schaden.

Mit zunehmendem Anteil der Nadelhölzer an der Gesamtbestockung der Wälder erhöhte sich auch die Gesamtmenge der Bruchschäden an Derbholz. In den 1870er Jahren, in denen mindestens zwei größere Schneebruchkalami-

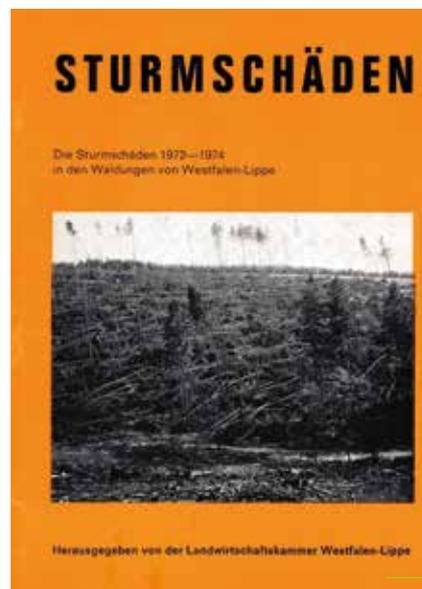


Abb. 5: Titelseite eines von der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe herausgegebenen Heftes über Sturmschäden

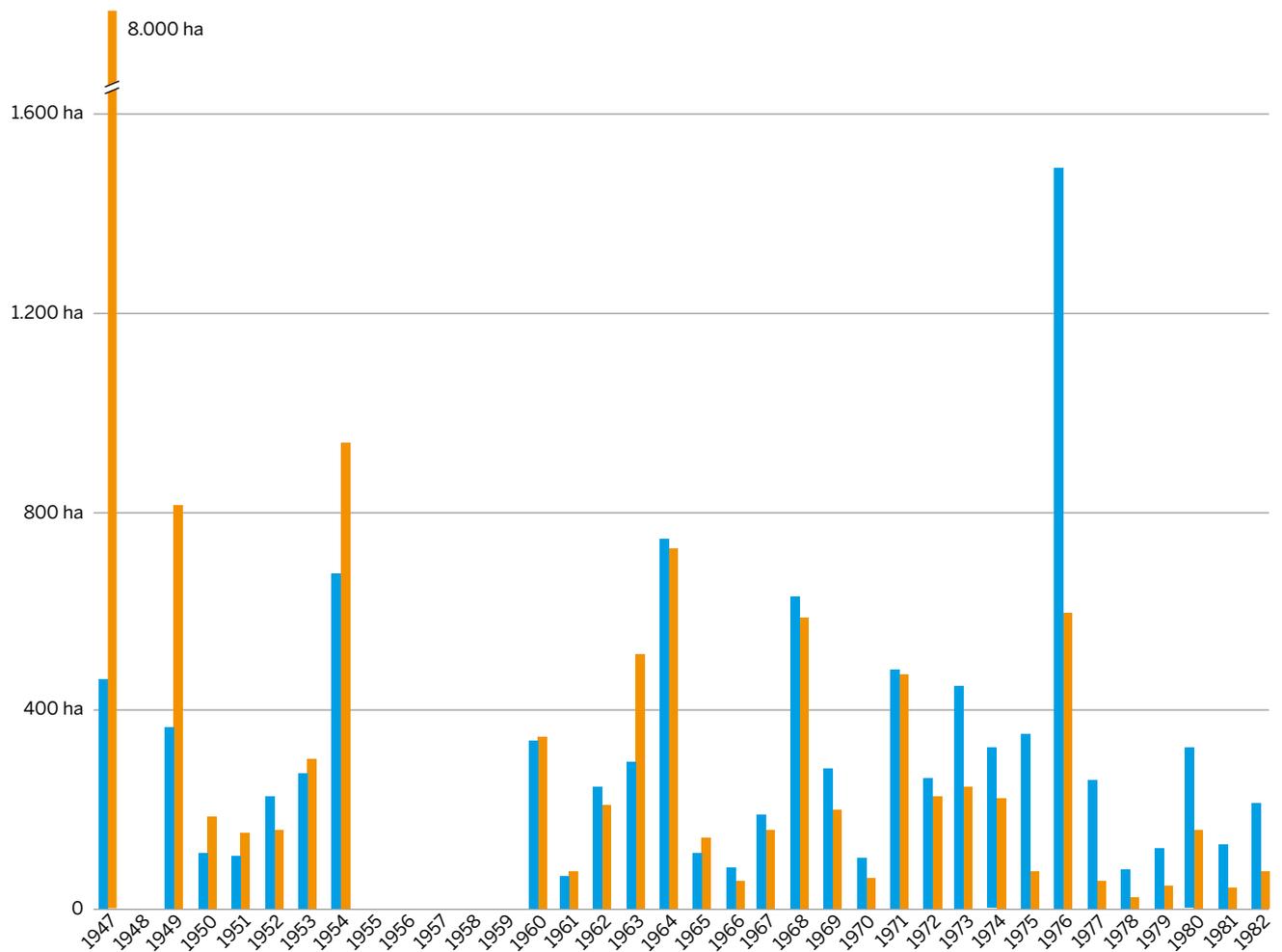


Abb. 6: Typisches Bestandsbild nach 40 Stunden Schneesturm: Schneebruch nach der Schneebruchkatastrophe am 17./18. April 1936; Aufnahme aus dem Bereich des Forstamtes Arnsberg

„Aus den zahlreichen mehr oder weniger kleinen örtlichen Schneeschäden ragt die Schneebruchkatastrophe vom 17. und 18. April 1936 hervor, der in Westdeutschland 1,5 Mio. fm zum Opfer fielen und die auch in Nordrhein-Westfalen große Verheerungen anrichtete. Allein in den sauerländischen Forstämtern Rumbeck, Obereimer und Neheim kamen 1936 an Stelle der planmäßigen 19.200 fm etwa 135.500 fm Nadelholz zum Einschlag“ (Hesmer 1958, 190).

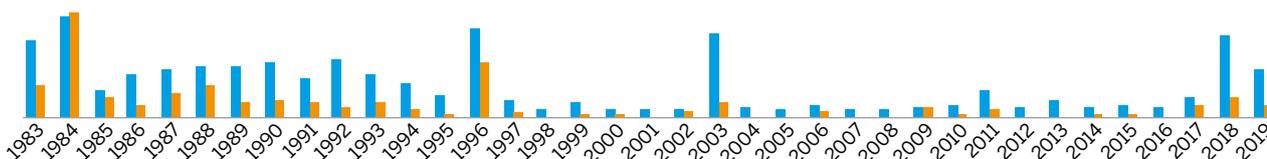
Es konnte jedoch auch die Laubhölzer und hierbei insbesondere die Buche treffen, wie das Beispiel des schweren Eisregens am 30.11./1.12.1988 zeigt. Damals brachen allein im schwer betroffenen Ostwestfalen-Lippe neben 50.200 m³ Fichte und 24.700 m³ Kiefer auch 96.200 m³ Buche und 4.200 m³ Eiche unter der Last des Eises zusammen. Der Eisanhang schädigt neben Buche, Eiche und Erle aber auch die Weichlaubhölzer. So brachen im März 1987 zum Beispiel im Bereich der Senne ganze Birkenbestände unter der Last des Eisregens zusammen (Leder 1989).

Waldbrände

Die im Frühjahr 2020 aufgetretenen Waldbrände haben ein Waldschutz-Thema wieder in

Abb. 7: Anzahl von Waldbränden und deren Gesamtfläche in NRW seit 1947; die Zahlen von 1948 und 1955-1960 waren nicht greifbar (Quellen: Hesmer 1958, 196f.; Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE); Niesar, M.; Schulte, A., 2003: Baumschäden und Waldschutz. In: Schulte, A. (Hrsg.): Wald in Nordrhein-Westfalen. Bd. 2., Münster, S. 614-640.

■ Anzahl
■ Hektar



den Fokus gerückt, das über viele Jahre kaum Beachtung fand. Größere Waldschäden durch Feuer gehörten in NRW seit mehreren Jahrzehnten eher zur Ausnahme.

In den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg sah das anders aus. Besonders am Niederrhein (im Grenzwaldgebiet zwischen Kaldenkirchen und Wassenberg, im Klever Reichswald) und in der Eifel verbrannten Tausende Hektar Waldvegetation. So verwüstete zum Beispiel am 24.4.1948 ein von Sturm und Munition angefachter Großbrand rund 6.700 ha im Klever Reichswald. In der Eifel brannten im heißen Sommer 1947 etwa 6.000 ha Wald. Große Mengen an totem Holz sowie sich ständig wieder entzündende Munitionsreste und unentdeckte Brandbomben entfachten die Feuer auch in den beiden folgenden Jahren immer wieder.

Neben natürlichen Feuern gehören seit historischer Zeit auch vom Menschen direkt oder indirekt verursachte Brände zum Erscheinungsbild in den Wäldern. Man denke etwa an die Folgen verschiedener Formen der Brandrodung oder die Brände durch potenzielle Feuerherde, zu denen Kohlenmeiler, Aschenbrennereien oder Glashütten zählten. erinnert sei auch an



Abb. 8: Plakat der Aktion „Flammender Eichkater“. 1976 startete die Schutzgemeinschaft Deutscher Wald eine Kampagne zur Waldbrandverhütung. Als Symbol wählte sie in Anlehnung an den amerikanischen „Smokey Bear“ einen flammenden Eichkater als Werbemaskottchen, um die Bevölkerung zur Vermeidung von Waldbränden anzuhalten. Quelle: Bibliothek FoDoS

gelegte Feuer, um den Wald für die Viehweide weiter aufzulichten.

Durch den Bestockungswandel und die großflächigen Aufforstungen mit Nadelhölzern ab dem 18./19. Jahrhundert änderte sich der anthropogene Einfluss auf das Waldbrandgeschehen. Die Brandgefährdung, vor allem durch Kiefern und Fichten (besonders in den Kultur- und Dickungsstadien) ließ offenbar auch Häufigkeit und Umfang der Waldbrände zunehmen.

Forciert wurde diese Entwicklung durch Trockenjahre. So brannten im Mai 1900 in der Umgebung von Rötgen und im Staatsforst Eupen 945 ha Wald, im April 1901 im Gemeindeforstamt Monschau 1.200 ha. Im August 1911 soll ein bis in die Niederlande reichender Großbrand im Bereich Elmpter Wald und Meinweg rund 5.000 ha Wald vernichtet haben (Cimolino 2014, Anhang S. 19). Ende Juli 1921 fielen über 600 ha Kiefernbestände im Forstamt Hambach den Flammen zum Opfer.

Aus Abbildung 7 wird ersichtlich, dass – mit Ausnahme von 1976 – etwa seit Mitte der 1960er-Jahre sowohl die Zahl der Waldbrände als auch die Brandfläche kontinuierlich abgenommen haben. „Der Grund liegt in dem „Entwachsen“ der Nachkriegsaufforstungen aus den besonders waldbrandgefährdeten Kultur- und Dickungsstadien. Die zunehmende Begründung von Laubholzkulturen seit Mitte der 1980er Jahre dämmte die Brandgefährdung der Waldbestände weiter ein. Herausragend sind allerdings die Brandereignisse im „Jahrhundertssommer“ 1976. Auf 600 Hektar Waldfläche verursachten 1.493 Waldbrände einen Schaden von etwa 1,6 Mio. Euro“ (Niesar und Schulte 2003, 622).

Literatur

Beck, R., 1909: Die Insekten- und Pilzkalamitäten im Walde. Historische, wirtschaftliche und forstpolitische Betrachtungen. Tharandter Forstliches Jahrbuch 60, 1-65.

Benkert, W., 1911: Wirtschaftsgeographische Verhältnisse, Volksdichte und Siedlungskunde der Ederkopf-Winterberg-Plattform. Marburg.

Bernhardt, A., 1874: Geschichte des Waldeigentums, der Waldwirtschaft und Forst-

wissenschaft in Deutschland. Bd. II. Berlin. Bernhardt, A., 1878: Waldbeschädigungen durch Windbruch, Schnee-, Eis- und Duftbruch in der Zeit vom 1. October 1875 bis dahin 1876. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 9, 187-298.

Bönninghausen, C. M. F. von, 1829: Statistik der westfälischen Landwirtschaft im Jahre 1828. Münster.

Glaser, R., 2013: Klimageschichte Mitteleuropas. 1200 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. 3. Aufl. Darmstadt.

Gmelin, J. F., 1787: Abhandlung über die Wurmtroknis. Leipzig.

Hesmer, H., 1958: Wald und Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Hannover.

Hiersekorn, A., 1989: Waldgeschichte der Nordeifel. Bonn.

Leder, B., 1989: Schädigung der Weichlaubhölzer durch Eisanhang. AFZ 44, 50.

Nicolai, A. H., 1833: Die Wander- oder Prozessionsraupe (*Bombyx processionea*) in naturhistorisch-landespolizeilich und medicinischer Hinsicht geschildert. Berlin.

Seibertz, J. S., 1857: Die Marken des Arnberger Waldes. In: Ders.: Quellen der westfälischen Geschichte, Arnberg, S. 96-133.

Sobczyk, T., 2014: Der Eichenprozessionsspinner in Deutschland. Historie – Biologie – Gefahren – Bekämpfung. Bonn.

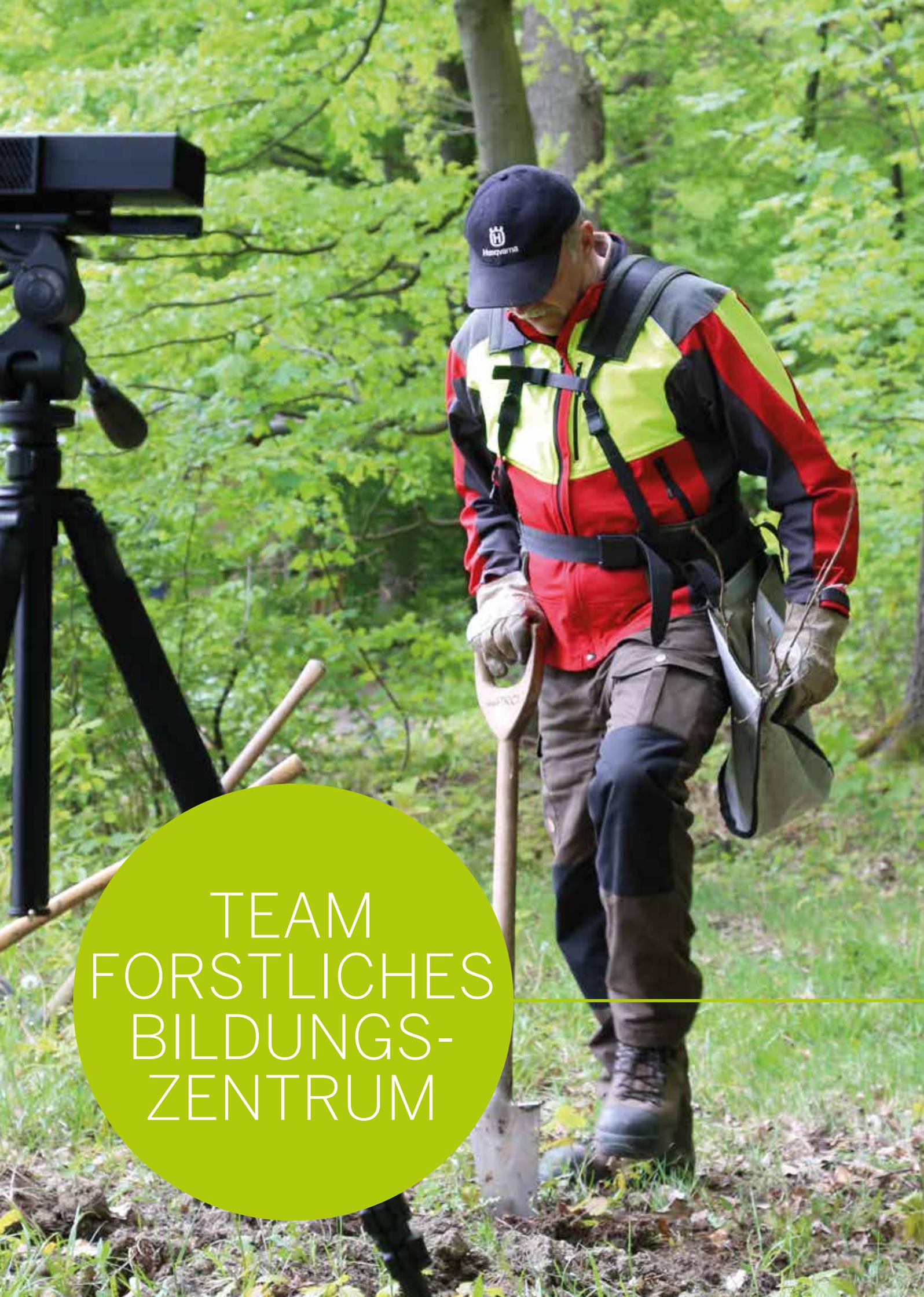
Wachter, H., 1999: Untersuchungen zum Eichensterben in Nordrhein-Westfalen, Teil I (1900-1950). Schriftenreihe der Landesforstverwaltung NRW 9. Düsseldorf.

Wachter, H., 2001: Untersuchungen zum Eichensterben in Nordrhein-Westfalen, Teil II (1951-2000). Schriftenreihe der Landesforstverwaltung NRW 13. Düsseldorf.

Tabelle X.

Zeit des Sturmchadens.

Oberförsterei	Ortslage		Zeit des Sturmchadens	Oberförsterei	Ortslage		Zeit des Sturmchadens
	nach geographischen Längsgraden	nach Provinz oder Regierungs-Bezirk			nach geographischen Längsgraden	nach Provinz oder Regierungs-Bezirk	
Am 12. März 1876.							
Hürtgen und Mulartshütte	i. d. Nähe des 24. Grad.	Aachen	6-9 h. Ab.	Trebur	i. d. Nähe von 26½ Grad	Starken- burg (Hessen)	8-11 h. Ab. 7-10 "
Eupen und Höben	"	"	6-10 "	Wolfsgarten	"	"	6½-8 "
Hambach	"	"	6-10 "	Woogsdamm	"	"	7-10 "
Schevenhütte	"	"	5-11 "	Jägersburg	"	"	geg. 10 "
Trier	"	Trier	7-10 "	Lorsch	"	"	7-10 "
Saarbrücken	i. d. Nähe des 25. Grad.	"	6-10 "	Lampertheim	"	"	8-9 "
Carlsbrunn	"	"	7-10 "	Gernsheim	"	"	geg. 9 "
St. Wendel	"	"	6-8 "	Biernheim	"	"	8-11 "
Kottenforst	"	Cöln	7-12 "	Babenhausen	"	"	8-9 "
Siebengebirge	"	"	6½-11 "	Lengfeld	"	"	7-9 "
Gerresheim	"	Düsseldorf.	6-11 "	Schaafheim	"	"	8½-10 "
Entenpfuhl	"	Coblenz	7-9 "	Zellhausen	"	"	6-9 "
Deftrich	i. d. Nähe des 26. Grad.	Wiesbad.	7-11 "	Altenstadt	"	Ober- hessen	6-10 "
Ullingen	"	"	9 "	Biegenheim	"	"	6-10 "
Oberems	"	"	8-10 "	Bugbach	"	"	7-11 "
Neuweilnau	"	"	8-11 "	Dudelsheim	"	"	6-8 "
Laxenelnbog.	"	"	7-12 "	Nied.-Eschbach	"	"	7-9 "
Weilburg	"	"	8-12 "	Oberrosbach	"	"	6-10 "
Johannisburg	"	"	7-10 "	Gießen	"	"	7-10 "
Kennerod	"	"	7-11 "	Heinbach	"	"	7-1 "
Neuhäusel	"	"	6½-11½ "	Homburg	"	"	7-9 "
Battenfeld	"	"	9-12 "	Nied.-Ohmen	"	"	7-9½ "
Obereimer	"	Arnsberg	8 "	Schiffenberg	"	"	geg. 9-12 "
Rumbach	"	"	8-10 "	Trais a. d. L.	"	"	8-1 "
Lübel-Bilstein	"	"	7½-9½ "	Kauschenberg	"	Kassel	8-12 "
Siegen	"	"	8-9½ "	Frankenau	"	"	8-11 "
Hainchen	"	"	8-10 "	Bracht	"	"	7-12 "
Himmelpforten	"	"	8 "	Oberrosphé	"	"	8-12 "
Bessungen	i. d. Nähe von 26½ Grad	Starken- burg (Hessen)	7-10 "	Flörsbach	i. d. Nähe des 27. Grad.	"	8-11 "
Eberstadt	"	"	6-9 "	Kassel	"	"	7½-12 "
Steinbrüderfeld	"	"	8-12½ "	Orb	"	"	6½-12 "
Koberstadt	"	"	6½-9 "	Langenselbold	"	"	7-10 "
Lichtenberg	"	"	7-9 "	Bruchköbel	"	"	8-12 "
Messel	"	"	8-11 "	Sterbfritz	"	"	8-12 "
N. Kamstadt	"	"	7 "	Kämmerzell	"	"	8-12 "
Griesheim	"	"	6 "	Iba	"	"	8-12 "
Mitteldick	"	"	8-10½ "	Medbach	"	"	9-1 "
Mönchbruch	"	"	6-9 "	Todenhausen	"	"	8½-11½ "
Mönchhof	"	"	7 "	Densberg	"	"	8-12 "
Mörfelden	"	"	7-8 "	Wallerode	"	"	8-1 "
				Fritzlar	"	"	10-11 "
				Kirchditmold	"	"	9-10 "
				Alsfeld	"	Oberheff. (Hessen)	10 "
				Eudorf	"	"	10 "



TEAM
FORSTLICHES
BILDUNGS-
ZENTRUM

Werterhöhung und Risikominimierung im Klimawandel durch moderne Arbeitsverfahren der Bestandespflege

Martin Nolte und Thomas Heimann

Die Veränderungen des Klimas und damit der Standorteigenschaften führen seit einiger Zeit auch im Wald zu Katastrophen von bisher nicht gekanntem Ausmaß. Zur Bewältigung dieser Schadereignisse bedarf es der Anpassung bewährter und der Entwicklung neuer Waldbaustrategien und damit auch der Entwicklung neuer, moderner Arbeitsverfahren.

Im Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen werden unter anderem als wichtige Kriterien für die Auswahl standortgerechter Waldentwicklungstypen und waldbaulicher Maßnahmen der Erhalt der Vitalität und der Stabilität der Wälder im Klimawandel sowie die Wertentwicklung der Bestände genannt. Die Umsetzung der waldbaulichen Entscheidungen auf der Fläche erfolgt mit Arbeitsverfahren und Technikeinsatz. Rahmenbedingungen hierfür sind Wert- und Einkommensverluste in den Betrieben, ein hoher kurz- und mittelfristiger Investitionsbedarf und knappe Ressourcen an Arbeitskraft, sowohl im Betriebsvollzug als auch bei den ausführenden Waldarbeiterinnen und Waldarbeitern oder Unternehmerinnen und Unternehmern.

Am Forstlichen Bildungszentrum (FBZ) in Neheim wurde deshalb das Arbeitsverfahren „Wertastung und erste Positivläuterung mit Akkuscherer und Spacer“ entwickelt. Es berücksichtigt die oben genannten Rahmenbedingungen und die waldbaulichen Grundsätze:

- Waldpflege nach dem Ausleseprinzip (Vitalität/Stabilität und Qualität),
- Dimensionierung von Stamm- und Wertholz in kürzeren Zeiträumen (Risikominimierung).

Ausgangslage

Wälder, die nach Kalamitäten entstehen oder begründet werden, wachsen oft großflächig ohne Schirm oder Seitenschutz durch ältere Bestände auf. In der Kultur- und Jungwuchsphase sind mehr oder weniger intensive Eingriffe zur Regelung von Konkurrenz und Mischung erforderlich. Nach der Jungwuchsphase wird in die Bestände – beim Nadelholz bis zur ersten Durchforstung mit verwertbaren Sortimenten, beim Laubholz bis zum Erreichen der angestrebten astreinen Schaftlänge – oft nicht mehr eingegriffen.

Die Erfahrung zeigt, dass bei unbeeinflusster Konkurrenz qualitativ gut veranlagte, vitale

Bestandesglieder gegenüber wüchsigeren, aber qualitativ nicht befriedigenden Bäumen zurückfallen. Gerade auf Kalamitätsflächen ist die Stückzahl der Baumarten, die den Hauptbestand bilden sollen, oft begrenzt. Vorwüchsige Pionierbaumarten können die gewünschten Hauptbaumarten im Wuchs und in der Vitalität beeinträchtigen. Bei der ersten Durchforstung ist es dann oft nicht mehr möglich, die anzustrebende Anzahl von 50 bis 70 Wertholz produzierenden Z-Bäumen je Hektar zu finden.

Die häufig geübte Praxis, die Astung gleichzeitig mit der ersten Durchforstung zu beginnen, hat außerdem zur Folge, dass die berühmte Bierdeckelstärke im unteren Stammbereich deutlich überschritten wird. Das Produkt „astreines Wertholz“ wird am Markt in möglichst großer Stärke nachgefragt. Je dicker die Stammwalze bei Beginn der Astung ist, desto größer muss die Zielstärke sein. Dies führt zu längeren Produktionszeiträumen und größeren Baumhöhen. Bei häufiger und heftiger auftretenden Stürmen steigt das Risiko, die geasteten Bäume vor Erreichen der notwendigen Dimension zu verlieren.

Das Arbeitsverfahren setzt auf

- die Nutzung der Vorteile einer frühen Z-Baumauswahl → Sicherung der Wertträger,
- die Astung zum optimalen Zeitpunkt → Verkürzung der Produktionszeit und Minimierung von Risiken.

Durch den Einsatz moderner Arbeitsmittel wird die Qualität der Astung verbessert, und es ergeben sich ergonomische Vorteile gegenüber üblichen Vorgehensweisen.

Durch die Implementierung aller notwendigen Arbeitsschritte in das Verfahren ergeben sich erhebliche Rationalisierungseffekte und damit wirtschaftliche Vorteile.



Abb. 1: Der Einfluss des Sturms Kyrill auf die Entwicklungsarbeit des FBZ. Quelle: Forstliches Bildungszentrum, Wagner 2019. Die Kyrillflächen sind von der Pflegephase in die Qualifizierungsphase übergegangen. Es gilt, die Verfahren der technischen Produktion für diesen Abschnitt zu optimieren.

Beschreibung des Arbeitsverfahrens

Das Arbeitsverfahren gliedert sich in zwei Abschnitte (siehe Abb. 2). Vor Beginn der Maßnahme wird für den Gesamtbestand eine Feinerschließungsplanung in Abhängigkeit von Gelände und Reihenverlauf sowie der Anbindung der Fläche an Wege gemacht.

Die Arbeitsabschnitte 1 und 2 mit den einzelnen Teilschritten (Abb. 2) können in einem Zug oder entkoppelt durchgeführt werden. Wenn beide Abschnitte zur selben Zeit durchgeführt werden, ist ein Tätigkeitswechsel im Tagesverlauf möglich (z. B. zwei Blöcke markieren und asten, zwei Blöcke Bedrängerentnahme). Die Bedrängerentnahme kann aber auch einige Zeit nach der Reichhöhenastung stattfinden (z. B. Astung zu Beginn der Vegetationszeit, um eine optimale Überwallung zu gewährleisten, Entnahme der Bedränger im Spätherbst aus Forstschutzgründen).

Alleinarbeit ist aus arbeitsschutzrechtlicher Sicht zulässig, wenn der Einsatz des Spacers in klassischen Läuterungsbeständen erfolgt und sich keine Probleme durch herabfallende Baumteile ergeben, die durch eine geeignete persönliche Schutzausrüstung wirksam entschärft werden können.

Die Gefährdungsbeurteilung zum Einsatz des Spacers muss für die jeweilige örtliche Situation erfolgen.

Voraussetzung für eine zielführende Anwendung des Verfahrens ist für den Arbeitsabschnitt 1 die waldbauliche Kompetenz der Ausführenden. Diese ist für den Erfolg des gesamten Arbeitsvorhabens entscheidend.

Eine stichprobenartige Erfolgskontrolle (z. B. entlang einer zufällig festgelegten Linie durch den Bestand) ist mit geringem Aufwand möglich, sofern die Kriterien für die Z-Baum-Auswahl und die Anforderungen an die Arbeitsqualität im Arbeitsauftrag klar formuliert sind. Die Dokumentation der Maßnahme erfolgt, je nach betrieblichen Anforderungen, flächenbezogen mit der geasteten Stückzahl oder in GIS-Anwendungen mit Einzelbaumkoordinaten.

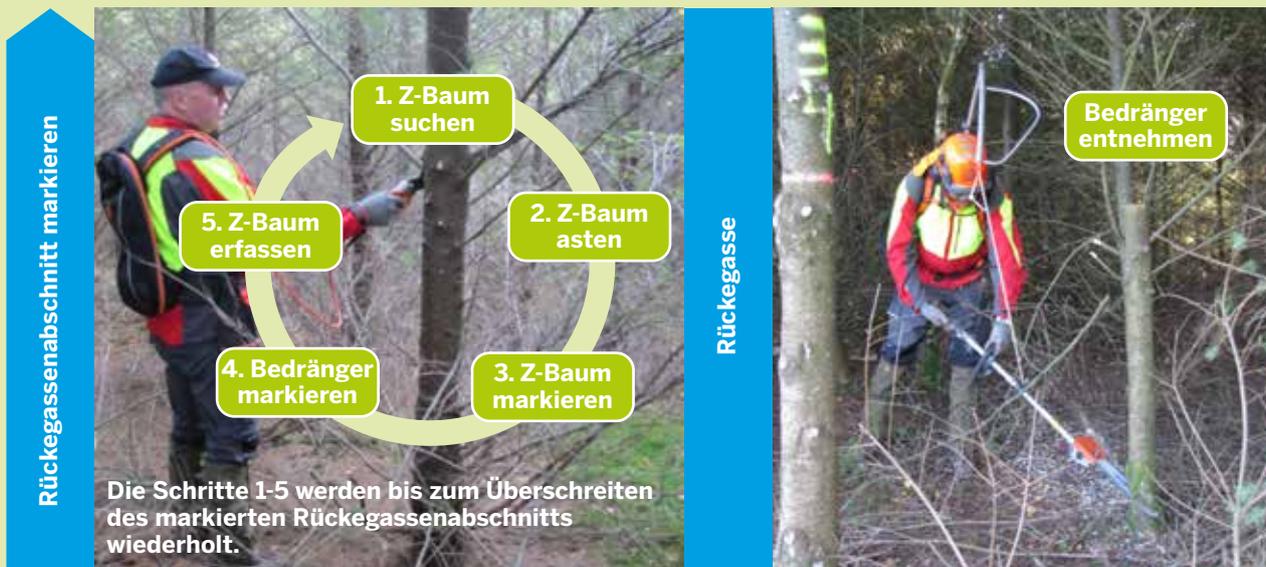
Wissenschaftliche Evaluation

Nach Erprobung der Praxistauglichkeit des Arbeitsverfahrens wurde die Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie der Universität Göttingen mit der Produktivitätsabschätzung und ergonomischen Bewertung beauftragt. Zur ergonomischen Beurteilung des Verfahrens wurden Herzfrequenzmessungen

Vorgehen

Arbeitsabschnitt 1

Arbeitsabschnitt 2



Pflanzenzeiten für die einzelnen Arbeitsschritte bieten eine flexible Kalkulationsgrundlage.

Abb. 2: Darstellung des Arbeitsverfahrens „Wertastung und erste Positivläuterung mit Akkuschere und Spacer“. Quelle: Forstliches Bildungszentrum, Heimann 2019

durchgeführt. Das Gelände war ein überwiegend stark, auf Teilflächen mäßig geneigter Hang. Der gutachtlich hergeleitete Leistungsgrad des Durchführenden betrug 120 %. Im Arbeitsabschnitt 1 war die Belastung deutlich unter der Dauerleistungsgrenze. Die Tätigkeiten am Baum waren weniger belastend als das Gehen im Gelände, das immer wieder durch kurze Pausen zum Ausschau halten nach und dem Beurteilen von möglichen Z-Bäumen unterbrochen wurde.

Im Arbeitsabschnitt 2 lag die Belastung knapp über der Dauerleistungsgrenze und die Spannweite der gemessenen Herzfrequenzen war deutlich größer (Abarbeiten der Blöcke abwechselnd hangaufwärts und hangabwärts). Die insgesamt höhere Belastung kann damit erklärt werden, dass die markierten Z-Bäume ohne Pausen zur Orientierung angelaufen werden und die Arbeit am Baum deutlich kürzer dauert als im Arbeitsabschnitt 1. Bei einem Leistungsgrad von 100 % (Normalleistung) ist mit einem Absinken der durchschnittlichen Belastung unter die Dauerleistungsgrenze zu rechnen.

Für die Beurteilung der eingesetzten Arbeitsmittel wurden Körperhaltungen nach der OWAS-Methode analysiert:

Verglichen wurden Akkuschere und ARS-Säge für die Astung sowie Spacer und leichte Motorsäge für die Bedrängerentnahme. In den Abbildungen 3 und 4 sieht man, dass die Arbeitsmittel Akkuschere und Spacer zu einer Reduktion belastender Körperhaltungen gegenüber ARS-Säge und Motorsäge führen.

Kriterium „beide Arme über Schulterhöhe“: Die Notwendigkeit, schwerere Äste mit der freien Hand zu stützen, damit es nicht zu Rindenausrisen kommt, besteht mit der Schere nicht.

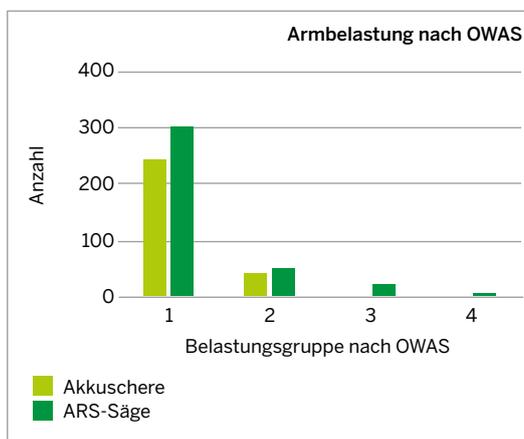


Abb. 3: Quelle: Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie der Universität Göttingen (2019)

Kriterium „gebeugter Rücken“:

Durch den Stiel des Spacers ist es nicht notwendig, für bodennahe Schnitte den Rücken stark zu beugen. Der Umstand, dass beim Spacer die Hauptlast auf dem Rücken getragen wird, ist ein weiteres Argument für den Spacereinsatz. Alleinarbeit ist mit Akkuschere und Spacer nach Gefährdungsbeurteilung grundsätzlich möglich.

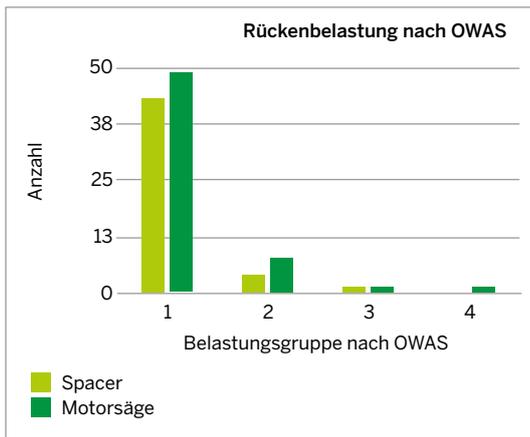


Abb. 4: Quelle: Abteilung Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie der Universität Göttingen (2019)



Abb. 5: Douglasie 65 Jahre, BHD 87 cm, Höhe 38 m

An einer Teilmenge der geasteten Bäume wurde die Qualität der Astung mit Akkuschere oder Handsäge verglichen. Die Schnittflächen sind mit der Akkuschere weniger rau als bei der Verwendung von Astungssägen. Die Gefahr, dass sehr dünne Äste beim Ansetzen der Säge ausweichen und es zu Rindenverletzungen durch Abrutschen kommt, besteht bei der Schere nicht. Es kommt bei schweren Ästen nicht zu Rindenausrisen (Geschwindigkeit des Schnittes und stützende Funktion durch den Amboss).

Mit den durchgeführten Zeitstudien wurden als Kalkulationshilfe Planzeiten für die einzelnen Arbeitsschritte ermittelt. Außerdem wurden leistungsbeeinflussende Parameter identifiziert, sodass Kalkulationen für unterschiedliche Ausgangslagen möglich sind. Das Arbeitsverfahren bietet eine hohe Flexibilität. Die zeitliche Entkopplung von Astung und Bedrängerentnahme ermöglicht es, beides (Astung im zeitigen Frühjahr, Bedrängerentnahme bei Nadelholz im Spätherbst) zum optimalen Zeitpunkt durchzuführen.

Je nach Ausgangssituation lässt sich das Verfahren anpassen. Wenn im Zuge einer vorherigen Jungbestandspflege beispielsweise schon Pflegepfade angelegt wurden, entfällt das Einmessen der Gassen und die vorhandenen

Beginn Astung	BHD	Zielsortiment erreicht mit	Baumhöhe
12-15 Jahre	12 cm	50 Jahren	32 m
20-25 Jahre	20 cm	70 Jahren	40 m

Pflegepfade müssen nur nachmarkiert werden. Zielsortiment: Erdstammstück Länge 9 m, ¼ astreiner Mantel, mindestens Stärkeklasse 6.

Vorteile auf einen Blick

- Rationalisierungseffekte durch das Zusammenfassen von Arbeitsschritten, die üblicherweise in einzelnen Flächendurchgängen stattfinden: Feinerschließung markieren, Z-Baumauswahl und Auszeichnen, Astung,
- Optimierung der Wertleistung durch Erhalt der Wertträger und Astung zum optimalen Zeitpunkt,

- verringertes Forstschutzrisiko (geringere Gefahr von Pilzbefall durch glattere Schnittflächen und keine Rindenverletzungen sowie schnelle Überwallung),
- Verringerung des Betriebsrisikos durch kürzere Umtriebszeiten (Abb. 5).

Ausblick auf ein breites Einsatzspektrum

Das Arbeitsverfahren wurde in Beständen der Baumart Douglasie entwickelt und erprobt. Ob und welche Baumarten geastet werden, ist eine betriebliche Entscheidung. Das Verfahren ist auch in Beständen anderer Baumarten (Edellaubhölzer, Eiche, Lärche, Kiefer) praktikabel.

Bei den totasterhaltenden Baumarten ist die Astung seit langem ein probates Mittel und außer im Hochgebirge für die Wertholzerzeugung unumgänglich. Bei den Totastverlierern wird in Deutschland meist auf die natürliche Astreinigung gesetzt. Gerade bei den Lichtbaumarten wird dadurch der Zeitraum des früh kulminierenden größten Höhen- und Massenzuwachses für den Kronenausbau supervitaler Z-Bäume verschenkt. Auf guten und sehr guten Standorten erreichen die herrschenden Individuen ohne Überschirmung schon im Alter von 20 Jahren Höhen von 12-20 m (Abb. 6).

Höhe	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	Alter	
46																								46	
44	Eiche																								44
42																									42
40																									40
38																									38
36																					11.2	10.7	10.2	9.8	36
34																12.2	11.6	11.0	10.5	9.9	9.4	8.9	8.6	34	
33															12.6	12.1	11.5	11.1	10.4	9.8	9.2	8.7	8.3	8.0	33
32													13.0	12.4	11.9	11.3	10.8	10.2	9.6	9.0	8.4	8.0	7.6	7.4	32
31															11.1	10.5	10.0	9.4	8.7	8.1	7.7	7.5	7.3	7.1	31
30																									30
29																									29
28																									28
27																									27
26																									26
25																									25
24																									24
23																									23
22																									22
21																									21
20																									20
19																									19
18																									18
17																									17
16																									16
15																									15
14																									14
13																									13
12																									12
11																									11
Alter	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	Höhe	

Abb. 6: Kreuztabelle: Volumenzuwachs nach Alter und Oberhöhe. Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA); Originalartikel: Bösch, B. (2002): Neue Bonitierungs- und Zuwachshilfen. Wissenstransfer in Praxis und Gesellschaft, FVA-Forschungstage 5.–6. Juli 2001 (Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung 18, S. 266–276)

Durch das Verkürzen der Qualifizierungsphase mittels Astung lässt sich die zuwachsstärkste Zeit im Bestandesleben für die Produktion von astreinem Wertholz nutzen. Zusammen mit langen, gut ausgebauten Kronen als Motor für einen großen Massenzuwachs lässt sich Wertholz der Stärkeklasse 6+ auf guten Standorten in deutlich kürzeren Produktionszeiträumen als heute üblich erzeugen. Weitere Vorteile, die sich durch große Kronen und frühe Eingriffe zur Förderung ergeben, sind eine dem Kronenzuwachs entsprechende Wurzel ausdehnung und damit Einzelbaumstabilität und Vitalität.

Am Forstlichen Bildungszentrum werden weitere Studien in anderen Bestandestypen durchgeführt, um umfassende Planzeiten für die Praxis bereitzustellen. Außerdem ist die Akkuschere auch ein geeignetes Arbeitsmittel, um die weiteren Astungsstufen mit der Diestelleiter durchzuführen. In einem weiteren Schritt werden auch hierfür Planzeiten ermittelt und das Verfahren aus Sicht des Arbeitsschutzes sowie der Ergonomie beleuchtet.

Der „Smart Forest Worker“ – innovative, sichere Holzernte in klimageschädigten Wäldern

Thilo Wagner, Peter Wiese und Thomas Späthe

Trotz der massiven Mechanisierungswelle der letzten zweieinhalb Jahrzehnte gibt es ein beträchtliches Arbeitsvolumen für die motormanuelle Waldarbeit. Durch den „Smart Forest Worker“ werden den im Wald arbeitenden Menschen künftig neue digitale Werkzeuge an die Hand gegeben. Sie sollen die Arbeitssicherheit erhöhen, die Holzernte erleichtern und die Prozesse in der motormanuellen Holzernte optimieren.

In den letzten Jahrzehnten wandelte sich die Holzernte immer mehr hin zum hochmechanisierten Maschineneinsatz. Experten schätzen, dass der Mechanisierungsgrad in der deutschen Forstwirtschaft mit ca. 55 % sein Optimum erreicht hat. Somit verbleibt ein beträchtliches Arbeitsvolumen für die motormanuelle Waldarbeit – trotz der massiven Mechanisierungswelle der letzten zweieinhalb Jahrzehnte in Mitteleuropa. Durch den Umbau der Wälder zu klimastabilen Mischwäldern gewinnt die motormanuelle Holzernte zusätzlich an Bedeutung. Begünstigt durch die außergewöhnliche Trockenheit in den Jahren 2018 und 2019 hat sich der Borkenkäfer massiv verbreitet und be-

trächtliche Schäden in den Fichtenbeständen hinterlassen. Gleichzeitig treten auch vermehrt Schäden in den Buchenbeständen auf, sodass insgesamt große Waldflächenanteile zu Katastrophflächen geworden sind. Diese Flächen stellen aufgrund des hohen Totholzanteils und der geforderten aufwändigen Arbeitsabläufe besondere Herausforderungen an die Arbeitssicherheit.

Neue Ideen für die Arbeitssicherheit von morgen

Um der gesteigerten Komplexität der motormanuellen Holzernte und dem damit einhergehenden Arbeitsschutzrisiko zu begegnen, zielt die

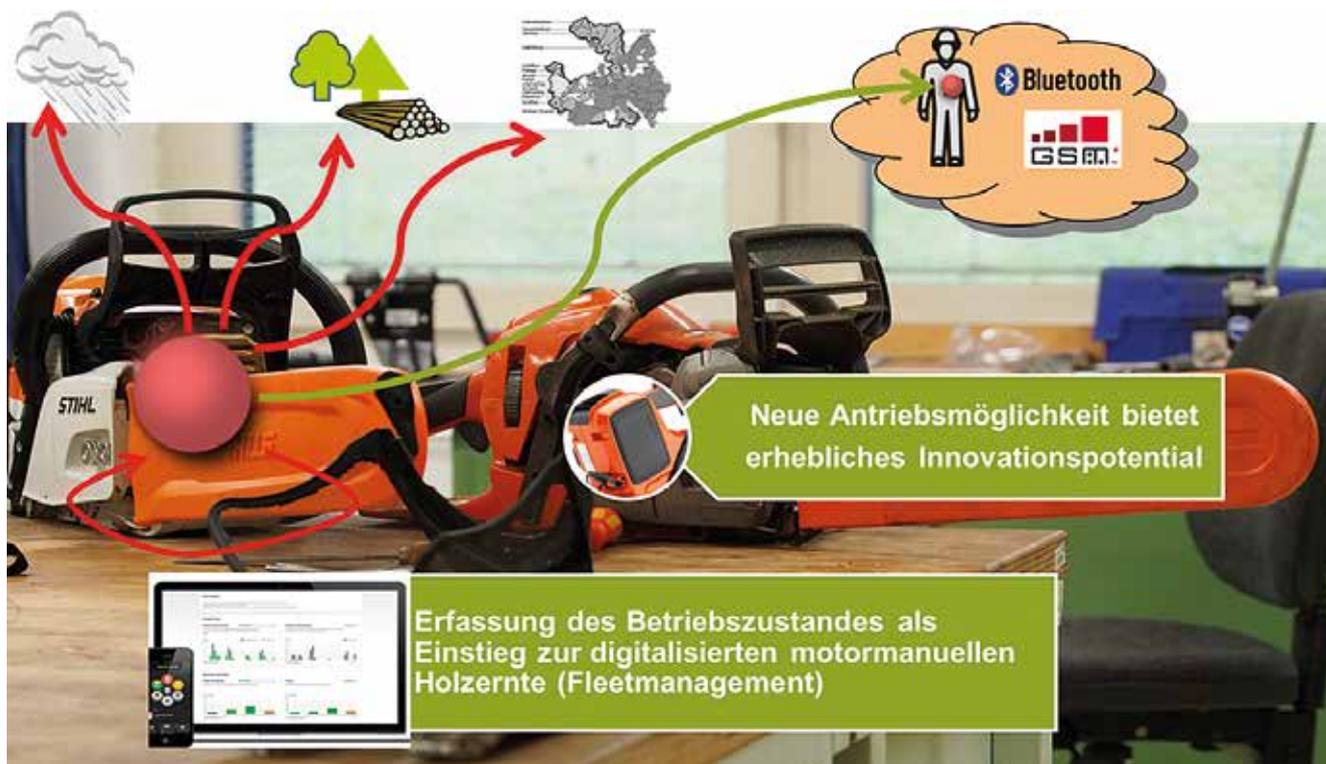


Abb. 1: Die Motorsäge wird digital. Darstellung digitaler Prozesse beim Motorsägeneinsatz. Quelle: Wald und Holz NRW und Schlussbericht der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) in Bern. Projekt: Automatisierte Erfassung des Betriebszustandes bei handgeführten, motorbetriebenen Kleingeräten (2015-2017), verändert

Idee des „Smart Forest Worker“ darauf ab, den im Wald arbeitenden Menschen neue digitale Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, die zum einen die Arbeitssicherheit erhöhen und zum anderen die Holzernte erleichtern. Zudem ermöglicht die Digitalisierung der Prozesse in der motormanuellen Holzernte eine durchgehende Optimierung der Wertschöpfungskette.

Zur Entwicklung von intelligenten, nachhaltigen und integrativen (Forschungs-)Ideen für zukunftsweisende Innovationen im Bereich der Holz- und Forstwirtschaft unter dem Leitthema Industrie 4.0 wurde 2018 das Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0 (KWH 4.0) gegründet. Partner dieses Projektes zum Auf- und Ausbau von umsetzungsorientierten Forschungsinfrastrukturen sind das RIF Institut für Forschung und Transfer e. V. aus Dortmund, die RWTH Aachen mit Werkzeugmaschinenlabor (WZL), Institut für Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) und Institut für Arbeitswissenschaft (IAW) sowie Wald und Holz NRW mit dem Forstlichen Bildungszentrum. Dieses Vorhaben wird gefördert durch das Land Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE). In unterschiedlichen Anwendungsszenarien, wie der Waldarbeit in klimageschädigten Wäldern, werden zukunftsorientierte Ideen aus den Bereichen Forschung, Entwicklung und Wirtschaft zum langfristigen Nutzen der Forst- und Holzwirtschaft zusammengeführt. Mit zwei Praxisprojekten – der Entwicklung einer Fällhilfe-App und des „Smart Forest Worker“ – wird die Digitalisierung rund um die motormanuelle Waldarbeit vorangetrieben.

Die heutige Motorsägen-Technologie stellt viele Daten auf digitaler Basis zur Verfügung, die nutzbringend für die Wertschöpfungskette ausgewertet werden können. Ferner bietet der elektrische Antrieb neue Möglichkeiten (siehe Abb. 1). Schon im Jahr 2015 wurden hierzu Untersuchungen am Forstlichen Bildungszentrum in Zusammenarbeit mit dem der HAFL in Bern durchgeführt. Dabei wurde die automatisierte Erfassung des Betriebszustandes bei handgeführten, motorgetriebenen Kleingeräten zum Prototyp eines Sensorknotens zur Datenerfassung vorangetrieben. Ähnliche Systeme sind inzwischen zu einer möglichen Option für ein Flottenmanagement in der Angebotspalette der Hersteller geworden. Der begrenzte Datenzugang dieser im

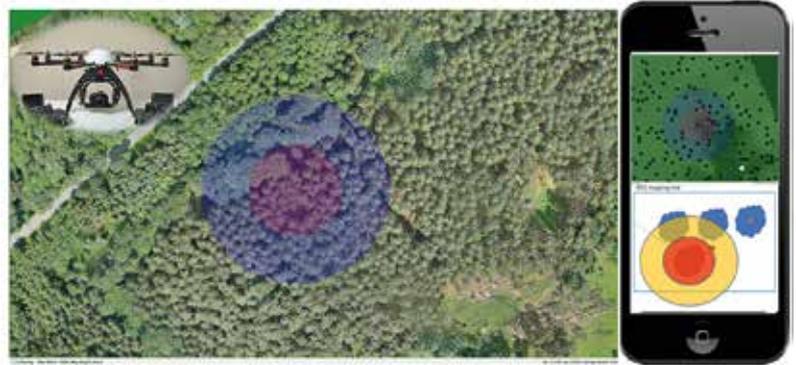


Abb. 2: Darstellung eines Fall- und Gefahrenbereiches eines 31 Meter hohen Baumes im Arnberger Wald; rechts die vergrößerte Darstellung im Smartphone mittels IFOS-Mapping-Tool. Quelle: Schlussbericht HAFL „Erfassung von Fällrichtung und Rückweichräumen bei der motormanuellen Holzernte mittels luftgestützter Vegetationsoberflächenmodelle“

Handel erhältlichen Informationssysteme wird bei dem Forschungsansatz des „Smart Forest Worker“ erheblich erweitert. Der Standort und mögliche Vitalfunktionen des arbeitenden Menschen können ebenfalls in Echtzeit angezeigt werden. Ebenso sind andere am Arbeitsprozess beteiligte Personen und Arbeitsmittel digital erfasst und abbildbar. Die Darstellung erfolgt auf dem Display eines mitgeführten Smartphones. Ein wichtiger, die Arbeitssicherheit bestimmender Aspekt bei der motormanuellen Fällung ist die Baum- und Umgebungsbeurteilung. Fehler oder Mängel in deren Durchführung können zu schweren Unfällen führen. Klassisch findet diese Beurteilung durch den Waldarbeiter vom Boden aus – also aus der „Froschperspektive“ – statt. In mehrschichtigen Beständen, bei großkronigen Bäumen oder allgemein bei komplexen und somit unfallträchtigen Fallsituationen sind jedoch die Möglichkeiten dieser Perspektive begrenzt. Deshalb wurde von 2016 bis 2018 die Entwicklung eines Prototyps zur Darstellung von Fäll- und Gefahrenbereichen unter Einbeziehung von Drohnen- und GNSS-Daten durch das Forstliche Bildungszentrum im Namen des Landes NRW in Auftrag gegeben. Die Berner Fachhochschule (BFH) hat in einer Machbarkeitsstudie aufgezeigt, dass die zweidimensionale Darstellung des Fäll- und Gefahrenbereichs bei der motormanuellen Holzernte möglich ist und eine zusätzliche Hilfe sein kann (siehe Abb. 2). Die Weiterentwicklung dieses Prototyps mit detaillierteren Informationen, wie Rückegassensystem sowie weiteren beteiligten Personen und Gerätschaften im Schlag, ist möglich. Dies erlaubt eine weitere Optimierung bei der Hiebsplanung und Unfallverhütung in der Holzernte.

Die beiden von der BFH im Arnberger Wald zwischen 2015 und 2018 durchgeführten Stu-

dien konnten nahtlos in das Konzept und die Arbeiten des Kompetenzzentrums Wald und Holz 4.0 eingefügt werden.

Auf der Interforst 2018 in München konnten die KWH 4.0-Partner die erste Augmented Reality (AR)-Anwendung in der Forstwirtschaft vorstellen. Bei der computergestützten Erweiterung der Realitätswahrnehmung geht es um die Wertoptimierung bei der Holzaushaltung mittels einer Datenbrille – der HoloLens von Microsoft. Dazu werden dem Forstwirt in der Brille Vermessungsdaten des Baumes sowie die erforderlichen Trennschnitte angezeigt. Der Anwender kann in der Brille zwischen verschiedenen Aushaltungsvarianten unterscheiden und die optimale auswählen. Damit ist eine weitere digitale Komponente für die motormanuelle Holzernte in den Bereich des Denkbaren vorgedrungen. Die Mitnahme von anderem Vermessungswerkzeug könnte damit entfallen. Noch ist diese Anwendung aber mit weiteren notwendigen Entwicklungsschritten verbunden.

Aus dem Smart Forest Lab des Arnsberger Waldes: „Seil oder Keil“ – der erste Prototyp einer Fällhilfe-App

AR-Systeme in outdoortauglichen Datenbrillen oder die Integration solcher Lösungen in das Visier des Schutzhelms sind Ansätze mit mittel- bis langfristigem Umsetzungshorizont. Smartphones sind mit ihren diversen technischen Möglichkeiten, wie zum Beispiel Lokalisierung mittels GPS, Datenübertragung mittels Bluetooth und zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten per App nicht nur ein gutes Medium für die Datenvisualisierung, sondern auch breit

verfügbar. Diese mobilen Geräte mit speziellen Apps können auch Forstwirtinnen und Forstwirte bei ihrer Tätigkeit unterstützen. Diese Apps liefern ihnen beispielsweise bestandesrelevante Informationen sowie baumbezogene Daten und unterstützen aktiv die Entscheidungsfindung bei der Arbeit. Zudem ermöglichen sie den Datenaustausch mit allen hiebsbezogenen Akteuren.

Auf dem Markt befindliche praxisreife Lösungen werden bei der Entwicklungsarbeit miteinbezogen. Das smartphonebasierte System der Firma LogBuch zur Sprachaufnahme relevanter Informationen im Forst sowie zur Geolokalisierung per Knopfdruck beim Auszeichnen mit der Farbdose wird genutzt zur Erzeugung eines digitalen Arbeitsauftrages zu Beginn der motormanuellen Aufarbeitungskette. Zusammen mit dem Unternehmen kooperiert man auch bei der Lösung weiterer digitaler Auftragsbearbeitungen.

Im Rahmen der Planung ihres Beitrages zur verlegten KWF-Tagung 2020 in Schwarzenborn haben sich die Partner im KWH 4.0 Gedanken gemacht, welche Informationen bereits jetzt den im Wald arbeitenden Menschen zur Verfügung stehen. In Abbildung 4 werden mögliche Informationen aufgezeigt, die bei der Arbeit in der Holzernte nutzbringend eingesetzt werden können. Dazu gehören Eigenschaften der zu entnehmenden Bäume, wie beispielsweise Baumhöhe und Durchmesser, sowie Hinweise auf besondere Gefahren. Weiterhin werden Daten zu den bereits gefällten Bäumen digital erfasst und als Datensatz hinterlegt. Ein vielseitiger Mehrwert bei den gleichen Informa-



Abb. 3: Wertoptimierung von Rohholz durch digitale Vermessung im Schlag mittels einer HoloLens als Möglichkeit der modernen Datenvisualisierung. Quelle: A. Böhm, RIF Institut für Forschung und Transfer 2018

tionsobjekten wird vollumfänglich erschlossen: Die Verortung des Waldarbeiters bietet beispielsweise eine Erhöhung des Arbeitsschutzes durch ein verbessertes Auffinden bei Unfällen. Die gleiche Verortungsinformation dient der Lokalisierung der Sortimentsstücke. Zukünftiger Kristallisationspunkt der aktuellen Entwicklungsbemühungen des Kompetenzzentrums Wald und Holz 4.0 ist jedoch die erste prototypische Umsetzung einer Fällhilfe-App. Erste Ansätze hierfür sollen auf einer Probe- fläche im Arnberger Wald praktisch erprobt werden. Entwicklungsziel ist die forstfachliche Baum- und Umgebungsbeurteilung. Forst- wirtinnen und Forstwirte sollen effizient bei ihrer komplexen Arbeit unterstützt werden. Sie werden dadurch in die Lage versetzt, schnell und dezentral die richtigen Entscheidungen zu treffen und dies möglichst unabhängig vom konkreten Ausbildungs- und Erfahrungsniveau. So soll für die erschwerten Bedingungen in den geschädigten Wäldern konkrete Unterstützung bei der Holzernte geleistet werden. Forstwirtinnen und Forstwirte erhalten bei der Fällung von Stämmen genaue Handlungshilfen für eine sichere Fällung. Die App ermittelt im Bedarfsfall, ob zum Fällen eines Baumes ein mechanischer Fällkeil ausreicht oder eine seilunterstützte Fällung notwendig ist. Dazu wird der Baum wie folgt angesprochen:

- Baumart,
- Baumhöhe,
- BHD,
- Gewünschte Fällrichtung,
- Neigung in Bezug zur Fällrichtung.

Kommt die App zu dem Ergebnis, dass der mit- geführte Fällkeil für die Fällung nicht ausreicht,



Abb. 4: Übersicht über den Status quo von praxisrelevanten und aktuell nutzba- ren Informationen, die dem „Smart Forest Worker“ für die Waldarbeit der Zukunft bereits heute zur Verfügung stehen. Neben Informationen zu den zu fällenden Bäumen und deren besonderen Gefahren und bereits aufgearbeiteten Sortimen- ten wird über den Zustand seiner Arbeitsmittel oder ggf. seinen aktuellen Gesund- heitszustand informiert (z. B. für die Pausengestaltung). Ferner werden Standorte anderer Personen oder Maschinen in seiner Nähe ermittelt. Quelle: KWH 4.0 2020

kann der Forstwirt mit der App direkt Unter- stützung durch eine Fällhilferaupe oder einen Rottenschlepper anfordern. Er erhält Informa- tionen zur Anschlagshöhe des Windenseils, um den Baum sicher zu Fall zu bringen (Abb. 5). So wird einerseits vermieden, dass das Seil zu niedrig angebracht wird und es zu Gefahrensi- tuationen für die Forstwirtinnen und Forstwirte kommt. Andererseits wird vermieden, dass das Seil zu hoch angeschlagen wird, was mit einem Mehraufwand verbunden und somit unwirt- schaftlich ist.

Auch Forstmaschinen werden intelligenter

Die Gefahren der Holzernte durch den Klima- wandel stellen erhöhte Anforderungen an Arbeitstechnik und Ausrüstung. Neben hyd-



Abb. 5: Eine Fällhilfe-App auf dem Smartphone bietet Entschei- dungs- hilfen bei der Fällung. Sie informiert über Schwerpunkt (blau), Fällrichtung (roter Trichter) und resultierende Anschlagshöhe (gelb). Quelle: KWH 4.0 2020



Abb. 6: Fällraupe Moritz Fr 50: Positionierungsvorschlag (blau) für Fällhilferaupe mit zu fallenden Bäumen (rot) und Fällrichtung (roter Trichter). Quelle: KWH 4.0

raulischen oder mechanischen Fällhilfen sollte heute ein Rottenschlepper oder eine Fällraupe zur Wahrung aller Sicherheitsvorgaben Standardausrüstung einer Arbeitsgruppe in der motormanuellen Holzernte sein. Die Digitalisierung der Prozesse in der motormanuellen Holzernte ermöglicht eine durchgehende Optimierung der zugehörigen Wertschöpfungsketten. Mobile Apps unterstützen den „Smart Forest Worker“, erhöhen die Arbeitssicherheit, binden Raupe und Schlepper mit ein und ermöglichen das Digitalisieren der Informationen bereits im Wald. Zu Erprobungs- und Testzwecken stehen dem KWH 4.0 in Arnsberg eine Fällraupe Moritz Fr50 und ein Rottenschlepper Valtra N 134 eA – Forstedition zur Verfügung. An beiden Maschinen werden unterschiedliche Innovationsansätze erprobt.

Die Fällraupe (siehe Abb. 6) wird im Versuchsbetrieb mit unterschiedlichen Sensoren zur Lokalisierung und Erfassung der Umgebung ausgestattet. Neben dem Ziel der idealen Positionierung der Maschine wird geprüft, ob durch terrestrisches Laserscanning bei Fahrbewegungen im Bestand unter Umständen weitere Daten für andere Planungszwecke erhoben werden können. So könnte man zukünftig möglicherweise zusätzliche Aufgaben, wie Umwelterfassung oder Maßnahmendokumentation, vornehmen, ohne dass es zu wesentlichem

Mehraufwand kommt. Ferner wird über die Machbarkeit einer Sprachsteuerung nachgedacht, um zukünftig eine separate Einheit zur Fernbedienung ersetzen zu können.

Ein Head-up-Display ist ein elektronisches Anzeigesystem, bei dem der Nutzer seine Blickrichtung beibehalten kann. Die benötigten Informationen werden in sein Sichtfeld projiziert. In der Automobilindustrie sind solche Assistenzsysteme bereits lange erfolgreich im Einsatz. Nun soll eine solche Lösung auch im KWH 4.0-eigenen Rottenschlepper Valtra N 134 eA – Forstedition erprobt werden.

Softwarelösungen aus dem Bereich des hochmechanisierten Maschineneinsatzes sollen durch Routenoptimierung und die Möglichkeit der Lokalisierung von aufgearbeiteten Sortimenten die Produktivität steigern, den Kraftstoffverbrauch senken und eine möglichst bodenschonende Holzbringung realisieren. Ferner sollen die erfassten Polterinformationen als Informationsgrundlage für den nachfolgenden Holztransport dienen. Das Einbringen solcher Möglichkeiten für die Langholzaufarbeitung soll überprüft werden.

Digitale Prozessintegration in der motormanuellen Holzernte als Gesamtvision

Die Digitalisierungslücke zwischen der motormanuellen und der vollmechanisierten Aufarbeitung liegt unter anderem darin begründet,

dass Harvester oder Forwarder mit Hilfe ihrer bordinternen Elektronik, Sensorik und ihren Computersystemen über präzise Prozessdaten verfügen. Die dadurch zeitnah bereitgestellte Information, etwa zum Arbeitsergebnis, wird vielfältig verwendet. Sie kann zur Prozessüberwachung oder zur Steuerung der Logistikkette genutzt werden. Motormanuell ausgeführte Arbeit hingegen entzieht sich bis dato einer solchen Eingliederung in digitale Prozessketten komplett.

Die in der konventionellen Holzernte arbeitenden Menschen können jetzt auch von den technologischen Fortschritten auf dem Gebiet der hochmechanisierten Holzernte profitieren. Eine automatische, hochpräzise Ermittlung der Position des gerade gefällten Baumes sowie die der anschließend ausgeformten Sortimente liefert genau jene bislang fehlende Objektinformation, welche für die nachfolgenden Arbeitsschritte bzw. für die Logistikkette entscheidend ist. Eine so ermöglichte, zeitnahe Einsichtnahme in den Arbeitsfortschritt erlaubt also eine exakte Einbindung in übergeordnete Logistikkonzepte. Die präzise Verortung eines jeden Sortimentsstückes bietet für den anschließenden Rückevorgang genau jene Information, die sicherstellt, dass dieser nachfolgende Arbeitsschritt qualitativ verbessert wird, da ohne Verluste

(kein Vergessen oder Übersehen von Stücken) gearbeitet werden kann.

Außerdem können diese Arbeitsschritte vorab geplant und zügiger bzw. performanter erledigt werden, da jedes einzelne Sortimentsstück ganz gezielt auffindbar ist. Die Erhebung der entsprechenden Daten soll völlig automatisch erfolgen, sie belastet somit den Waldarbeiter nicht. Ziel der Arbeiten im Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0 ist es, diese Vision der motormanuellen Holzernte mit dem „Smart Forest Worker“ im Zentrum zügig in die Praxis umzusetzen. Bei diesem Ansatz wird die klassische Waldarbeit wieder in den Mittelpunkt gestellt. Diese Mensch-zentrierte Perspektive wird mit neuen Industrie-4.0-Konzepten, die bislang ausschließlich auf die hochmechanisierte Holzernte übertragen wurden, kombiniert. Das Ergebnis soll so umgesetzt werden, dass der im Wald arbeitende Mensch einerseits durch neue Technologien tatsächlich entlastet wird, andererseits seine Arbeit sicherer und produktiver wird.

Denn Waldarbeit ist nach wie vor eine schwere und gefährliche Tätigkeit, insbesondere in klimageschädigten Wäldern. Forschung und Entwicklung und damit verbundene Investitionen in Arbeits- und Gesundheitsschutz sind besonders in der Forstwirtschaft gute Investitionen. Die Gesundheit des Menschen ist das wichtigste Kapital.



Abb. 7: Der Rottenschlepper Valtra N 134 eA – Forstedition soll mit einem Head-mounted-Display des schwedischen Herstellers Optea erprobt werden. Quelle: Wald und Holz, Optea 2020

Digitale Lösungen und Wissenstransfer für die nachhaltige Holzmobilisierung in Europa

Elke Hübner-Tennhoff und Thilo Wagner

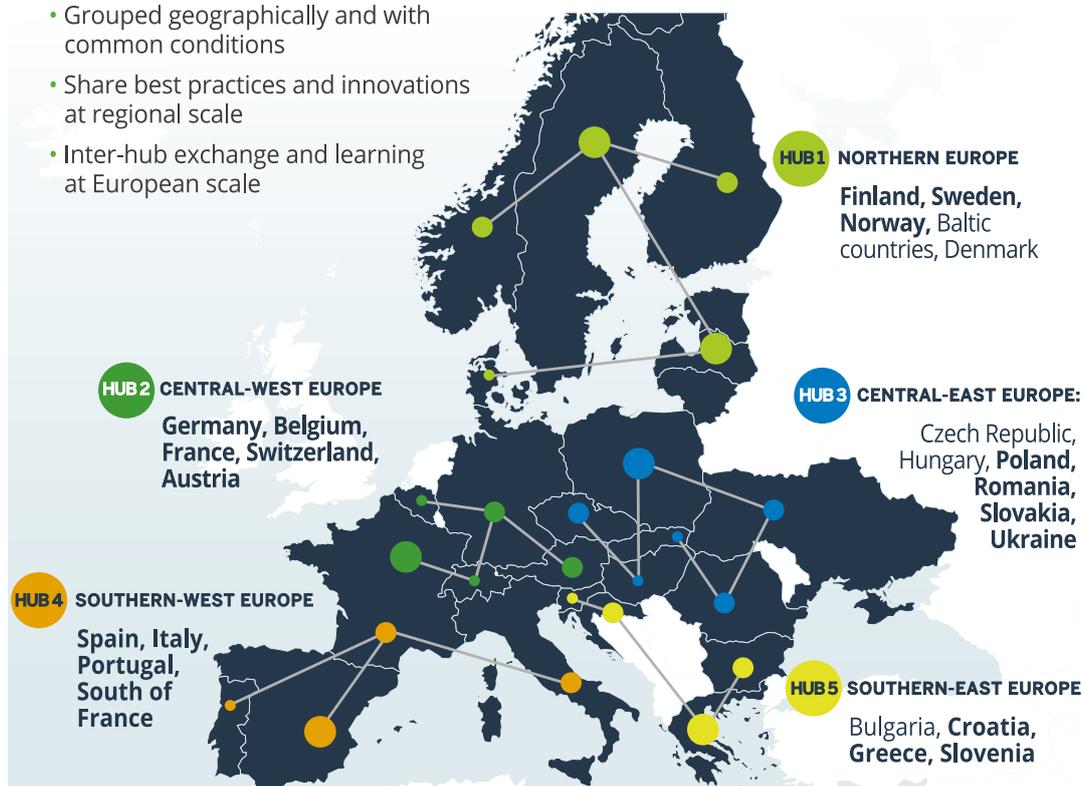
Das internationale EU-Projekt ROSEWOOD 4.0 fördert die nachhaltige Holzmobilisierung in Europa. Es bündelt Informationen und Wissen und unterstützt thematische Netzwerke, um mittels digitaler Lösungen den Wissenstransfer entlang der Holzwertschöpfungskette auszubauen.

Klimawandel, Coronavirus, digitaler Wandel – damit es uns als Akteuren im Cluster Forst und Holz zukünftig besser gelingt, die neuen Herausforderungen zu bewältigen, ist ein Denken in Chancen und Risiken notwendig. Holz bietet die Chance, eine tragfähige und nachhaltige Alternative zu weniger „planetenfreundlichen“ Materialien zu sein und ist damit ein bedeutender Rohstoff bei der Entwicklung einer neuen zirkulären Bioökonomie. Die Verwendung von Holz als nachwachsendem Rohstoff für die Produktion von Industriegütern birgt aber auch Risiken, denen das Projekt ROSEWOOD 4.0 mit einer zweijährigen Koordinierungs- und Unterstützungsaktion im Programm Horizont 2020 der Europäischen Kommission entgegenwirken möchte.

ROSEWOOD 4.0 unterstützt und fördert die nachhaltige Holzmobilisierung in Europa durch die Bündelung von Informationen und Wissen und unterstützt thematische Netzwerke, die praxisreifes Wissen zusammenstellen. Digitale Lösungen und erfolgreicher Wissenstransfer entlang der Holzwertschöpfungskette sollen die Akteure stärker vernetzen, um die Nachhaltigkeit der Holzmobilisierung in Europa zu stärken.

Das von der EU finanzierte Projekt wird mit insgesamt 21 Partnern aus 18 europäischen Ländern realisiert. Die Zusammenarbeit der Projektpartner findet gruppiert in fünf Regionen (HUBs) statt, die nach geographischer Lage und Gemeinsamkeiten in Bezug auf Bedürfnisse und Stärken definiert wurden.

- Grouped geographically and with common conditions
- Share best practices and innovations at regional scale
- Inter-hub exchange and learning at European scale



***Bold text** indicates consortium partner countries

Abb. 1: Darstellung der fünf regionalen Hubs des Projektkonsortiums, graphisch dargestellt von A. Salingre (2020)

Projektorganisation: Steinbeis Innovation gGmbH (SIG), Germany; InnovaWood ASBL (IW), Belgium; European Forest Institute (EFI), Finland.

HUB 1: Lapin Ammattikorkeakoulu OY (LUAS), Finland; Luonnonvarakeskus (LUKE), Finland; The Paper Province Ekonomisk Foerening (PP), Sweden; Tretorget AS (TRETORGET), Norway;

HUB 2: Holzcluster Steiermark GmbH (HCS), Austria; Centre national de la propriété forestière (CNPFF), France; Berner Fachhochschule (BFH), Switzerland; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (FBZ), Germany;

HUB 3: Agency for Sustainable Development of the Carpathian Region (FORZA), Ukraine; SieĎ Badawcza Łukasiewicz w liczbach - Instytut Technologii Drewna (ITD), Poland; Asociația KO-FA (KO-FA), Romania; Narodne lesnicke centrum (NFC), Zvolen, Slovakia;

HUB 4: FUNDACIÓN CENTRO DE SERVICIOS Y PROMOCIÓN FORESTAL Y DE SU INDUSTRIA DE CASTILLA Y LEÓN (CESEFOR), Spain; Associazione Italiana Energie Agroforestali (AIEL), Italy; Instituto Superior de Agronomia (ISA), Portugal;

HUB 5: Centar kompetencija d.o.o. za istraživanje i razvoj (CEKOM), Croatia; Gozdarski inštitut Slovenije (SFI), Slovenia; Cluster Vioenergeias kai Perivallontos Dytikis Makedonias (CLUBE), Greece.

Das Forstliche Bildungszentrum NRW in Arnsberg ist Partner im internationalen Projekt ROSEWOOD 4.0 – mit dem Ziel, Information und Wissenstransfer, Zusammenarbeit und Innovation sowie Unterstützung für Unternehmen unter Beteiligung der 21 Partnerländer zu fördern.

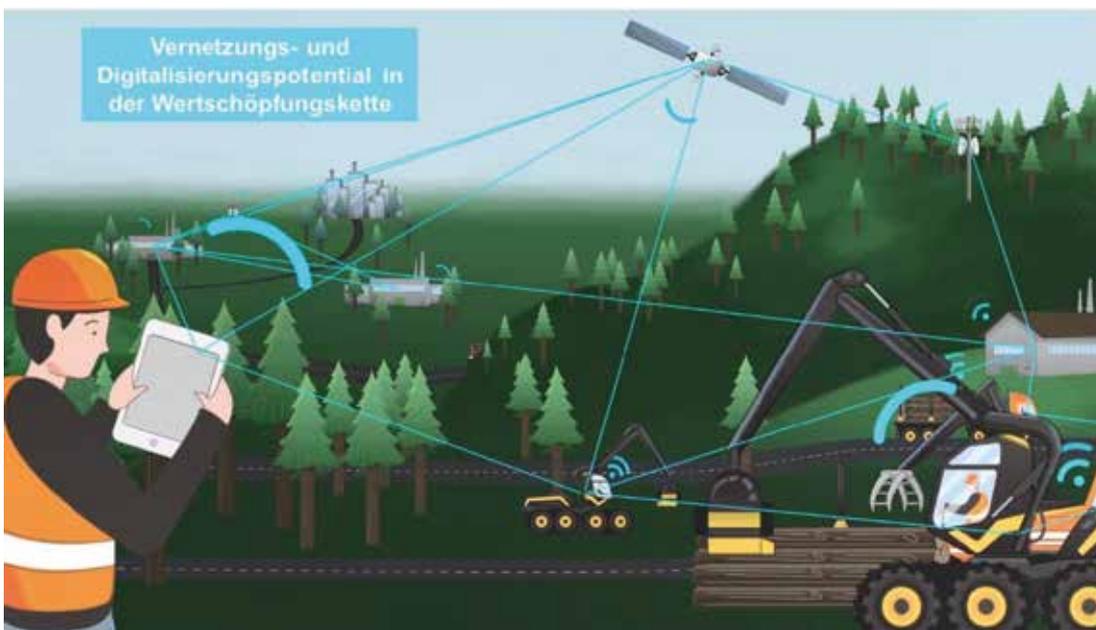


Abb. 2: Best-Practice-Beispiel zum Einsatz neuer Medien, hier ein Auszug eines 3,5-minütigen YouTube-Videos zur Erklärung der Digitalisierungsvorgänge im Wald. Dargestellt werden die unterschiedlichen Akteure der Holzerntekette und deren Vernetzung. Quelle: FPIInnovations Forestry 4.0 Initiative, Canada 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=r4vhLQ8OEPO>

Digitalisierung als Herausforderung und Chance

ROSEWOOD 4.0 konzentriert sich auf die Themenschwerpunkte Digitalisierung und digitale Werkzeuge, um Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) für die Forstwirtschaft zu fördern. Praktikern soll es so ermöglicht werden, Know-how mit größerer Wirkung auszutauschen.

Der nachwachsende, klimafreundliche Rohstoff Holz ist nicht nur in Deutschland, sondern auch in Europa sehr gefragt. Die Nachfrage wird auch in Zukunft wesentlich stärker ansteigen als das einschlagsbedingte Angebot. Die begrenzte Verfügbarkeit von Holz erfordert eine höhere Ressourceneffizienz und erhebliche Innovationsbemühungen im Bereich Forst- und Holzwirtschaft zur Verringerung der Deckungs-

lücke. Von der Digitalisierung erwartet man in der Branche diesbezügliche Lösungen. Es ergeben sich allerdings auch Herausforderungen, Erwartungen – positive wie negative – und Fragen wie: „Welche Auswirkungen haben digitale Anwendungen und Technologien auf aktuelle und zukünftige Aufgaben und Tätigkeiten sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten von in der Forstwirtschaft arbeitenden Menschen und die Weitergabe von Wissen?“

Auch in der Wertschöpfungskette Wald und Holz werden Prozessabläufe, Dienstleistungs- und Produktionsprozesse durch Vernetzung, Nutzung cyberphysikalischer Systeme, Künstliche Intelligenz und Big Data neu geprägt werden. Die Organisation der Arbeit wird flexibler und mobiler. Die örtliche Gebundenheit von Personal und Unternehmen verliert an Bedeutung. Predictive Maintenance, semiautonome Bedienung und digitale Assistenzsysteme verändern die Arbeitsorganisation, die letzten Endes Flexibilität, Qualifikation, Kreativität und Verantwortung der Fachkräfte fördert. Auf diesen Wandel der betrieblichen Strukturen und Betriebsmittel sowie der Arbeitsorganisation haben sich auch die forstlichen Aus- und Weiterbildungsstätten einzurichten – durch den

Wandel ihrer Angebotsstruktur (z. B. Gestaltung modernen Wissenstransfers, Schaffung neuer Lernformate und Onlineangebote), die Sicherstellung der Kompetenz ihres Bildungspersonals und Investitionen in zeitgemäße Lehrmedien. Die Bildung ist der entscheidende Schlüssel, um alle Akteure der Wertschöpfungskette an den Chancen des digitalen Wandels teilhaben zu lassen.

Globalisierung und Digitalisierung steuern unweigerlich die Art, wie wir lernen

Das Forstliche Bildungszentrum (FBZ) als moderne forstliche Bildungs- und Forschungseinrichtung von Wald und Holz NRW ist Leader im Work Package (WP) 3. Dabei ist das FBZ verantwortlich für die Entwicklung von innovativen Schulungsmaterialien mit digitalen Tools für den branchenspezifischen Wissenstransfer. Damit die Schulungen im digitalen Zeitalter auch den gewünschten Erfolg haben, wurde im Rahmen eines Expertenworkshops mit verschiedenen HUBs eine Bildungs-Bedarfsanalyse (Feststellung Ist-Zustand) durchgeführt. Sie ist ein wichtigstes Instrument zur Planung der Schulungsinhalte, zur Bestimmung der Zielgruppen sowie zur Feststellung der Präferenzen von Formen des Lernens.

DISKUSSIONSRUNDEN

NORD-EUROPA-HUB

ZENTRAL-WESTEUEOPA-HUB



SÜD-OSTEUROPA-HUB

ZENTRAL-OSTEUROPA-HUB

SÜD-WESTEUEOPA-HUB

Abb. 3: Zur Entwicklung von zukunfts-trächtigen Bildungs- und Ausbildungsmaterialien sowie Kurskonzepten zur Digitalisierung in der forstlichen Holzmobilisierung wurde eine Bedarfsanalyse durch das FBZ erstellt. Die gemeinsame Erarbeitung fand im ersten Expertenworkshop im Rahmen des Kick-off-Meetings im Projekt ROSEWOOD 4.0 statt.



Abb. 4: Stand der Digitalisierung in den regionalen Hubs, bewertet durch das EU-Projektconsortium im Expertenworkshop des Kick-off-Meetings im Projekt ROSEWOOD 4.0

ROSEWOOD 4.0: Erste Ergebnisse Zielgruppenprofil

Definition Zielgruppen

Die Akteure entlang der Holzwertschöpfungskette, wie Förster, Waldarbeiter, Maschinenbediener, Sägewerkbesitzer und private Waldbesitzer, wurden als die wesentlichen Zielgruppen mit hohem Schulungsbedarf durch das Projektconsortium verifiziert. Für die Entwicklung von branchenspezifischen Bildungsangeboten ist der Stand der Digitalisierung und der Fortbildungsbedarf in den verschiedenen HUBs ein wichtiges Kriterium.

Feststellung Trainingsbedarf

Die in der Grafik oben dargestellten Auswahlkriterien für digitale Lernangebote wurden durch die regionalen HUBs bestimmt. Die Einschätzung der aktuellen Kompetenz für digitales Lernen, des Bildungs-/Ausbildungsbedarfs, der Motivation für die elektronische Zugänglichkeit, der IT-Infrastruktur sowie der Präferenz für Lernformen und finanziellen Leistungsfähigkeit der Zielgruppen ist in den unterschiedlichen Regionen Europas durchaus uneinheitlich. Der durchschnittliche Wissensstand für digitales Lernen wird von 80 % der HUBs eher als niedrig eingeschätzt. Hier stellt Nordeuropa mit

einem hohen Wissensstand für digitales Lernen eine Ausnahme dar.

Der (Aus-)Bildungsbedarf wird von 80 % der HUBs als periodisch bis permanent eingestuft. Süd-Osteuropa stuft hingegen den Bildungsbedarf im digitalen Lernen als gering ein.

Präferenz Lernformate

Die positive Motivation für die elektronische Ausbildung wird in drei von fünf HUBs als niedrig, nur bei zwei HUBs als hoch eingestuft. Die Zugänglichkeit und die IT-Infrastruktur werden von 80 % der HUBs als einheitlich gering bis unterschiedlich eingestuft. Alle HUBs halten Präsenzveranstaltungen und hybride Lernformen für am effizientesten. Die finanzielle Leistungsfähigkeit der Zielgruppen (Ausbildungsressourcen pro Teilnehmer) wird als eher gering eingeschätzt.

Spezifikation Lerninhalte

Das Projektconsortium ROSEWOOD 4.0 wurde gebeten, eine vorgegebene Auswahl möglicher Themen zu bewerten und die beiden Hauptzielgruppen für diese Inhalte zu benennen, um im Anschluss Relevanz und Eignung für das E-Learning einzuschätzen.

Die Top-4-Themen mit hoher Relevanz für die Akteure im Cluster Wald und Holz

Das Themencluster-Modell in Abbildung 5 stellt die priorisierten Kernthemen wie Klimawandel, Bodenschutz, Optimierungssysteme im Datenfluss und Entscheidungssysteme dar. Sie sind aus gesamteuropäischer Sicht geeignet für die Entwicklung von innovativen Schulungsmedien für die Akteure im Cluster Wald und Holz.

Die durchgeführte Bildungsbedarfsanalyse ist der Soll-Ist-Abgleich zwischen erwarteten und tatsächlichen Bedürfnissen im EU-Projektconsortium: Die Ergebnisse der Bildungsbedarfsanalyse wurden ausgewertet und analysiert. Sie sind Grundlage für die Entwicklung der neuen Bildungskonzepte und deren Inhalte.

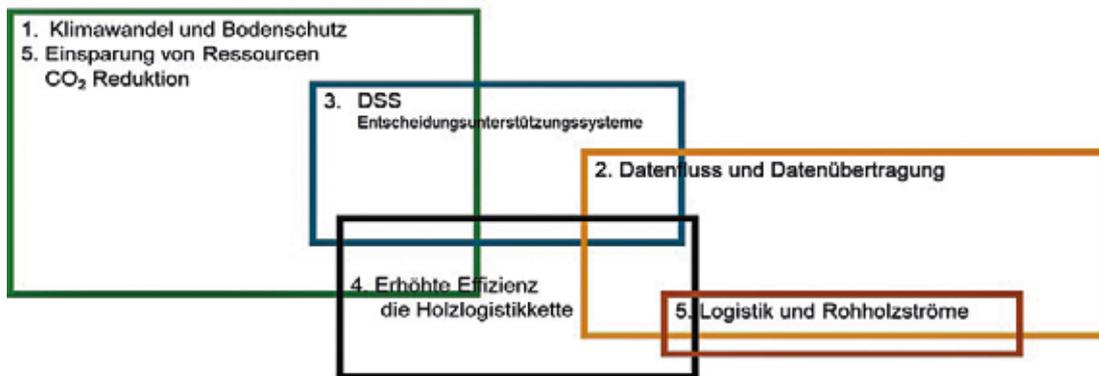


Abb. 5: Erstellung eines Themenclusters für die am häufigsten genannten Schulungsthemen

Digitale Transformation in der forstlichen Weiterbildungslandschaft

Es ist eine enorme Herausforderung, neue und innovative Bildungsstrategien im digitalen Zeitalter für einen nachhaltigen Dialog zwischen Praxis und Wissenschaft im Cluster Wald und Holz sowie zwischen Wirtschaft und Gesellschaft zu fördern. Ziel muss sein, das Potenzial des digitalen und technischen Wandels auszuschöpfen und die Praxisrelevanz für die Akteure entlang der Holzwertschöpfungskette zu berücksichtigen.

Das FBZ hat durch den Projektauftrag in Rosewood 4.0 unter Mitwirkung des Institutes ProLehre der TU München innovative Weiterbildungskonzepte nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen der Wissensvermittlung entwickelt.

Das Bildungskonzept basiert auf dem multimodalen Blended Learning (gemischtes Lernen). Computergestütztes Lernen (E-Learning) über das Internet und klassische Schulungen mit Präsenzelementen werden hierbei kombiniert. Eine ausgewogene Kombination von Online- und Präsenzveranstaltungen und der gezielte Einsatz von modernen Informations- und Lehrmedien wie Videos, Massive Open Online Courses (MOOC), Podcasts, Webinaren und Diskussionsforen sind Bestandteile dieser Konzeption.



Abb. 6: Wordcloud mit den relevanten Aspekten der ausgewerteten Bildungsbedarfsanalyse zur Entwicklung des Kurskonzeptes

Neues Wissen nutzen für Wald und Holz NRW: Innovatives Kurskonzept in der forstlichen Weiterbildung für Waldbesitzende

Das Team des Forstlichen Bildungszentrums hat die Lehrstrategie an die Bedürfnisse von Wald und Holz NRW angepasst und die Inhalte modern aufbereitet. Im Frühjahr 2021 wird das FBZ eine nutzerzentrierte und attraktive Weiterbildung für Akteure im Cluster Wald und Holz im digitalen Zeitalter als Pilotlehrgang anbieten. Die neu konzipierte Weiterbildung „360-Grad-Betrachtung der Wiederbewaldung nach Kalamitäten und in Zeiten des Klimawandels“ mit ihrem innovativen Kurskonzept soll dabei Digital Natives und die Generation der Digitalen Immigranten, die die neuen Technologien erst im Erwachsenenalter kennengelernt haben, gleichermaßen ansprechen.

Die Weiterbildung für Waldbesitzende und forstliche Dienstleister (Management) wird modular im Blended-Learning-Szenarium angeboten. Den Teilnehmenden wird ein „gemischtes (hybrides) Lernen“ ermöglicht, bei dem Lernformate inhaltlich und didaktisch aufeinander aufbauen:

- 1 Die Waldbesitzenden erhalten Zugriff auf ein Einführungsvideo – sie können sich einführend über die Notwendigkeit der Wiederbewaldung am Computer selbstständig informieren.
- 2 Neues Wissen wird über MOOCs (Onlinekurse) eigenständig durch virtuelles Lernen generiert.
- 3 Die vermittelten E-Learning-Inhalte werden nun in der Präsenzschiung aufgegriffen und spezifisch vertieft: Die Lernsituation vor Ort im Wald erlaubt zum einen den Erwerb von neuem Expertenwissen und bietet zum anderen die Möglichkeit, das neue Wissen gemeinsam mit allen Teilnehmenden zu reflektieren. Die Teilnehmenden erhalten die Möglichkeit, direkten Kontakt mit anderen Waldbesitzenden sowie Expertinnen und Experten von Wald und Holz NRW aufzunehmen – Erfahrungen werden auf Augenhöhe ausgetauscht (Netzwerkbildung).
- 4 Im Webinar erhält der Kunde (Waldbesitzende) nun die Möglichkeit, sich online mit den Expertinnen und Experten auszutauschen – er erhält weitere nutzbare Informationen und kann durch Zusendung von Fotos seiner Waldflächen eine direkte Beratung erhalten.
- 5 In einem Podcast werden die aktuellen Botschaften (Kernaussagen) zusammengefasst, und die Waldbesitzenden erhalten weitere

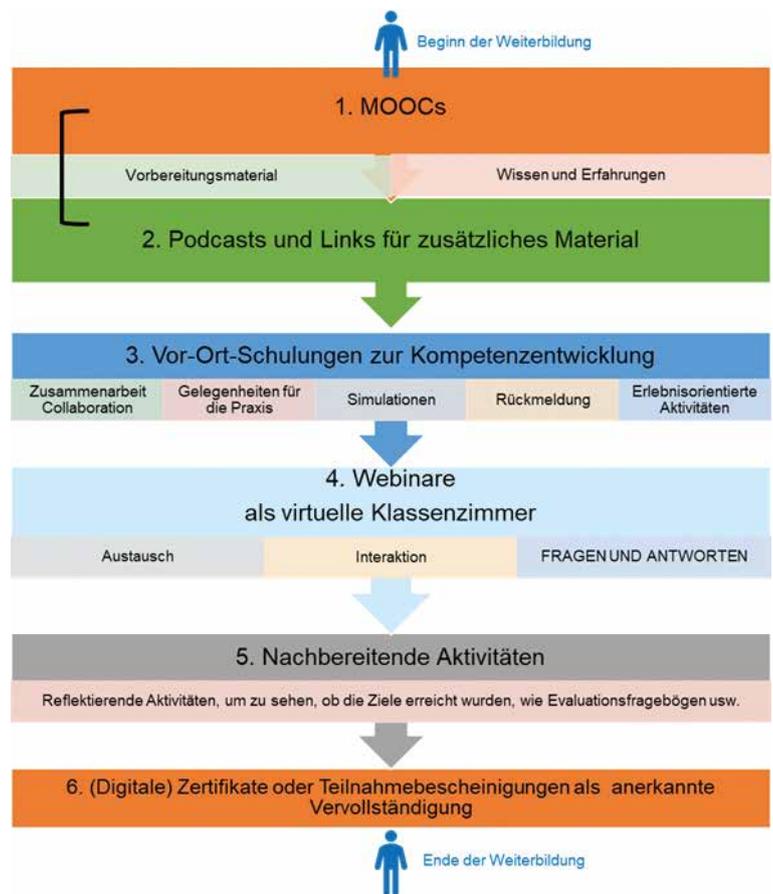


Abb. 7: Modulartiger Aufbau des neu entwickelten Kurskonzeptes (Lehr- und Lernstrategie), das mit der TU München entwickelt wurde

Informationen über Folgemaßnahmen, die für sie bedeutsam sind.

Die Bildung ist ein wichtiger Player der Digitalisierung

Der technische Fortschritt wird die Betrachtung von Nutzen, Voraussetzungen und Grenzen des Einsatzes digitaler Technologien und Anwendungen permanent verschieben – auch im Bildungsbereich. Nur durch innovative Bildungskonzepte, die kontinuierlich durch Fachexpertinnen und -experten weiterentwickelt werden, besteht die Chance, moderne Aus- und Weiterbildung für Waldbesitzende und forstliche Dienstleistungsunternehmen anzubieten.

Im digitalen Zeitalter wird so ein erfolgreicher Wissenstransfer entlang der Holzertschöpfungskette sichergestellt, um die Akteure stärker zu vernetzen und die Nachhaltigkeit der Holzmobilisierung in Europa zu stärken. Dabei ist Bildung der entscheidende Schlüssel, um Menschen am digitalen Wandel teilhaben zu lassen – zusätzlich ist Bildung ein wichtiger Player, der Digitalisierung in unserer Branche überhaupt sichtbar macht. Projekte wie Rosewood 4.0 tragen mit ihrem integrativen Ansatz zu dieser Sichtbarkeit auf europäischer Ebene bei.

A group of construction workers, mostly men, are gathered in a large, partially constructed wooden structure. They are wearing bright orange safety vests with reflective white stripes and yellow hard hats. The workers are engaged in conversation, looking towards each other. The structure is made of light-colored wood panels and beams. The floor is covered with a dark, possibly waterproofing material. In the background, more workers are visible, some standing near a doorway or opening in the wall. The overall scene is one of active construction work.

TEAM HOLZWIRT- SCHAFT

Fachtagung Holzenergie – Einsatz von Waldenergieholz zur Wärme- und Stromerzeugung

Gregor Stitz

Die ressourceneffiziente Holzverwendung leistet einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in NRW – gerade mit Blick auf den Schutz unseres Klimas. Einen Überblick über Rahmenbedingungen und praktische Beispiele aus erster Hand gab die „Fachtagung Holzenergie – Einsatz von Waldenergieholz zur Wärme und Stromerzeugung“ am 13. Februar 2020 im Zentrum HOLZ in Olsberg.

Die Bereitstellung des Energieträgers Holz ist Teil der nachhaltigen Waldbewirtschaftung. Als eine tragende Säule der Energiewende hat die effiziente energetische Nutzung der Ressource Holz wesentlichen Anteil am Klimaschutz und der Dekarbonisierung unserer Wirtschaft. Im Rahmen des von der Landesregierung sowie den Verbänden aus Forst- und Holzwirtschaft und dem Naturschutz im Dezember 2019 unterzeichneten Waldpakts NRW soll der Beitrag der Holzenergie zur Energiewende weiter vorangebracht werden.

Dabei überzeugt die energetische Holznutzung in vielerlei Hinsicht. Zum einen ermöglicht sie den Absatz von Waldholz bei fehlenden stofflichen Nutzungsmöglichkeiten in Form von Energieholzsortimenten. So leistet die Holzenergie

einen wichtigen Beitrag zur Holzmobilisierung – insbesondere im kleinstrukturierten Privatwald. Darüber hinaus trägt die Aufarbeitung von Energieholz als Teil des forstbetrieblichen Risikomanagements zur Sicherung und Werterhaltung von Waldbeständen bei und unterstützt die Schadholzbeseitigung in Krisenzeiten. Zum anderen fällt Energieholz als Koppelprodukt entlang der gesamten forst- und holzwirtschaftlichen Wertschöpfungskette an.

Herausragende Stärken des Energieträgers Holz liegen in der dezentralen Wärmeerzeugung und der gekoppelten Bereitstellung von Wärme und elektrischer Energie. Derzeit liefert die Energie aus Holz rund 75 % der erneuerbaren Wärme in Deutschland und fällt dabei als besonders klimafreundlich auf. Auch bei

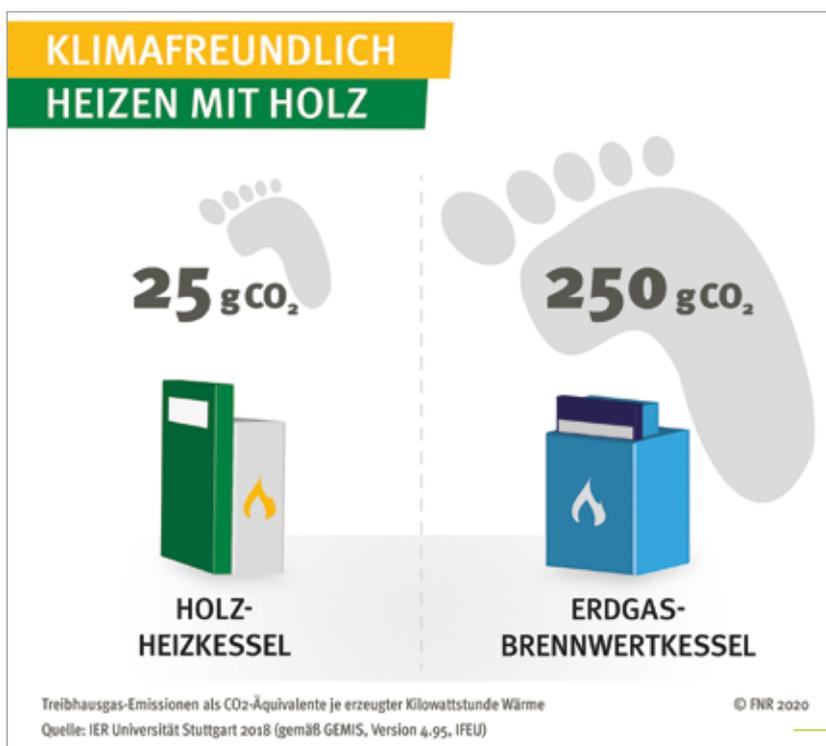


Abb. 1: Der Einsatz eines Holz-Heizkessels anstelle eines Erdgas-Brennwertkessels kann die CO₂-Emissionen im laufenden Betrieb um den Faktor 10 verringern. Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) 2020



Abb. 2: Eröffnung der Fachtagung Holzenergie durch Dr. Bertram Leder

Berücksichtigung der bei Ernte, Transport und Weiterverarbeitung genutzten fossilen Energieträger kann Holz seinen Klimavorteil gegenüber konventionellen Energieträgern behaupten.

Moderne Holzfeuerungen können häufig an Stelle von Wärmeerzeugern zum Einsatz kommen, die mit fossilen Energieträgern zu betreiben wären. Durch die alternative Nutzung des Energieträgers Holz wird die Abgabe von fossil gebundenem Kohlenstoff in die Atmosphäre nachhaltig verringert. Der durch diese Substitution vermiedene CO₂-Ausstoß beträgt in Abhängigkeit von Holzart und Anlagentechnik durchschnittlich 0,67 t je m³ Holzvolumen. Wie Abbildung 1 verdeutlicht, kann der Einsatz eines Holz-Heizkessels anstelle eines Erdgas-Brennwertkessels die CO₂-Emissionen im laufenden Betrieb um den Faktor 10 verringern.

Um zum Einsatz von Waldenergieholz für die moderne Wärme- und Stromerzeugung zu informieren, lud Wald und Holz NRW am 13. Februar 2020 zur Fachtagung Holzenergie in das Zentrum HOLZ nach Olsberg ein. Im Rahmen der eintägigen Veranstaltung gewährten neun teils bundesweit angereiste Fachleute Einblicke in ihre Erfahrungen entlang der Wertschöpfungskette Waldhackschnitzel. Über 90 Interessierte aus Forstwirtschaft, kommunaler Verwaltung, Handel und Gewerbe nutzten die Veranstaltung zu intensivem Austausch und anregenden Diskussionen.

„Holzenergie ist gespeicherte Sonnenenergie und schützt das Klima“ betonte Dr. Bertram Leder, Leiter des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft, zur Eröffnung der Fachtagung Holzenergie. Daneben stärke die Energie aus Holz regionale Wirtschaftskreisläufe, insbesondere in den ländlichen Räumen, u. a. durch die Reduzierung des Abflusses von Finanzmitteln ins Ausland im Tausch gegen Kohle, Erdöl oder Gas.

Die Energiewende durch die effiziente Nutzung der Energie aus Holz voranzubringen und damit den Klimaschutzbeitrag des Waldes zu erhöhen, ist Teil der im Waldpakt NRW erklärten Maßnahmen. Passend hierzu gab Dr. Hermann Hansen von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. einen Überblick zum Status Quo der Holzenergie. Die Holzenergie ist ein Pfeiler der erneuerbaren Wärme und leistet einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende. Es konnten wiederholt große Fortschritte in Effizienzsteigerung und Wirtschaftlichkeit gemacht werden – gerade auch in Kombination mit anderen erneuerbaren Wärmequellen wie der Solarthermie.

Einblicke in den praktischen Alltag der Bereitstellung und Vermarktung von Energieholz, Wärme und Strom gewährte Markus Achhammer, Leiter des Zentrums für Energieholz der Bayerischen Staatsforsten. Mit der Erfahrung aus dem Vertrieb von jährlich rund 1 Mio. m³ Schüttvolumen Holzhackschnitzeln als Kop-

pelprodukt zur stofflichen Nutzung, eigener Holzhackschnitzelproduktion und -logistik frei Werk konnten sich die Teilnehmenden ein Bild von entscheidenden Faktoren in der Bereitstellungskette machen. Neben der Vorstellung der bei den Bayerischen Staatsforsten üblichen Verkaufssortimente Waldhackgut, Energierundholz und Premium-Holzhackschnitzel erläuterte Markus Achhammer die Praxis der Energieholzernte in Jungbeständen.

Michael Jakszt vom Ingenieurbüro Jakszt in Bielefeld richtete den Fokus auf die Anlagentechnik zur thermischen Nutzung des Brennstoffes Holz. Beginnend mit den gängigen Baumustern automatischer Holzfeuerungsanlagen sowie ober- oder unterirdischen Brennstofflagern nebst passender Austragungssysteme bis hin zur Filtertechnik wurden den Teilnehmenden die Vor- und Nachteile der jeweiligen Varianten nähergebracht. Reich bebilderte Ausführungsbeispiele verknüpften Theorie und Praxis.

Mit der Anlagentechnik eng verzahnt sind die an Holzhackschnitzel gestellten Qualitätsanforderungen. Welche Parameter die Brennstoffeigenschaften maßgeblich beeinflussen, beleuchtete Anna-Marlen Vöcking vom Deutschen Pelletinstitut GmbH (DEPI) in Berlin. Dabei veranschaulichte die Referentin, wie sich Produktion, Lagerung und Transport auf das

Produkt auswirken, welche Techniken hierbei zum Einsatz kommen und wie grundlegende Fehler vermieden werden können. Von zentraler Bedeutung sei, dass Brennstoff und Anlagentechnik aufeinander abgestimmt werden. Dies setze Holzhackschnitzel gleichbleibender und definierter Qualität voraus, welche beispielsweise durch ein ENplus-Zertifikat nachgewiesen werden könne.

Nach intensiver fachlicher Diskussion wurde der Austausch während der Mittagspause in der Dauerausstellung des I.D.E.E. e. V. fortgesetzt. Im Nachmittagsprogramm stellte Axel Reuber von der Stadtwerke Brilon AöR / Energie GmbH das dortige Holzhackschnitzelheizwerk vor. Die mit Holz aus dem Briloner Stadtwald versorgte Anlage verfügt über eine Leistung von 1,4 MW und versorgt damit durch ein rund 1.800 m langes Nahwärmenetz insgesamt 16 Hausanschlüsse.

Christian Budde von der AggerEnergie GmbH in Gummersbach umriss in seinem Vortrag das Energiekonzept des Steinmüllergeländes in Gummersbach, auf dem unter anderem auch Wald und Holz NRW ansässig ist. Zur Versorgung des Areals mit Nahwärme und Nahkälte tragen u. a. zwei Hackgutkessel mit je 500 kW Leistung bei. Dabei wird die von der Absorptionskältemaschine zur Kälteerzeugung bei-



Abb. 3: Michael Jakszt, Dr. Hermann Hansen, Ann-Marlen Vöcking, Markus Achhammer und Martin Schwarz (v. l.) beraten mit den Teilnehmenden die Themen des Vormittagsprogramms

nötigte Wärme auch durch den Hackgutkessel bereitgestellt.

Die Möglichkeiten zur Bereitstellung von Prozesswärme und Dampf aus Holzhackschnitzeln für die industrielle Fertigung beschrieb Tobias Müller von der Paul Müller Transport- und Verpackungsmittel GmbH aus Balve. Das Unternehmen ist vor allem als Automobilzulieferer tätig und setzt Holzenergie neben der Beheizung eigener Produktionshallen mit einem 850-kW-Holzhackschnitzelkessel auf zwei Arten ein: einerseits zur Erzeugung von Prozesswärme für die Pulverbeschichtung von Metallbauerzeugnissen mit einer 400-kW-Container-Kesselanlage und andererseits zur Erzeugung von Dampf für Produktionsprozesse mittels eines 850-kW-Holzhackschnitzelkessels. Interessiert verfolgten die Teilnehmenden die Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die teils deutliche ökonomische Einsparungen der Holzhackschnitzelkessel gegenüber den zuvor eingesetzten Wärme- und Dampferzeugern auf Basis fossiler Brennstoffe offenbarten.

Einblicke in Vorüberlegungen und Langzeiterfahrungen zum Einsatz von Waldenergieholz für die kombinierte Erzeugung von Wärme und

Strom hielt Klaus Danwerth von der Stadtwerke Bielefeld GmbH bereit. Der Vortrag verdeutlichte, welche in NRW bislang wenig genutzten Potenziale im Koppelprodukt Waldrestholz liegen. So benötigt das Kraftwerk mit Spitzenleistungen von 6 MW thermisch und 1,2 MW elektrisch jährlich rund 97.500 m³ Schüttvolumen Waldrestholz. Dies entspricht rund 8 % des im Umkreis von 100 km um den Anlagenstandort anfallenden Waldrestholzes.

Die Fachtagung schloss mit einem Schlaglicht auf die aktuelle Förderprogrammatisierung zur energetischen Nutzung von Holzhackschnitzeln. Gregor Stitz von Wald und Holz NRW stellte die frisch novellierten Förderrichtlinien des Bundes – „Richtlinie für die Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ und „Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt“ – sowie das Förderprogramm progres.NRW vor. Die darauf aufbauenden Förderprogramme des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, kurz BAFA, sowie der KfW-Bankengruppe bieten attraktive Konditionen und verstärken die Anreize, Teil der Ressourcenwende zu werden.

Mit modernem Holzbau zu mehr Klimaschutz

Robert Söllig

Im Rahmen eines Pressegesprächs informierten Kommunen und Akteure des Holzbaus gemeinsam mit Wald und Holz NRW auf der Baustelle der Fünf-Gruppen-Kita in Korschenbroich zum Bauen mit Holz.

Mit der Fünf-Gruppen-Kita an der Niersaue in Korschenbroich wurde ein weiteres Best-Practice-Beispiel zum Bauen mit Holz in den Kommunen in NRW umgesetzt. Anlass für Wald und Holz NRW, gemeinsam mit den Bürgermeistern Marc Venten, Stadt Korschenbroich, und Wolfgang Fischer, Stadt Olsberg, sowie den Akteuren der Holzbranche im Rahmen eines Baustellengesprächs am 5. September 2019 in der Nähe der Landeshauptstadt Düsseldorf über den Einsatz moderner Holzbautechnologien und die Bedeutung des Rohstoffes Holz für mehr Nachhaltigkeit und Klimaschutz zu informieren. Einen weiteren Schwerpunkt des Pressegesprächs bildete die Vorstellung des Angebots des Teams Holzwirtschaft zum Wissenstransfer und der Beratung zum Bauen mit Holz.

„Die Stadt Korschenbroich liegt in direkter Nähe zur Landeshauptstadt Düsseldorf und

den Arbeitsplatzzentren entlang der Rheinschiene. Dementsprechend haben wir einen Zuwachs an Neubürgern und jungen Familien. Durch die Vorfertigung in Holzrahmenbauweise konnte die Fünf-Gruppen-Kita mit ca. 100 Plätzen und einer Nutzfläche von rund 1.000 m² inkl. der Möblierung und der Außenanlagen mit Spielgeräten innerhalb von neun Monaten bis Ende September 2019 bezugsfertig hergestellt werden. Die Kita aus Holz zeichnet sich durch einen hohen Wohlfühlfaktor und eine hohe Aufenthaltsqualität der Innenräume aus“ – so Bürgermeister Marc Venten. Zudem speichert das in der Kita Korschenbroich verbaute Holz 151 t CO₂. Dies dokumentiert der Beleg der CO₂-Bank, welcher durch die Akteure des Holzbaus anlässlich des Pressegesprächs an Bürgermeister Marc Venten überreicht wurde.



Abb. 1: Akteure des Holzbaus und Teilnehmer des Pressegesprächs vor der Kita Korschenbroich. Von links nach rechts: Robert Söllig (Wald und Holz NRW – Team Holzwirtschaft), Martin Schwarz (Wald und Holz NRW – Team Holzwirtschaft), Wolfgang Fischer (Bürgermeister Stadt Olsberg), Ralf Dinkhoff (Projektleiter Terhalle Holzbau GmbH), Johannes Schmitz (Vorsitzender Zimmerer- und Holzbau-Verband Nordrhein), Matthias Eisfeld (Landesbeirat Holz NRW e. V.), Andreas Wiebe (Leiter Wald und Holz NRW), Otto Pöll (Wald und Holz NRW – Regionalforstamt Niederrhein), Marc Venten (Bürgermeister Stadt Korschenbroich), Josef Terhalle (Zimmerer Westfalen & GF Terhalle Holzbau GmbH)

„Der Holzbau ist Teil der globalen Lösung – das globale Bauwesen wird bis 2050 so viel neue Infrastruktur benötigen, wie bereits seit 1850 errichtet wurde. Dadurch wird der größte Teil des CO₂-Budgets (1,5° C) aufgebraucht, wenn konventionelle Materialien wie Beton verwendet werden.“

Prof. (em.) Hans Joachim Schellnhuber, Gründer und langjähriger Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), auf der Konferenz „Der Wald im Klimastress“ am 11.11.2019 in Düsseldorf

„Der moderne Holzbau ist Innovationstreiber beim ressourcenschonenden und klimafreundlichen Bauen“, fasste Johannes Schmitz, Zimmermeister aus Kaarst und Vorsitzender der Zimmerer Nordrhein, die Entwicklung der letzten Jahre zusammen. So wurden eine Vielzahl von neuen Holzbauprodukten sowie Verarbeitungs- und Fertigungstechniken entwickelt und in den Markt eingeführt. „Die präzise Vorfertigung von hochdämmenden Decken- und Wandelementen erfolgt in der Werkhalle, wodurch kurze Baustellenzeiten und eine schnelle Projektumsetzung gewährleistet werden“, erklärte Josef Terhalle, Geschäftsführer der in Ahaus, Kreis Borken, ansässigen Terhalle Holzbau GmbH. In Bezug auf den Holzbau sehen beide Akteure insbesondere in den urbanen Räumen von NRW noch erhebliche Potenziale, die es weiter zu erschließen gelte.

Dies belegen auch die Ergebnisse zum Forschungsprojekt „THG-Holzbau“ der Ruhr-Universität Bochum, des Thünen-Instituts für Holzforschung in Hamburg und der TU München. Demnach besitzt Nordrhein-Westfalen trotz einer derzeitigen Holzbauquote von nur 11 % das Potenzial, zum bundesweiten Holzbauand Nr. 1 zu werden.

Zentrum HOLZ in Olsberg

Im Zentrum HOLZ und dem angeschlossenen Cluster I.D. HOLZ arbeiten die Akteure sowie Unternehmen der Holzbranche seit 2012 erfolgreich zusammen. Das Zentrum HOLZ ist zugleich Standort des Teams Holzwirtschaft im neuen Zentrum für Wald und Holzwirtschaft (FB V) von Wald und Holz NRW. Ziel der Akteure im

Zentrum HOLZ ist es, den Wissenstransfer zur Holzverwendung im Bauwesen weiter voranzutreiben. Dies umfasst sowohl die Information von Architekten, Planern, Bauentscheidungs-trägern und Studierenden als auch von Holzbaubetrieben, deren Mitarbeitenden und Auszubildenden. Dabei fungiert das Zentrum als gemeinsame Plattform für den Holzbau und die Einführung neuer Holzbauprodukte und Holzbautechnologien. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Vernetzung der Partner entlang der Wertschöpfungskette „Bauen und Modernisieren mit Holz“.

Der Wissenstransfer und die Kommunikation zum Bauen mit Holz sollen am Standort Olsberg weiter ausgebaut und vorangetrieben werden. Im Rahmen der anlässlich des Baustellengesprächs in Korschenbroich vorgestellten Kooperation zum Zentrum HOLZ übernimmt das Team Holzwirtschaft mit Robert Söllig und Marcus Schwartz die Umsetzung dieser Aufgaben im Cluster I.D. HOLZ. Dies erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den Mitgliedern des gleichnamigen Trägervereins I.D. HOLZ e. V., unter anderem den Zimmerern Westfalen, der Handwerkskammer Südwestfalen und der Wirtschaftsförderungsgesellschaft des Hochsauerlandkreises. Am Cluster I.D. HOLZ nehmen derzeit mehr als 50 Partnerunternehmen teil.

„Auch in der Stadt Olsberg besteht in Bezug auf Kitas Neubaubedarf. So wurde im Auftrag der hier ansässigen Kropf-Federath'schen Stiftung ebenfalls eine Fünf-Gruppen-Kita in moderner Holzbauweise errichtet“ berichtete Bürgermeister Wolfgang Fischer. Gleichzeitig ist die

Stadt Olsberg Kooperationspartner im Zentrum HOLZ. „In Südwestfalen liegen bundesweit bedeutsame Schwerpunkte der Forst- und Holzwirtschaft. Ziel der Partner im Zentrum HOLZ ist es, Südwestfalen als Kompetenzregion für den Rohstoff Holz weiterzuentwickeln und den Holzbau in NRW voranzutreiben“, erklärte Wolfgang Fischer.

„Bauen mit Holz.NRW“

„Das Bauen mit Holz leistet einen wichtigen Beitrag zu Beschäftigung und Wertschöpfung in den ländlichen Räumen und zur Nachhaltigkeit in Nordrhein-Westfalen“, betonte Andreas Wiebe, Leiter von Wald und Holz NRW. „Mit dem Beratungsangebot des Teams Holzwirtschaft in Olsberg und der Web-Plattform ‚Bauen mit Holz.NRW‘ unterstützen wir die Umsetzung kommunaler Bauaufgaben und den Einsatz moderner Holzbautechnologien bei mehrgeschossigen Wohnungsbauten, Aufstockungen und der Gebäudemodernisierung. Dies erfolgt im Rahmen der Clusterinitiative ‚proHolz.NRW‘ der Landesregierung“, so der Leiter von Wald und Holz NRW.

Im Rahmen der Plattform „Bauen mit Holz.NRW“ können Kommunen den Service der Fachberatung Holzbau nutzen. Diese umfasst eine kostenlose Startberatung bei der Realisierung von kommunalen Bau- und Planungsauf-

gaben wie z. B. von Kitas, Schulen oder öffentlichen Verwaltungs- und Betriebsgebäuden. Gleiches gilt für die Durchführung von Informationsveranstaltungen zum Bauen mit Holz in den Kommunen. Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Bauen mit Holz zur Schaffung von Wohnraum in Nordrhein-Westfalen.

Darüber hinaus stellt die Plattform „Bauen mit Holz.NRW“ aktuelle Informationen zu technischen und rechtlichen Neuerungen, Fördermöglichkeiten und Veranstaltungen zum Bauen mit Holz zur Verfügung. In einem eigenen Branchenverzeichnis können sich die Unternehmen der Branche präsentieren und von Interessierten einfach gefunden werden. Eine Datenbank mit Referenzprojekten rundet das Bild ab und gibt Aufschluss darüber, was mit Holzbau bereits heute verwirklicht wird.

Die Akteure des Holzbaus in Nordrhein-Westfalen, Johannes Schmitz, Vorsitzender der Zimmerer Nordrhein, Josef Terhalle, Mitglied im Vorstand der Zimmerer Westfalen und Matthias Eisfeld, Landesbeirat Holz NRW e. V., sind sich einig: Die Plattform „Bauen mit Holz.NRW“ und das Zentrum HOLZ in Olsberg als Teil der Clusterinitiative „proHolz.NRW“ leisten einen wertvollen Beitrag zu mehr Holzbau in Nordrhein-Westfalen und dazu, Holzbauland Nr. 1 zu werden.



Abb. 2: Die Kita „An der Niers-Aue“ in der Stadt Korschenbroich wurde in moderner Holzbauweise errichtet

Baumarten-Eignungskarten und Waldentwicklungstypen-Empfehlungskarten für den Klimawandel

Alexander Weller und Stefan Schulte-Kellinghaus
(Geologischer Dienst NRW)

Gemeinsam mit dem Geologischen Dienst NRW und dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW arbeitet das Team Waldplanung – Sachgebiet Standortkunde – an standortbezogenen Eignungskarten für ausgewählte Baumarten sowie Empfehlungskarten für Waldentwicklungstypen unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien.

Auf Basis der Forstlichen Standortkarte NRW (siehe Abb. 1) des Geologischen Dienstes wurden 2020 Karten zur Standorteignung ausgewählter Baumarten und zur Anbauempfehlung von Waldentwicklungstypen (WET) des Waldbaukonzeptes erarbeitet. Diese Kartenwerkzeuge sollen den Waldbesitz in NRW bei waldbaulichen Entscheidungen unterstützen und insbesondere aktuell zu einer standort- und klimagerechten Wiederbewaldung der Kalamitätsflächen beitragen.

Anhand der drei Standortkriterien „Forstliche Vegetationszeit“ (Anzahl Tage ≥ 10 °C Tagesmitteltemperatur), „Gesamtwasserhaushalt“ und „Nährstoffversorgung“ aus der Forstlichen Standortkarte NRW lässt sich die Eignung von Baumarten für den jeweiligen Standort herlei-

ten (nach ASCHE 2001; vgl. auch Waldbaukonzept NRW, S. 164-165). Derzeit werden solche Eignungskarten für 16 verschiedene Baumarten angeboten, diese sind: Stieleiche, Traubeneiche, Roteiche, Esskastanie, Buche, Bergahorn, Vogelkirsche, Winterlinde, Sandbirke, Schwarzerle, Fichte, Weißtanne, Große Küstentanne, Kiefer, Europäische Lärche und Douglasie. In den Karten wird die Standorteignung bzw. -gerechtigkeit, entsprechend ökologischer Amplitude und Optimum einer Baumart, in Form eines Ampelsystems dargestellt. Dabei steht Grün für „standortgerecht (hohe Vitalität/geringes Anbaurisiko)“, Gelb für „bedingt standortgerecht (eingeschränkte Vitalität/mittleres Anbaurisiko)“ und Rot für „nicht standortgerecht (geringe Vitalität/hohes Anbaurisiko)“.



Abb. 1: Aus den Angaben der Forstlichen Standortkarte NRW – hier dargestellt in dem frei verfügbaren Internetportal Waldinfo.NRW – werden Baumarten-Eignungskarten und WET-Empfehlungskarten abgeleitet

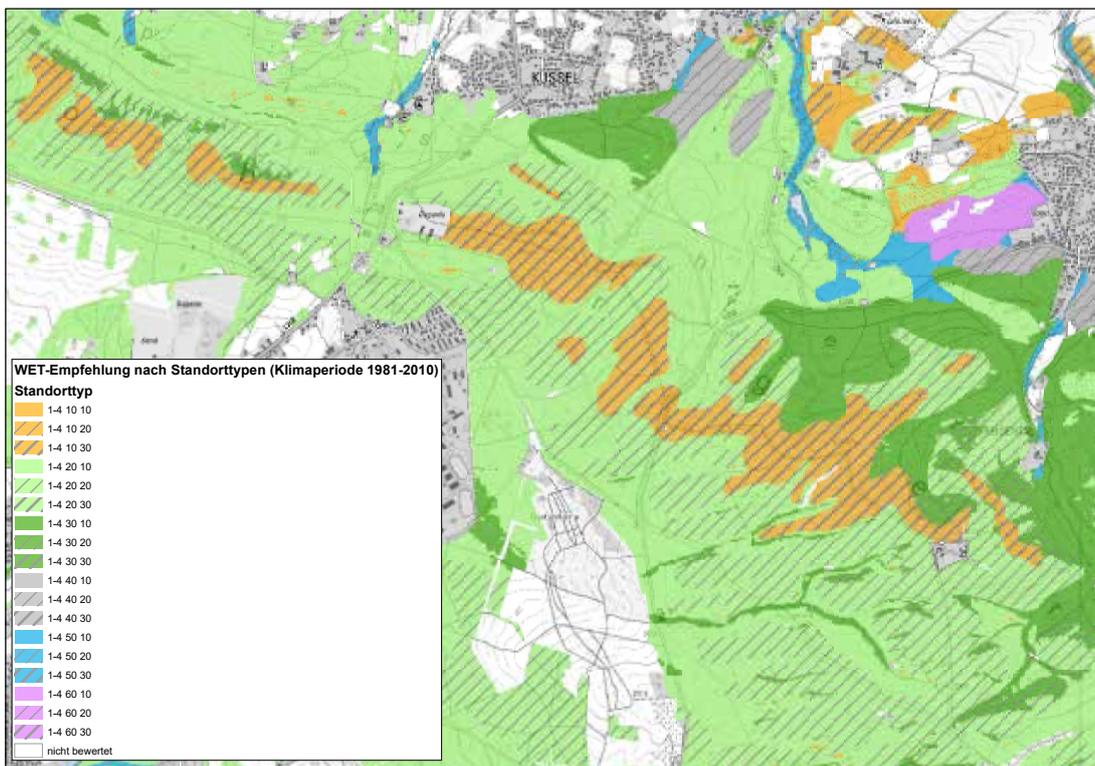


Abb. 2: Kartenansicht der WET-Empfehlungskarte auf Basis der Standorttypen des Waldbaukonzepts

Die drei Standortkriterien „Vegetationszeit“, „Gesamtwasserhaushalt“ und „Nährstoffversorgung“ werden überdies auch im Rahmen des Waldbaukonzepts genutzt, um Anbauempfehlungen für WET abzuleiten (vgl. Waldbaukonzept NRW, S. 64-71). Die Standortkriterien werden im Waldbaukonzept zu 72 verschiedenen Standorttypen kombiniert. Für jeden Standorttyp werden mehrere geeignete WET empfohlen. In der neuen Kartenanwendung werden diese Standorttypen jeweils grafisch dargestellt (siehe Abb. 2).

Darüber hinaus kann man auch per Mausclick in die Karte einen flächenindividuellen Report abrufen (siehe Abb. 3). In diesem Report sind nochmals alle Standortinformationen gebündelt dargestellt. Neben den drei Standortkriterien „Vegetationszeit“, „Wasserhaushalt“ und „Nährstoffversorgung“ ist hier auch zugleich der entsprechende Standorttyp des Waldbaukonzepts angegeben. Kernstück des Reports ist die Auflistung aller für diesen Standorttyp geeigneten WET. Wie im Waldbaukonzept werden die WET hinsichtlich ihrer Kompatibilität mit den Waldlebensraumtypen der FFH-Richtlinie farblich differenziert. Ebenso werden, gemäß ihrer erwarteten Wuchsleistung auf dem Standorttyp, besonders geeignete WET hervorgehoben. Für weitergehende Informationen sind darüber hinaus auch die jeweiligen WET-Steck-

briefe verlinkt (vgl. Waldbaukonzept NRW, S. 41-63).

Im weiteren Verlauf des bereits jetzt spürbaren Klimawandels können sich die derzeitigen Standortbedingungen vielerorts ändern, wodurch es zu einer sogenannten Standortdrift kommt. Um eine mögliche Standortdrift bei langfristigen waldbaulichen Entscheidungen zu berücksichtigen, wurden für die Forstliche Standortkarte NRW und die darauf aufbauenden Baumarten- und WET-Kartenauswertungen zusätzlich zwei verschiedene Klimaszenarien berechnet. Die Szenarien basieren auf den Klimaprojektionen der etablierten Modellsensibles RCP4.5 und RCP8.5 des Weltklimarats (IPCC) und verwenden jeweils Medianwerte zur Modellierung der Standorteigenschaften für die ferne Zukunft (2071-2100).

Auswertungen dieser Klimaszenarien zeigen im Vergleich zur aktuellen Klimaperiode 1981-2010 für viele Gebiete eine Standortdrift hin zu trockeneren Verhältnissen. Temperatur und Vegetationszeit nehmen zu, zugleich nehmen die Niederschläge innerhalb der Vegetationszeit tendenziell ab, wobei es hier regionale Unterschiede gibt. Diese veränderten klimatischen Bedingungen wirken sich wiederum unterschiedlich stark auf die Standorteignung einzelner Baumarten aus. So sind beispielsweise für die trockenempfindliche Fichte zunehmend

weniger Bereiche standörtlich geeignet (siehe Abb. 4). Trocken- und wärmeresistente Baumarten wie Traubeneiche und Kiefer finden hingegen überwiegend gute Wuchsbedingungen vor. Auch für die Standorttypen ergeben sich in den Klimaszenarien Veränderungen, was wiederum zu anderen WET-Empfehlungen führt. Je nach Baumartenzusammensetzung kann die Anbauempfehlung von WET in den Klimaszenarien zu- oder abnehmen.

Die neuen Kartenanwendungen zur Standortreignung ausgewählter Baumarten und zur Anbauempfehlung von WET inklusive der beiden Klimaszenarien sind im Herbst 2020 erschienen. Sie sind über das Internetportal Waldinfo.NRW (<https://www.waldinfo.nrw.de/>) für jeden Waldbesitzenden und Interessierten frei zugänglich. Mitarbeitenden von Wald und Holz NRW stehen die Kartenanwendungen ebenfalls über die interne Plattform ForstGIS zur Verfügung.

Literatur

Asche, N., 2001: Standortgerechte Baumartenwahl in Nordrhein-Westfalen. Eine Entscheidungshilfe. AFZ/DerWald 56, 826-829.

MULNV, Hrsg., 2018: Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen – Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. Düsseldorf.

Forstliche Standortkarte (FSK50) auf Grundlage der BK50 Geologischer Dienst NRW - im Auftrag der Landesforstverwaltung	
Informationen zum Standort	
Forstliche Vegetationsperiode (Tage >10°C)	175 Tage
Gesamtwasserhaushalt	mäßig trocken
Nährstoffversorgung	im Mittel sehr basenreich
Wasserspeicherungsvermögen des Bodens (nFK)	23 mm
Elementare Wasserkilanz in der Vegetationsperiode (KWBe)	55 mm
Bewertung nach Waldbaukonzept MULNV	
Standorttyp	4 10 30 : Vegetationszeit > 160 Tage ; mäßig trocken bis sehr trocken, wechsellustig ; eutroph (basenreich)
besonders geeignete Waldentwicklungstypen (WET)	
WET mit voller Kompatibilität zu Waldlebensraumtypen der FFH-Richtlinie	
WET10	WET 13: Eiche-Edellaubbäume
WET mit eingeschränkter Kompatibilität zu Waldlebensraumtypen der FFH-Richtlinie	
WET31	WET 31: Edellaubbäume (trocken)
WET ohne Kompatibilität zu Waldlebensraumtypen der FFH-Richtlinie	
kein WET vorhanden	
weitere geeignete Waldentwicklungstypen (WET)	
WET mit voller Kompatibilität zu Waldlebensraumtypen der FFH-Richtlinie	
WET12	WET 12: Eiche-Buche / Hainbuche
WET23	WET 23: Buche-Edellaubbäume
WET mit eingeschränkter Kompatibilität zu Waldlebensraumtypen der FFH-Richtlinie	
WET21	WET 21: Buche-Eiche / Rotleiche
WET29	WET 29: Buche-Douglasie
WET ohne Kompatibilität zu Waldlebensraumtypen der FFH-Richtlinie	
WET69	WET 69: Kiefer-Douglasie
WET96	WET 96: Douglasie-Küstentanne
Farbliche Kennzeichnung der Kompatibilität der Waldentwicklungstypen mit Waldlebensraumtypen der FFH-RL, bezüglich der Baumartenzusammensetzung bzw. der Höhenstufe (hellblau = voll, dunkelblau = eingeschränkt, violett = keine, verpflichtend für Wälder in FFH-Gebieten, in FFH-Gebieten zudem grundsätzlich kein Einbringen lebensraumfremder Baumarten, staatliche Verpflichtung für den Erhalt der Waldlebensraumtypen auch außerhalb von FFH-Gebieten mit verschiedenen Umsetzungsansätzen).	
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb – De-Greif-Str. 195 • D-47803 Erfeld • Fax: 02151 897-0 • Internet: www.gd.nrw.de • E-Mail: boden@gd.nrw.de	

Abb. 3: Flächenindividueller Report mit Angaben zum Standort sowie Darstellung der jeweils geeigneten WET

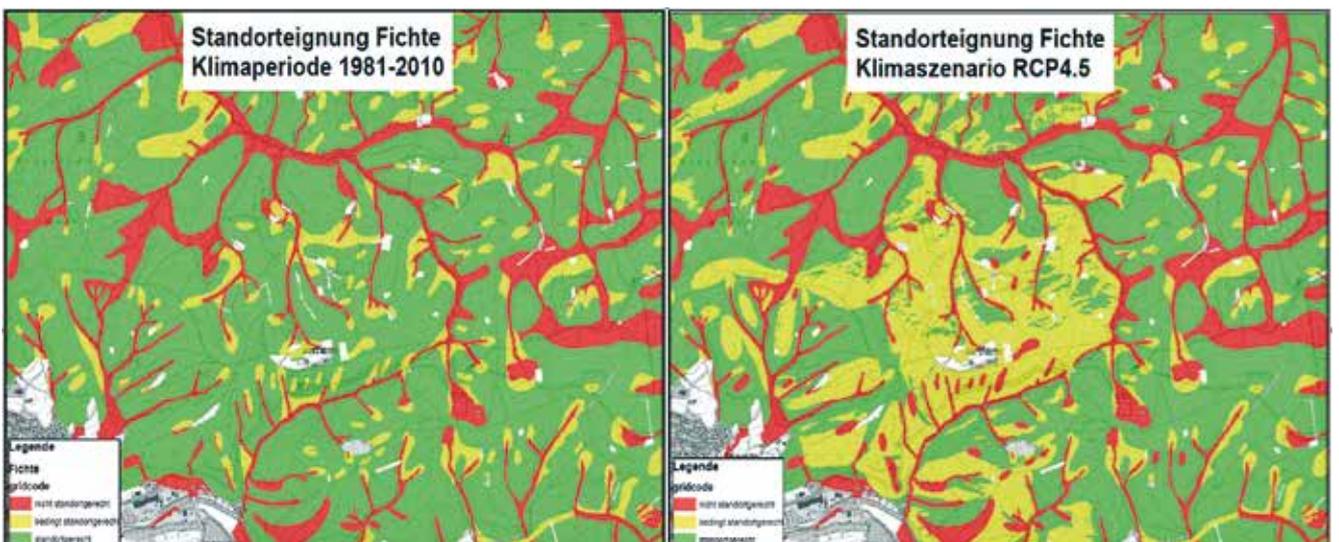


Abb. 4: Standorteignung der Fichte in der aktuellen Klimaperiode 1981-2010 und im Klimaszenario RCP 4.5 für 2071-2100 im Bereich des Arnsberger Waldes

Bestimmung von Kalamitätsflächen im Nadelwald über die Auswertung von Satellitendaten

Berthold Mertens, Jörg Meißner, Stefan Franz und Johannes Bürvenich

Über die Nutzung von Satellitendaten des Copernicus-Programms der ESA wurden bisher die Kalamitätsflächen der Jahre 2018 bis Juni 2020 bestimmt. Durch Verschneidung mit anderen thematischen Karten können Auswertungen für strategische Zwecke und zur Abbildung klimabedingter Standortsveränderungen ermöglicht werden.

Grundlage für die Ableitung von Kalamitätsflächen im Nadelwald sind zwei landesweit laufende Fernerkundungsverfahren, welche die flächendeckend und kostenfrei verfügbaren Sentinel-2-Satellitendaten des Copernicus-Programms der ESA nutzen. Zum einen kann daraus die Verteilung von Laub- und Nadelwald bestimmt, zum anderen in den als Nadelwald erkannten Waldflächen ein Vitalitätsmonitoring durchgeführt werden. Beim Vitalitätsmonitoring wird anhand von Referenzdaten zu geschädigten und gesunden Nadelwaldbeständen ein Vegetationsindex berechnet. Durch den Vergleich der aktuellen Werte mit einem Vergleichszeitpunkt, zum Beispiel aus 2017, lassen sich Veränderungen der Vitalität (u. a. Chlorophyll-Produktivität) ableiten. Bei steigender Abnahme der Vitalität werden die Flächen als geschädigt klassifiziert. Stark beeinflusste Flächen lassen auf bereits aufgearbeitete oder geräumte Kahlflächen schließen. Die Ergebnisse werden als Kartenebenen im Internet in der Kartenanwendung Waldinfo (www.waldinfo.nrw.de) veröffentlicht.

In den über die Copernicus-Satelliten als Nadelwald erkannten Flächen¹ wurden mit dem geschilderten Verfahren bisher die Kalamitätsflächen der Jahre 2018 bis September 2020 abgeleitet und aggregiert. Die im Folgenden dargestellten Zahlen sowie die Angaben in Tabelle 1 zeigen beispielhaft die Datenauswertung bis Juni 2020. Sie können mit jeder neu verfügbaren Auswertung der Satellitendaten entsprechend angepasst werden.

- Aufgrund von Bewölkung, überlagernden Randstrukturen oder Unterschreitung einer auf 0,1 ha festgesetzten Mindestflächengröße

Be pro Kalamitätsfläche liefert das Verfahren für bestimmte Waldflächen keine Ergebnisse (8,6 % der als Nadelwald erkannten Fläche bzw. insgesamt rund 29.200 ha).

- Als gesicherte Kalamitätsfläche werden nur solche Flächen berücksichtigt, die entweder der Schadstufe 2, „sichtbarer bis schwerer Käfer-/Trocknisschaden“, oder der Schadstufe 3, „aufgearbeitete oder geräumte Kahlfläche“, angehören (rund 12,5 % der als Nadelwald erkannten Fläche bzw. insgesamt rund 42.700 ha).
- Die Schadstufe 1, „Verdacht; gering oder erste sichtbare Symptome“, mit einer Fläche von rund 41.300 ha wurde bislang nicht als gesicherte Kalamitätsfläche betrachtet und deshalb keiner weiteren Auswertung unterzogen. Bei pessimistischer Einschätzung der Lage wäre durchaus zu überlegen, ob man diese Schadstufe dazunimmt.

Landesweite thematische Auswertungen im Zeitraum 2018 bis Juni 2020

Das Verfahren wird laufend verbessert und die Daten werden periodisch aktualisiert. Als großer Vorteil erweist sich aber bereits jetzt, dass der landesweit zur Verfügung stehende Kartensatz mit anderen thematischen Karten verschnitten werden kann. Damit sind trotz aller durch die Fernerkundung bedingten Einschränkungen des Verfahrens landesweite Aussagen zur Verteilung der Kalamitätsflächen für strategische Zwecke möglich.

Die Tabelle auf der folgenden Seite verdeutlicht beispielhaft, dass damit räumliche Fragestellungen (z. B. Verteilung nach Regierungsbezirken oder Regionalforstämtern), Fragen nach dem Rechtsstatus der Gebiete (z. B. Betroffen-

¹ Im Rahmen der Fernerkundung wurden durch Auswertung von Satellitendaten rund 340.500 ha als Nadelwald klassifiziert. Diese Fläche ist rund 5 % geringer als die bei der Landeswaldinventur als Nadelwald ausgewiesene Fläche von 359.000 ha.

heit von FFH-Gebieten) oder auch waldökologische Fragestellungen (z. B. Verteilung nach Höhenstufen bzw. Vegetationszeitbereichen, Verteilung nach Wasserhaushaltsstufen der forstlichen Standorte) beantwortet werden können.

Weitere landesweite thematische Auswertungen sind geplant – zum Beispiel zu den wich-

tigsten betroffenen Standortstypen in NRW oder zu den Waldentwicklungstypen, die auf den vorhandenen Kalamitätsflächen gemäß Waldbaukonzept empfohlen werden. Dabei soll auch die Veränderung der Standorte im Klimawandel durch die Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien abgebildet werden.

Tabelle 1: Beispielhafte landesweite Auswertung der aus Fernerkundungsverfahren abgeleiteten Kalamitätsflächen

Gesamte Kalamitätsfläche im Nadelholz												
rd. 42.700 ha												
Verteilung auf Regierungsbezirke												
Münster			Detmold			Arnsberg			Köln		Düsseldorf	
rd. 2.300 ha 5 %			rd. 10.300 ha 24 %			rd. 18.300 ha 43 %			rd. 10.600 ha 25 %		rd. 1.200 ha 3 %	
Verteilung auf die 16 Regionalforstämter												
01	rd. 200 ha	0 %	05	rd. 4.800 ha	11 %	09	rd. 1.400 ha	3 %	13	rd. 1.600 ha	4 %	
02	rd. 1.000 ha	2 %	06	rd. 3.100 ha	7 %	10	rd. 1.400 ha	3 %	14	rd. 1.000 ha	2 %	
03	rd. 1.400 ha	3 %	07	rd. 1.100 ha	3 %	11	rd. 6.900 ha	16 %	15	rd. 2.000 ha	5 %	
04	rd. 3.300 ha	8 %	08	rd. 3.200 ha	7 %	12	rd. 6.200 ha	15 %	16	rd. 4.100 ha	10 %	
Betroffenheit von FFH-Gebieten												
Fläche innerhalb von FFH-Gebieten						Fläche außerhalb von FFH-Gebieten						
rund 5.400 ha 13 %						rund 37.300 ha 87 %						
Verteilung auf Höhenstufen (bzw. Vegetationsbereiche)												
planar (> 160 Tage)			kollin (145–160 Tage)			submontan (130–144 Tage)			obermontan/montan (< 130 Tage)			
rund 30.400 ha 71 %			rund 9.700 ha 23 %			rund 2.400 ha 6 %			rund 200 ha 0 %			
Verteilung auf die Gesamtwasserhaushaltsstufen (nach FSK 50)												
mäßig trocken bis sehr trocken, wechsell trocken		mäßig frisch		frisch bis sehr frisch, grund- frisch bis grund- feucht		mäßig wechsell- feucht bis wechselfeucht		hangfeucht, feucht		nass, staunass		
rd. 4.500 ha 11 %		rd. 9.300 ha 22 %		rd. 21.900 ha 51 %		rd. 4.700 ha 11 %		rd. 1.800 ha 4 %		rd. 500 ha 1 %		

Regionale Beispiele (letzte Befliegung März 2020)

Im unten dargestellten Vergleich der Forstbetriebskarten mit der Auswertung der Fernerkundungsdaten werden regionale Unterschiede deutlich. Blau gefärbte Flächen in der Betriebskarte links zeigen Fichtenbestände

(gelb = Eiche, braun = Buche). Das Luftbild rechts zeigt die unterschiedlichen Stufen der Vitalitätsabnahme: ■ = gering: Verdacht oder erste sichtbare Symptome, ■ = mittel: sichtbarer bis schwerer Käfer-/Trocknisschaden, ■ = stark: aufgearbeitete oder geräumte Kahlfläche (Blöße)².

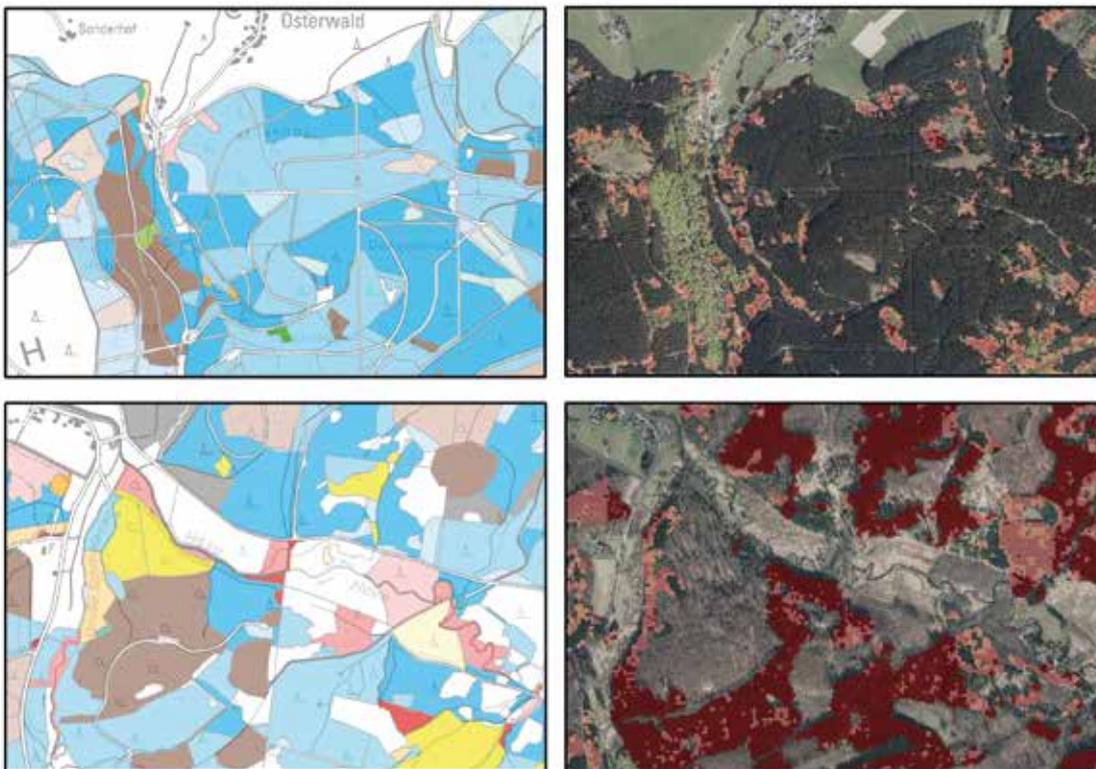


Abb. 1: Oben nur vereinzelte, meist mittlere Vitalitätsabnahme im Hochsauerland (Hunau); unten starke, meist flächige Vitalitätsabnahme in Fichtenbeständen im Hevetal (Möhnesee)

Abfrage der Kalamitätsmengen bei den Regionalforstämtern im Zeitraum 2018 bis September 2020

Im Auftrag der Taskforce Käfer und der Arbeitsgruppe Großkalamität melden die Regionalforstämter im Turnus von 6-8 Wochen die Kalamitätsmengen, die durch Sturm, Dürre oder Borkenkäfer angefallen sind. Diese Mengenabfrage erfolgt regelmäßig seit 2018 und liefert einen regelmäßigen und jeweils aktualisierten Überblick über das Schadgeschehen. Grundlage sind Einschätzungen der Forstbetriebsbezirke vor Ort, die die Entwicklung der Fichtenbestände in den Kennzahlen „aufgearbeitetes Holz“ und „stehendes Kalamitätsholz“ abbilden. Wichtig dabei ist auch die Unterscheidung zwischen „stehend forstschutzrelevantem“ und „stehend trockenem“ Holz.

Werden die Ergebnisse der Kalamitätsmengenabfragen für die Baumart Fichte, egal ob Sturm, Trockenis oder Borkenkäfer, von Anfang 2018 bis Juli 2020 zusammengefasst, ergibt sich bis September 2020 eine Schadholzmenge von rund 30 Mio. Festmetern. Fast 90 % dieser Menge wurde durch Borkenkäfer verursacht. Diese Schadholzmenge bezieht sich auf ganz Nordrhein-Westfalen und auf alle Waldbesitzarten. Extreme Schäden sind mittlerweile in allen Forstamtsbereichen der unteren und mittleren Höhenlagen zu verzeichnen. Seit Sommer 2020 sind aber auch die höheren Lagen des Sauerlandes stark betroffen.

² Die beiden letztgenannten Stufen werden, wie oben beschrieben, als gesicherte Kalamitätsfläche angenommen.

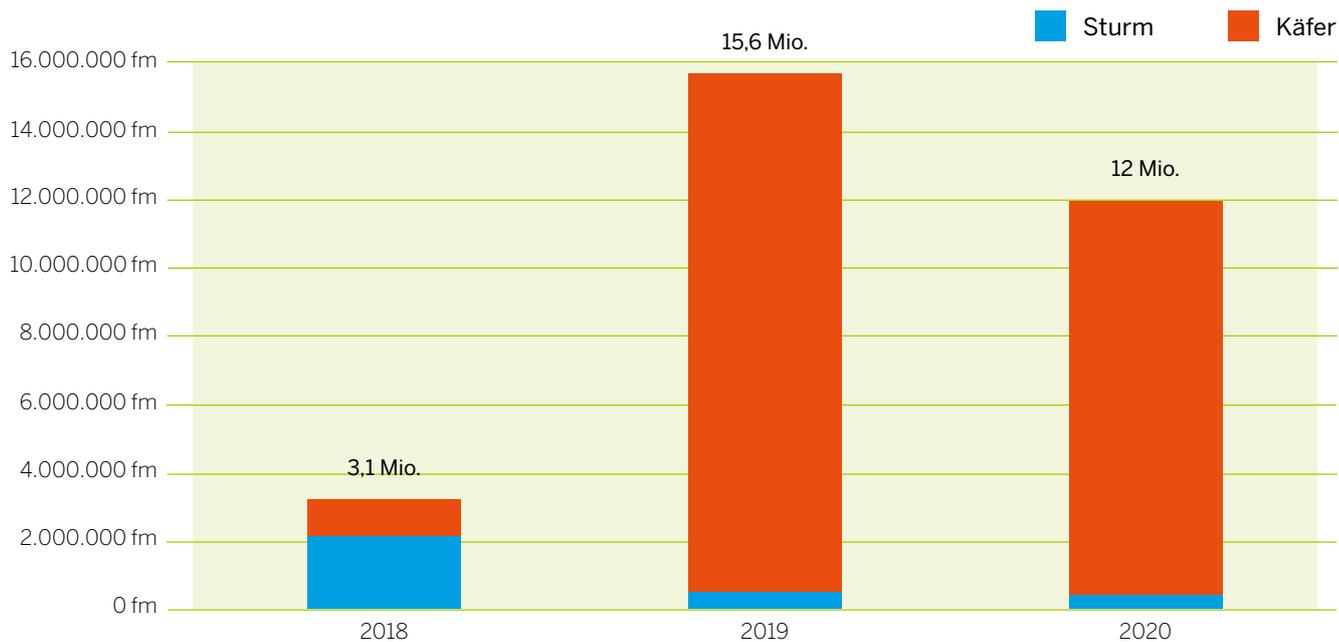


Abb. 2: Gesamtes Schadholz in der Fichte (Sturm, Käfer, Trockenis), NRW gesamt mit allen Waldbesitzarten, Stand Sept. 2020

Forschungsprojekt zu kontinuierlichen Vitalitäts- und Waldschadensanalysen durch Fernerkundungsdaten gestartet

Berthold Mertens und Johannes May

Mit FirSt 2.0 ist am 1. Juli 2020 eines der umfassendsten Forschungsprojekte zu Waldschäden in Deutschland gestartet. Das Sachgebiet Planungs- und Informationssysteme im Zentrum für Wald und Holzwirtschaft stellt in dem Verbundprojekt den Projektpartnern wichtige Referenzdaten für Schadketten zur Verfügung und arbeitet intensiv an der Entwicklung von Ausbreitungsmodellen mit.

Das Verbundprojekt FirSt 2.0 wird im Rahmen der Förderrichtlinie Modernitätsfonds („mFUND“) mit rund 1,8 Millionen Euro durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert und hat die Entwicklung eines Softwareprodukts zur satelliten- und KI-gestützten Erkennung der Schadentwicklung in den Wäldern Deutschlands (z. B. Sturm, Dürre, Borkenkäfer) zum Ziel.

Neben Wald und Holz NRW sind die Technische Universität Berlin, die Luftbild Umwelt Planung GmbH (Projektleitung), der Landesforst Mecklenburg-Vorpommern, das Thünen-Institut für Waldökosysteme, der Nationalpark Bayerischer Wald, der Waldbesitzerverband Niedersachsen, LiveEO und Ororatech am Projekt beteiligt.



Abb. 1: Logo des Projektes



Abb. 2: Das Projektteam anlässlich des Kick-off-Treffens am 6. Oktober 2020 an der Versuchsstation Britz des Thünen-Instituts für Waldökosysteme

Im Projekt sollen satellitenbasierte Radar-, optische, Hyperspektral- und Thermaldaten für die Erkennung von Waldschäden genutzt werden. Cloud-Computing und die neuesten Machine-Learning-Algorithmen sollen eingesetzt werden, um die Fülle von Informationen, die sich aus der Kombination von unterschiedlichsten Satellitendaten und in-situ-Messungen ergeben, für ein kontinuierliches Monitoring und eine Prognose der Schadentwicklung zu nutzen.

Die Softwareprodukte sollen für die Überwachung unterschiedlicher Schadereignisse und Schadketten entwickelt werden, um den Akteuren aus Forstwirtschaft, Naturschutz und Politik ein verbessertes Waldmanagement zu ermöglichen. Die Werkzeuge sollen Schadenshotspots und besonders disponierte Stellen für Schäd-

lingsbefall oder Waldbrand nach Dürre oder Sturm zeitnah erkennen. Ausbreitungsmodelle sollen entwickelt werden und im Idealfall eine Prognose der Schadentwicklung unterstützen. Das Sachgebiet Planungs- und Informationssysteme am Zentrum für Wald und Holzwirtschaft (FB V) in Arnshausen wird in dem Verbundprojekt zum einen Referenzdaten aus dem Arnshausener Wald für beobachtbare Schadketten zur Verfügung stellen. Zum anderen werden hier die Daten statistisch ausgewertet, um entsprechende Ausbreitungsmodelle zu entwickeln. Für die Arbeiten kann dabei auch auf bisherige erfolgreiche Fernerkundungsprojekte von Wald und Holz NRW (Waldbedeckung, Baumartenerkennung, Vitalitätsmonitoring) zurückgegriffen werden. Mit dem Team IT/Geodaten in Münster wird eng zusammengearbeitet.



Abb. 3: Die am Verbundprojekt beteiligten Projektpartner

Erhalt bzw. Steigerung der nachhaltigen Holzproduktion unter Nutzung von Baumarten aus anderen biogeografischen Regionen

Norbert Asche

Im Jahr 2018 wurden im Arnsberger Wald und im Weserbergland elf Baumarten auf ca. 1 ha großen Versuchsflächen angepflanzt. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die FNR gefördert. Die Kulturen entwickelten sich trotz der ungewöhnlichen Trockenheit der Jahre 2018, 2019 und 2020 gut und sie zeigen, dass einige der angebaute Baumarten Elemente der zukünftigen Waldentwicklung im Klimawandel sein können.

Holz ist ein wichtiger nachwachsender Rohstoff, der u. a. in der Bau-, Möbel- und Energiewirtschaft Verwendung findet. Der aktuelle Bedarf für die Menschen in NRW kann nur zu ca. 30 % durch die Holzernte in heimischen Wäldern gedeckt werden. Hier ist es aus ökologischen und auch ökonomischen Gründen sinnvoll, die Produktion in den heimischen Wäldern auf diesem Niveau zu halten bzw. zu steigern. Ob dies in Zukunft möglich sein wird, ist ungewiss, weil die Waldzustandserhebung auf erhebliche Beeinträchtigungen der Vitalität der Waldbäume hin-

weist, bisher unbekannte Pilze zum Absterben wichtiger Waldbaumarten führen und Veränderungen von Standortmerkmalen durch Bodenversauerung und Trockenstress die Produktivität der Wälder beeinflussen. Welch dramatische Auswirkungen Trockenstress auf unsere Wälder hat, wird in den trocken-heißen Jahren 2018, 2019 und 2020 deutlich. Von diesen Schäden sind alle Baumarten mehr oder weniger stark betroffen. Insgesamt sind auf ca. 80.000 ha Wälder in Nordrhein-Westfalen abgestorben, überwiegend solche, in denen Fichten dominierten. Angesichts des erwarteten Klimawandels wird das Risiko, mit der Fichte erfolgreich zu wirtschaften, eher weiter zu- als abnehmen.

Um auch in Zukunft die Holzproduktion zu sichern, ist es erforderlich, vitale, standortgerechte Baumarten aus anderen biogeografischen Regionen am Waldaufbau zu beteiligen und in unsere Wälder zu integrieren. Während die Kenntnisse über den Anbau von Douglasie, Lärche und Roteiche recht gut sind, sind die Kenntnisse über andere, in ihrer Heimat leistungsstarke Baumarten (u. a. Küstenmammutbaum, Westliche Hemlock, Atlaszeder, Edelkastanie) noch unzureichend. Um die Kenntnisse bezüglich Vitalität, Wuchsleistung und waldbaulicher Behandlung zu verbessern, wird seit 2017 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die FNR der Versuchsanbau von insgesamt elf Baumarten auf einer Fläche von ca. 28 ha im Arnsberger Wald und im Weserbergland gefördert.

Die Versuchsflächen wurden als ca. 1 ha große Mischbestände mit Rotbuche im Trockenjahr 2018 angelegt. Trotz der extremen Trockenheit sind die Kulturen gut angewachsen. Ausfallraten von weniger als 5 % wurden auf den Flächen in Stempel bei Orientbuche, Edelkastanie, Gebirgsmammutbaum und Araukarie



Abb. 1: Atlaszedernkultur Frühjahr 2018

festgestellt. Erhöhte Ausfallraten wurden auf den Flächen mit Küstenmammutbaum (7 %), Atlaszeder (16 %) und Küstentanne (19 %) beobachtet. Im folgenden Jahr 2019 – ebenfalls durch extreme Trockenheit gekennzeichnet – wurden gegenüber 2018 erhöhte Ausfallraten der kleinen Bäume beobachtet: weniger als 5 % bei Araukarie, Gebirgsmammutbaum und Edelkastanie, weniger als 15 % bei Orientbuche, Atlaszeder und Küstentanne, ca. 22 % bei Küstenmammutbäumen und ca. 34 % bei in 2019 gepflanzten Sichelantennen. Um größere Pflanzenausfälle der Jahre 2018 und 2019 auszugleichen bzw. um noch freie Flächen zu bestocken, wurden 2020 in Stempel Bäume nachgepflanzt: Atlaszeder, Gebirgsmammutbaum, Sichelantenne und Küstenmammutbaum.

Trotz der ungewöhnlichen Trockenheit war die Wuchsleistung der überlebenden Bäume erstaunlich. So erreichten die 1- bis 2-jährigen, ca. 10 bis 30 cm großen Atlaszedern im Jahr 2019 beispielsweise Höhen von bis zu einem Meter auf der Versuchsfläche in Stempel und auf der Versuchsfläche am Lattenberg sogar Höhen von 1,5 m. Aktuell werden die Versuchsflächen aufgenommen und die Höhenentwicklung der Bäume gemessen.



Abb. 2: Zedernkultur Herbst 2019

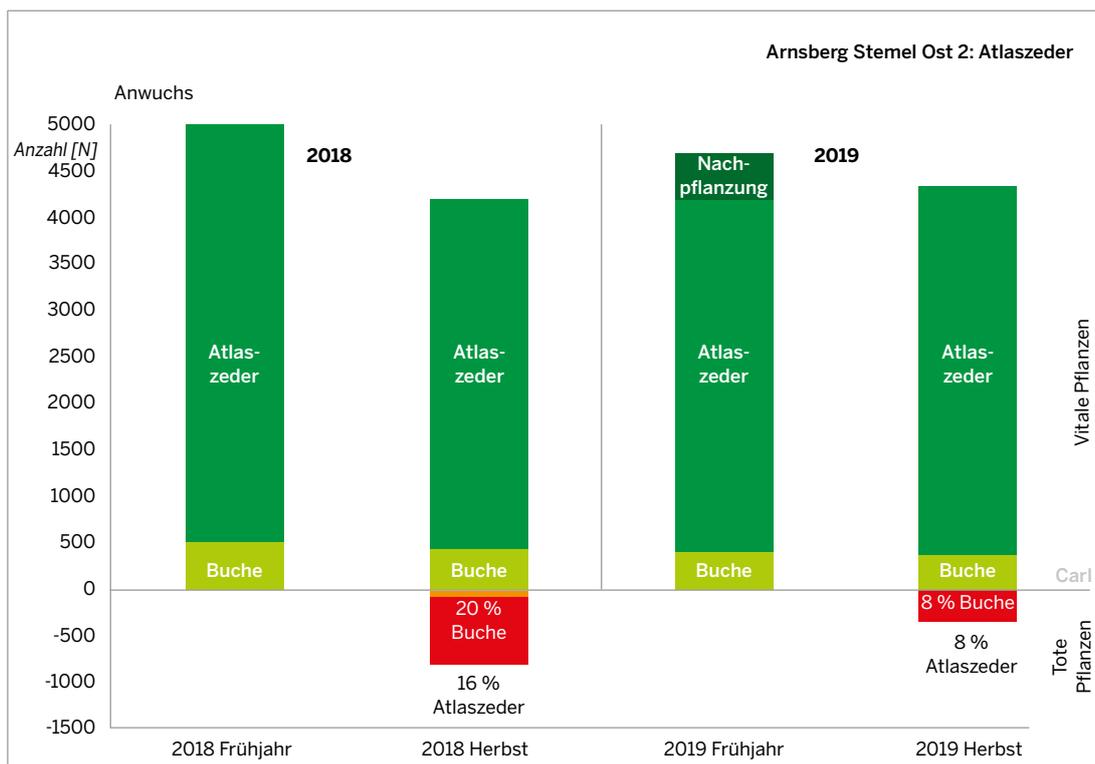


Abb. 3: Entwicklung der Pflanzenzahlen auf der Atlaszedernfläche Stempel

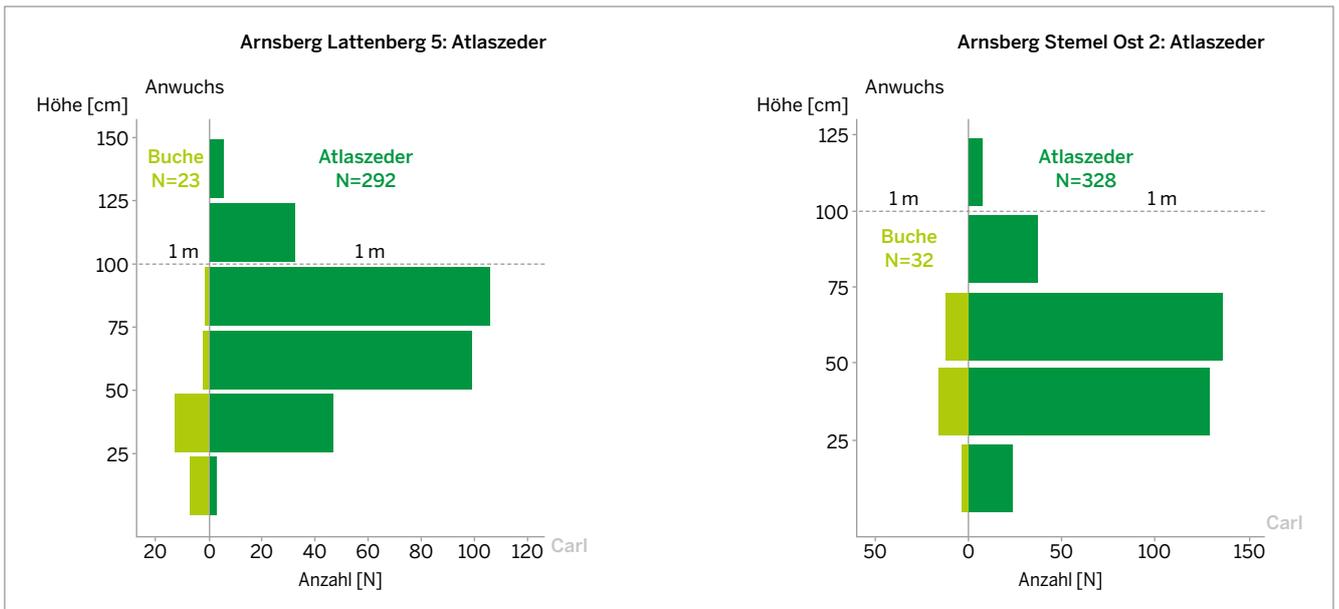


Abb. 4: Entwicklung der Höhenentwicklung der Atlaszedern auf den Flächen Stemel und Lattenberg

Fazit

Trotz der extrem trockenen Witterung bei der Versuchsanlage sind die Kulturen gut angewachsen und entwickeln sich recht gut. Dabei zeigen derzeit Atlaszeder und Edelkastanie eine erstaunlich hohe Vitalität. Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass diese

Baumarten, neben Küstentanne, Douglasie und Roteiche, eine Bereicherung der Wälder von Morgen sein können und eine Möglichkeit sind, klimastabile Wälder mit einer wertvollen Holzproduktion zu entwickeln.



A photograph of a forest with tall, thin trees and a large green circle in the center containing the text 'TEAM WALDBAU'. The trees are mostly bare, suggesting a late autumn or winter setting. The ground is covered in green vegetation and fallen logs. The sky is blue with white clouds.

TEAM
WALDBAU

Eingeführte Baumarten und Klimawandel: Ist der Wald der Zukunft bunter?

Christoph Klose

Für einen Anbau in Nordrhein-Westfalen gelten 15 eingeführte Nadel- und Laubbaumarten als geeignet. Durch die Erarbeitung von Anbauempfehlungen für die forstliche Praxis soll ein Beitrag zur Nachhaltigkeit und Widerstandsfähigkeit unserer Wälder geleistet werden.

In Zeiten des Klimawandels gelangt das Thema der eingeführten, d.h. ursprünglich aus anderen Ländern Europas und der Welt zu uns gelangten Baumarten wieder stärker in den forstlichen Themenfokus. Im Projekt „Dokumentation eingeführter Baumarten in Nordrhein-Westfalen im Klimawandel“ werden bekannte eingeführte Baumarten (z. B. Douglasie, Japanlärche) und gegenwärtig noch eher unbekanntere eingeführte Baumarten (z. B. Lindenblättrige Birke, Riesenlebensbaum) näher charakterisiert. Ziel des Projektes ist es, vorläufige Empfehlungen zum Anbau eingeführter Baumarten für die forstliche Praxis zu erarbeiten. Mit den Anbauempfehlungen soll das bestehende Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen (2018), das im Kontext der nordrhein-westfälischen Klimaanpassungsstrategie Wald entwickelt wurde, ergänzt werden.

Eingeführte Baumarten in Nordrhein-Westfalen

In allen Waldeigentumsarten in Nordrhein-Westfalen kommen eingeführte Baumarten vor. Die Arten gelangten über die Jahrhunderte hinweg aus vielen Regionen der Welt zu uns und in unsere Wälder.

Im Staatswald von Nordrhein-Westfalen nehmen eingeführte Baumarten unterschiedlichen Alters eine Holzbodenfläche von insgesamt circa 6,9 % ein. Die drei etablierten Baumarten Douglasie, Japanlärche und Roteiche sind dabei flächenmäßig besonders verbreitet. Sie wachsen zusammengenommen auf rund 5,4 % der Staatswaldfläche und nehmen mit rund 80 % den größten Flächenanteil der Baumartengruppe „Eingeführte Baumarten“ ein. Die weniger bekannten eingeführten Arten – das sind mehr als 100 verschiedene Baumarten – wachsen entsprechend nur auf etwa 1,5 % der gesamten Staatswaldfläche. Die meisten dieser unbekannteren Baumarten können im landeseigenen Arboretum Burgholz bei Wuppertal von Waldinteressierten besucht, bestaunt und untersucht werden.

Aufgrund des hohen Privatwaldanteils in Nordrhein-Westfalen ist anzunehmen, dass der Flächenanteil und das Spektrum der eingeführten Baumarten im Privatwaldeigentum entsprechend hoch ist – historisch bedingt besonders in den Wäldern adeliger Grundbesitzer.

Anbauen im Kontext der Nachhaltigkeit

Ein Anbau neuer Baumarten im Wald der nahen Zukunft muss grundsätzlich im Kontext der Nachhaltigkeit gesehen werden, wenn dessen Multifunktionalität erhalten werden soll. Der Anbau eingeführter Baumarten hat damit grundsätzlich allen drei Basiskriterien der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie und Soziales) zu genügen. Ziel ist es, auf der Grundlage gegebener Standortbedingungen und prognostizierter Klimaentwicklungen durch eine geeignete

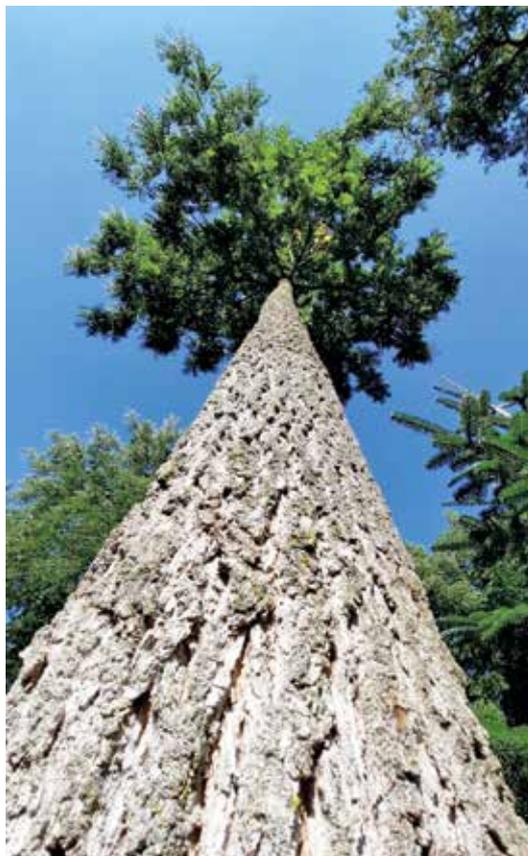


Abb. 1: Schwarznuss bei Warendorf in NRW



Abb. 2: Der mächtige Stamm einer 129-jährigen Schwarzkiefer im Arnberger Wald

Baumartenwahl auch künftig vitale Wälder zu erhalten bzw. entstehen zu lassen – und damit den Wald zu einem gewissen Anteil auch bunter zu gestalten. Allerdings ist eine Bewertung der seltener bei uns vorkommenden eingeführten Baumarten häufig nicht ganz einfach, da man einige zukünftige Entwicklungen vorwegnehmen muss: So haben wir bisher beispielsweise kaum Anbauerfahrung mit diesen Arten und kennen ihre Ökologie häufig noch zu wenig.

Das Waldökosystem verändert sich gegenwärtig durch die anhaltenden Veränderungen im Klimasystem. Dadurch verändern sich auch die gegebenen standörtlichen Bedingungen, sowohl für unsere heimischen als auch für unsere eingeführten Baumarten. Auch sind die eingeführten Baumarten bisher, was ihre spezifische Verwendung angeht, häufig nur bei den verschiedenen Verwendern in den Herkunftsländern bekannt.

Es bestehen auch deswegen hierzulande überwiegend noch keine ausgebildeten Segment- und allenfalls Nischenmärkte für Produkte insbesondere der unbekannteren eingeführten Baumarten. Fremde bzw. unbekannte Arten

bergen im Übrigen das Risiko, von ideologisch geleiteten Gruppen als eine Bedrohung angesehen zu werden. So können gravierende Konflikte, meist aus Unkenntnis über eingeführte Baumarten und deren Häufigkeitsvorkommen in den Wäldern, entstehen.

Im Anbau eher noch unbekannter eingeführter Baumarten liegen zahlreiche Chancen für die forstliche Nachhaltigkeit. Forstwirtschaftlich attraktive und betriebssichere eingeführte Baumarten können zum Aufbau ökologisch stabiler und vorratsreicher Wälder beitragen. Sie vermögen die Multifunktionalität unserer Wälder, insbesondere ihre Kohlenstoffsinkenfunktion sowie ihre Wasserspeicher- und Kühlfunktion dauerhaft zu gewährleisten.

Motive und Chancen eines Anbaus

Die Beweggründe für den Anbau ausländischer Baumarten in Vergangenheit und Gegenwart waren und sind recht unterschiedlich. Europa hat auf Grund der letzten Eiszeiten eine natürliche Baumartenarmut, und heimische Arten weisen im Artenvergleich mit anderen Weltregionen häufig eine geringere genetische Ausstattung auf. Frühere Beweggründe und Ziele des Anbaus ausländischer Baumarten in unseren Wäldern waren Neugierde, Ästhetik, Besonderheit, Prestige und Rarität. Man erhoffte sich von ihnen aber auch eine Steigerung der Holzproduktion in Mangelzeiten (z. B. bereits im 18. Jahrhundert), die Nutzung spezifischer Holzeigenschaften und eine Bereicherung des heimischen Waldes.

Neuere Beweggründe und Ziele des Anbaus von eingeführten Baumarten ergänzen frühere Absichten: Man erhofft sich, durch den Anbau neuer Waldbaumarten die eigenen waldbaulichen Möglichkeiten zu erweitern (z. B. Ausweitung des Standortpotenzials), das ökonomische Risiko im Betrieb durch Diversifikation zu streuen oder sich betriebswirtschaftlich stärker zu positionieren (bewusste Spezialisierung bzw. Nischenbildung). Das aktuellste Motiv ist die Erwartung an die eingeführten Baumarten, einen Beitrag zur Widerstandsfähigkeit des Waldes gegenüber klimatischen Veränderungen zu leisten und gleichzeitig zur Rohstoffsicherung beizutragen.

Erarbeitung vorläufiger Anbauempfehlungen

Im Projekt werden insgesamt 15 verschiedene Laub- und Nadelbaumarten (das sind fast 14 %

Tabelle 1: Liste mit insgesamt 15 eingeführten Baumarten, die gegenwärtig als empfehlenswert gelten

Nadelbäume	Laubbäume
1. Schwarzkiefer	1. Roteiche
2. Douglasie	2. Edelkastanie
3. Große Küstentanne	3. Walnuss
4. Weißtanne	4. Schwarznuss
5. Japanische Lärche	5. Baumhasel
6. Nordmantanne	6. Lindenblättrige Birke
7. Riesenlebensbaum	
8. Atlaszeder	
9. Libanonzeder	

der bei uns in den Wäldern vorkommenden eingeführten Baumarten) hinsichtlich ihres tatsächlichen und potenziellen Beitrags zur Nachhaltigkeit näher charakterisiert, um vorläufige Anbauempfehlungen zu diesen überwiegend noch unbekanntem Baumarten für die Forstpraxis geben zu können. Dazu wurden in den vergangenen Jahren unter anderem zahlreiche bestehende Kleinstflächenanbauten eingeführter Baumarten überall in Nordrhein-Westfalen vor Ort besucht, untersucht und näher charakterisiert. Aber auch der länderübergreifende Erfahrungsaustausch (z. B. über die AG Gastbaumarten) und bestehende, umfangreiche Literatur aus dem In- und Ausland wurden und werden im Projekt genutzt, um alsbald vorläufige Anbauempfehlungen zu geeigneten eingeführten Baumarten abgeben zu können.

Die schriftliche Charakterisierung einer eingeführten Baumart erfolgt nach 14 verschiedenen Kategorien: (1) Name und gebräuchliche Handelsnamen, (2) Erscheinungsform (Habitus), (3) Alter und natürliches Vorkommensgebiet, (4) Verjüngungseigenschaften, (5) Standortansprüche, (6) Auswirkungen eines Anbaus auf den Standort, (7) Gefährdungen und Waldschutz, (8) Wachstum bzw. Leistungsfähigkeit, (9) waldbauliche Eigenschaften, (10) Saat- und Pflanzgutversorgung, (11) Holzeigenschaften, (12) Holzverwendung, (13) ökonomische Be-

deutung, (14) Sonstiges zur Baumart. Abgerundet werden die baumartenspezifischen Charakterisierungen durch Praxisbeispiele, anhand derer Interessierte in der Wirklichkeit eine betreffende eingeführte Baumart in Nordrhein-Westfalen im Wald besuchen und kennenlernen können.

Neben den zahlreichen Chancen, die im Anbau eingeführter Baumarten gesehen werden, können Risiken bei einem Anbau mit diesen Arten für die Zukunft grundsätzlich nie ganz ausgeschlossen werden. Unsere Waldökosysteme verändern sich gegenwärtig aufgrund des Klimawandels. Basis für die Veränderungen in den Waldökosystemen sind die lokalen Wetterveränderungen, die Folgen für die Wuchsverhältnisse am forstlichen Standort der heimischen und eingeführten Baumarten haben. Aber auch durch globale Handelsströme können heimische und eingeführte Baumarten hierzulande durch in der Zukunft eingeschleppte Quarantäneschädlingearten (besonders Neozoen und Neomyceten) bedroht werden. So stellt zum Beispiel derzeit der Quarantäneschädling Asiatischer Laubholzbockkäfer als Holzschädling eine große potenzielle Gefahr für die Nachhaltigkeit dar. Daher kann eine Bewertung einer eingeführten Baumart auch nie abschließend sein und unterliegt grundsätzlich einem Wandel.



Abb. 3: Edelkastanienbäume voller Maronen, den Früchten der Edel- oder Esskastanie

Beispiel Edelkastanie: „Sonstiges über die Edelkastanie“

Die bereits von den Römern eingeführte Edel- oder Esskastanie bietet in den Wäldern von Nordrhein-Westfalen einen Lebensraum für viele aus Naturschutzsicht wertvolle Arten (u. a. seltene Moose, Flechten, Pilze und Käfer). Ältere Edelkastanienbestände gelten im Übrigen naturschutzfachlich als ebenso wertvoll wie alte Eichenbestände. Über die sehr nahrhaften Früchte, die Maronen, freuen sich zudem Waldbesucher und zahlreiche Tierarten. Imker profitieren von angepflanzten Edelkastanien, da die Blüten der Baumart

eine ausgezeichnete Bienenweide darstellen und Bienen einen sehr aromatischen Honig als Nebenprodukt herstellen. Alte Esskastanien werden von Waldbesuchern meist als sehr beeindruckend und ästhetisch empfunden. Die Esskastanie trägt durch ihre insgesamt hohe Wuchsleistung besonders gut zur Kohlenstoffspeicherung (u. a. auf ärmeren, aber nicht zu armen Standorten) bei. Sie kann deshalb hierzulande grundsätzlich als zukunftsfähig im Klimaschutz angesehen werden.

Forstvermehrungsgut im Klimawandel

Jana Hanke, Chris Kenter, Karin Müller und Martin Rogge

Für einen Waldumbau im Klimawandel ist geeignetes Saat- und Pflanzgut von zentraler Bedeutung. Die Benennung von Arten und Herkünften mit den gewünschten genetischen Eigenschaften liefert hierzu einen Beitrag. Um Empfehlungen für erfolgreiche Pflanzungen geben zu können, wurden Containerpflanzen aus verschiedenen Anzuchtssystemen untersucht.

Saat- und Pflanzgut ist mit vielen seiner unterschiedlichen Aspekte eine Schlüsselressource für den Waldumbau und die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. Dieser Sachverhalt schlug sich in der Arbeit des Teams bzw. Sachgebietes Forstgenetik/Forstvermehrungsgut im Zentrum für Wald und Holzwirtschaft des Landesbetriebs Wald und Holz Nordrhein-Westfalen für den Berichtszeitraum nieder.

Tendenziell wird für einen Waldumbau, besonders bei der Verwendung derzeit noch nicht am Standort vorhandener und nicht spontan einwandernder Bäume, die künstliche Verjüngung als Saat oder Pflanzung an Bedeutung zunehmen.

Die Genetik setzt auf Art-, Herkunfts- und Individualebene der Gehölze den Rahmen für eine Anbaueignung in der Zukunft. Wegen der Langfristigkeit der forstlichen Produktion bedeutet dies jedoch eine derzeitige Anbaueignung, beginnend mit der Kulturphase bei gleichzeitiger genetisch programmierter Toleranz künf-

tiger Umweltbedingungen. Das erfordert für alle Arten und Herkünfte zum Beispiel bis auf Weiteres eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Winter- oder Spätfröste.

Unter Beachtung dieser Notwendigkeiten wurden im Berichtszeitraum zusammen mit den Waldbauspezialisten des Hauses Baumarten benannt, die für einen Waldumbau im Klimawandel zunehmend eine Rolle spielen könnten. Dazu zählen bereits bekannte und erprobte Arten wie Winterlinde, Spitzahorn und Sorbus-Arten, teils aber auch aus anderen biogeographischen Regionen stammende Arten wie z.B. Baumhasel, Libanon- oder Atlaszeder.

Auf Herkunftsebene kann entsprechendes, identitätsgesichertes Saat- und Pflanzgut südeuropäischer Populationen hier ebenfalls heimischer Arten den Waldumbau unterstützen. Beispiele dafür sind Weißtannenprovenienzen aus Rumänien sowie Stiel- oder Traubeneichenherkünfte aus Kroatien (Slavonien). Teilweise bieten diese Provenienzen aufgrund ihrer gene-



Abb. 1: Anlage eines Vergleichsversuchs verschiedener Container-Anzuchtssysteme



Abb. 2: Versuchspflanzen in der ersten Vegetationsperiode

tischen Strukturen und Kennwerte für künftige Anpassungsprozesse gute Voraussetzungen und stellen somit eine wichtige Ergänzung zu den hier heimischen, in der Vergangenheit selektierten Populationen dar.

Auf Individualebene wurde in Kooperation mit der Universität Göttingen ein Projekt fortgeführt, in dem mit Hilfe entsprechender Genmarker genetisch bedingte, möglichst trockenresistente Fichten erkannt werden sollen. Damit soll

gegebenenfalls ein Beitrag zur Versorgung mit angepasstem Nadelholzsatzgut unter zunehmend trockenen bzw. wärmeren Umweltbedingungen geleistet werden.

Der klimawandelorientierte Waldumbau wird tendenziell mehr Pflanzgut erfordern. Somit ist eine möglichst effiziente Nutzung des vorhandenen Saatgutes zunehmend wichtig. Bereits bei der Baumart Vogelkirsche gemachte Erfahrungen wurden auf eine Versuchs-

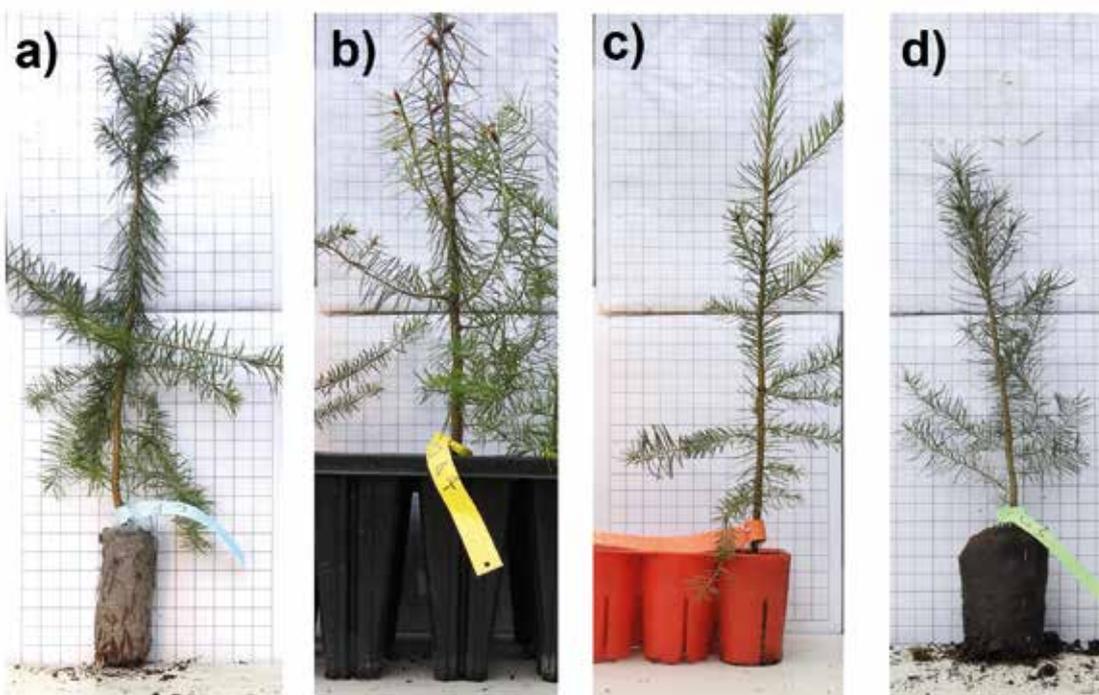


Abb. 3: Containerpflanzen in Anzuchtsystemen: a) Jiffy®; b) Quickpot™; c) LIECO; d) Weichwand

stellung bei der Douglasie übertragen, um die Auswirkungen verschiedener Stratifikationsvarianten auf die Ausbeute und das Wachstumsverhalten zu hinterfragen. Im Vergleich zur häufig angewandten Kalt-Nass-Behandlung zeigt Douglasien-Saatgut aus Warm-Nass-Behandlung einen deutlich kürzeren Abbau der Keimhemmung, schnelleres Auflaufen, bessere Sämlingsausbeuten und ein leicht verbessertes Höhenwachstum.

Klimatisch erschwerte Anwuchsbedingungen machen den Kulturerfolg zusätzlich zu genetischen Aspekten auch von der äußeren Pflanzen- und Pflanzungsqualität abhängig. Unter diesem Aspekt ist der Einsatz von Containerpflanzen sinnvoll, da bei diesen die Wurzeln vor Austrocknung bedingt geschützt sind und Fehler, wie Stauchungen der Wurzel beim Pflanzen, seltener vorkommen. In einem Versuch wurden Douglasien aus verschiedenen Container-Anzuchtssystemen auf Qualitätsmerkmale – insbesondere im Wurzelsystem – bei Anlieferung untersucht. Außerdem wurde ein Topfexperiment gestartet, um die Entwicklung der Wurzel innerhalb der ersten Vegetationsperiode nach Pflanzung in Abhängigkeit vom Anzuchtssystem zu testen (Abbildungen 1 und 2). Das Topfexperiment wurde im Frühjahr 2020 beendet. Die untersuchten Container-Varianten waren: Jiffy®, QuickPot™, LIECO und Weichwandcontainer (Abbildung 3).

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Pflanzen, die bei der Anlieferung untersucht wurden, im Mittel die höchsten Wurzelmassen aufwiesen, wenn sie aus dem Jiffy®-System stammten. Danach folgten in absteigender Reihenfolge LIECO, QuickPot™ und Weichwandcontainer. Besonders auffällig war die unterschiedliche Ausformung der Hauptwurzel bei den untersuchten Systemen. Diese ist wichtig, um eine stabile Verankerung der späteren Bäume im Boden zu sichern. Hierbei zeigten die Systeme Jiffy® und LIECO besonders häufig gute Ausformungen der Hauptwurzel (nach unten, leicht zur Seite und nur selten zur Seite ausgerichtet), während bei Pflanzen aus dem QuickPot™ und besonders dem Weichwandcontainersystem vermehrt Verformungen der Hauptwurzel (Wuchs zur Seite [„Entenfuß“] und nach oben) zu beobachten waren (Ausformungsformen Hauptwurzel: Abbildung 4).

Da bei den Ergebnissen herkunftsbedingte Unterschiede zwischen den Pflanzen in den Systemen nicht ausgeschlossen werden können, wurde im Frühjahr 2019 Saatgut einer Partie aus einem Erntebestand in Lohnanzucht bei Baumschulen gegeben, die auf die Containersysteme spezialisiert sind. An den daraus entstandenen Pflanzen wurden im Herbst 2020 die 2019 durchgeführten Messungen wiederholt. Außerdem wurde mit ihnen ein Freilandexperiment gestartet. In diesem werden der Anwuchserfolg und die Wurzelentwicklung der Douglasien in Abhängigkeit vom Anzuchtssystem näher beleuchtet.



Abb. 4: Ausformungen der Hauptwurzel: 1) nach unten; 2) leicht zur Seite; 3) zur Seite; 4) nach oben

Waldwachstum im Klimawandel

Carolin Stiehl

Die Untersuchung des Baum- und Waldwachstums ist im Klimawandel besonders wichtig. Aus langjährigen Messungen der Baumdurchmesser und Jahrringanalysen lassen sich beispielsweise Rückschlüsse darüber ziehen, wie unterschiedliche Baumarten auf Klimaextreme reagieren. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Sachgebiets Waldwachstumskunde kümmern sich deshalb um die Konzeption, Anlage und Betreuung von waldwachstumskundlichen Versuchsflächen sowie um die Erhebung entsprechender Daten.

Schon lange ist die **Waldwachstumskunde**, also die Untersuchung des Wachstums unserer Waldbäume, eine der Kerndisziplinen der forstwissenschaftlichen Forschung. Der ebenfalls noch häufig verwendete Begriff „Ertragskunde“ verweist auf das ursprüngliche Ziel der Fachdisziplin: den Holzertrag wirtschaftlich bedeutender Baumarten zu ermitteln und nach Möglichkeit zu steigern. Heute deutet der allgemeinere Begriff Waldwachstumskunde auf das erweiterte Spektrum an Fragestellungen aus diesem Bereich hin. Die beiden typischen Werte, die waldwachstumskundliche Forscherinnen und Forscher messen, sind aber immer noch der Durchmesser des Baumes in Brusthöhe (BHD) und die Baumhöhe.

Unsere Bäume wachsen heute schneller als noch vor hundert Jahren. Warum ist das so? Einer der Hauptfaktoren ist der Anstieg der Durchschnittstemperaturen, der die Vegetationsperiode, in der die Bäume zuwachsen, verlängert. Das schnelle Wachstum führt zwar zu mehr, aber nicht unbedingt zu stabilerem Holz: Mit dem raschen Wachstum sinkt auch die Dichte des Holzes und damit dessen Stabilität, wie Pretzsch et al. (2018) für Fichte, Buche, Kiefer und Traubeneiche zeigen konnten. Warum ist die Untersuchung des Baum- und

Waldwachstums im Klimawandel besonders wichtig? Unter anderem kann aus der Vergangenheit für die Zukunft gelernt werden – aus langjährigen Messungen lässt sich erfahren, wie unterschiedliche Baumarten auf Klimaextreme reagieren. Dies zeigt sich ganz besonders an den Jahrringen der Bäume. Breite Jahrringe deuten auf starken Zuwachs in einem Jahr hin – was auf eine gute Wasser- und/oder Nährstoffversorgung schließen lässt –, während sehr enge Jahrringe auf Trockenphasen hinweisen können.

Hier können durch so genannte dendrochronologische Untersuchungen, also **Analysen der Jahrringe** (Foto), wertvolle Erkenntnisse für die Baumartenwahl im Klimawandel gewonnen werden: Welche Baumart kann sich besonders gut an Trockenperioden anpassen und ist in der Lage, Durststrecken zu überwinden? Eine bedeutende Rolle im Klimawandel spielt der Mischwald. Diese Form der Waldbewirtschaftung wird schon seit einigen Jahrzehnten empfohlen und praktiziert. Die Mischung von Baumarten ist nicht nur für die Artenvielfalt von Bedeutung, sondern auch, um das Risiko des Waldbesitzes zu streuen. Setzen Waldbesitzerinnen und -besitzer nur auf eine einzige Baumart, verlieren sie bei einer Katastrophe gegebenenfalls ihren ganzen Wald, während sie



Abb. 1 und 2: Durchführung ertragskundlicher Untersuchungen in einem Douglasien-Herkunftsversuch



Abb. 3 und 4: Links: Jahrringanalysen an einer Eiche; rechts: Versuchsparzelle mit der nordamerikanischen Tannenart Pazifische Edeltanne (*Abies procera*)

bei Mischwäldern noch auf andere Baumarten zurückgreifen können. Eine waldwachstumskundliche Fragestellung ist dementsprechend auch: Welche Baumarten kann man gemeinsam anpflanzen, und können sich diese möglicherweise sogar gegenseitig positiv beeinflussen? Pretzsch et al. (2010) fanden etwa heraus, dass die Buche der Fichte auf armen Standorten das Wachstum erleichtern kann und damit ein Mehrertrag im Gegensatz zu Reinbeständen aus nur einer Baumart erzielt werden kann. Untersuchungen dieser Art sind im Klimawandel weiterhin sehr bedeutsam. Im Forschungsbereich von Wald und Holz NRW wird auf waldwachstumskundlichen Versuchsfeldern teilweise bereits seit den 1950er Jahren das Baumwachstum erfasst. Seit einiger Zeit nutzt man dafür so genannte Dauerumfangmessbänder (Abb. 5). Der Durchmesser kann auf diesen jederzeit, beispielsweise jährlich, abgelesen werden. Dabei ist es jedoch entscheidend, dass diese Messbänder nicht bewegt oder verändert werden – Waldspaziergänger können die Waldforscher unterstützen, indem sie die Bänder nicht berühren.

Im Zentrum für Wald und Holzwirtschaft kümmern sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Sachgebiets Waldwachstumskunde um die Konzeption, die Anlage und die Betreuung von waldwachstumskundlichen Versuchsfeldern und um die Erhebung von Daten. Diese werden in einer Datenbank geführt und von den Forschern ausgewertet. Zukünftige Untersuchungen und Auswertungen fokussieren sich auf die Auswirkungen des Klimawandels: Die Reaktion heimischer und eingeführter Baumarten auf Klimaextreme soll durch einen Blick in die Vergangenheit mittels Jahrringanalysen untersucht werden. Ziel ist es, fundierte Empfehlungen geben zu können, welche Baumarten auch in

Zukunft unter den Bedingungen des Klimawandels in unseren Breiten wachsen und auch längere Trockenperioden überstehen können.

Literatur

Pretzsch H., Biber P. et al., 2018: Wood density reduced while wood volume growth accelerated in Central European forests since 1870. *Forest Ecology and Management* (429), 589-616.

Pretzsch H., Block J. et al., 2010: Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Ann. For. Sci.* 67(7), 712.



Abb. 5 und 6: Erfassung des Baumumfangs und -durchmessers in Brusthöhe.



TEAM
WALD- UND
KLIMA-
SCHUTZ

Rußrindenerkrankung am Ahorn

Sven Glück, Mathias Niesar und Rolf Kehr

Die Hitzeperioden und die anhaltende Dürre der vergangenen Jahre sind spürbare Folgen des Klimawandels und zudem entscheidende Faktoren für die derzeitige – in ihrer Dimension beispiellose – Borkenkäferkalamität. Hitze und Trockenheit führten aber auch zum sichtbaren Auftreten eines neuen Schadorganismus, der ursprünglich aus Nordamerika stammenden und bisher in Mitteleuropa wenig bekannten Rußrindenerkrankung. Diese durch den Pilz *Cryptostroma corticale* hervorgerufene Pilzkrankung betrifft vor allem Bäume der Gattung Ahorn und hier insbesondere die Art Berg-Ahorn (*A. pseudoplatanus*). Namensgebend sind die rußartigen Sporenbeläge, die nach dem Aufplatzen der Rinden sichtbar werden.

Verlauf und Symptome

Zu Beginn der Erkrankung treten Schleimflussflecken am Stamm sowie Rinden- und Kambiumnekrosen auf. Im weiteren Verlauf folgen Welke- und Absterbeerscheinungen in der Krone. Charakteristisch sind überdies grüne bis blaue Flecken im Holzkörper. Im fortgeschrittenen Stadium sowie nach dem Absterben blättert die Borke an der Stammbasis ab. Dabei wird auf dem Holz ein schwarzer, rußartiger Belag sichtbar, auf dem sich die Sporen befinden. Durch Windabdrift können sich die Sporen auch an der Rinde umliegender Bäume ablagern. Auch an Brennholz können sich Sporenlager bilden. Betroffene Bäume sterben innerhalb eines oder mehrerer Jahre ab.

Gefahrenpotenzial

Die Sporen können bei intensivem Kontakt eine allergisch bedingte Entzündung der Lungenbläschen hervorrufen (Alveolitis). Eine besondere Gefährdung besteht daher bei der Fällung und Aufarbeitung betroffener Bäume sowie bei der Verarbeitung von (Brenn-)Holz. Auch Personen mit Vorschädigungen der Atemwege sind gefährdet. Die Symptome (Reizhusten, Fieber, Atemnot, Schüttelfrost) treten in der Regel 6-8 Stunden nach Kontakt auf und können mehrere Stunden, teilweise auch mehrere Tage oder Wochen anhalten.

Da die Stand-/Bruchfestigkeit von Krone und Stamm nach dem Absterben durch schnell einsetzende Weiß- und Moderfäule rasch abnimmt, kann eine Beseitigung der betroffenen Bäume aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht notwendig werden. Die Rußrindenerkrankung stellt insbesondere kommunale Verwaltungen vor große Probleme, da die Entsorgung befallener Ahornbäume in (Sonder-)Müllverbrennungsanlagen sehr kostenintensiv ist.

Rußrindenerkrankung in NRW

Eine Abfrage durch das Team Wald- und Klimaschutz (seinerzeit noch Schwerpunktaufgabe (SPA) Waldschutzmanagement) im Jahr 2019 ergab die in der Karte auf Seite 72 (Abb. 1) dargestellte Befallssituation.

Erwartungsgemäß wurde Befall vor allem an Berg-Ahorn gemeldet, in einigen Fällen auch an Feld-/Spitz- oder Silber-Ahorn. Bekämpfungsmaßnahmen bei vorangegangenen Ausbrüchen verhinderten einen Ausbruch in denselben Beständen in 2019 nicht. Dies kann als Hinweis auf eine bereits beim ersten Ausbruch erfolgte starke Durchseuchung der Bestände gesehen werden. Ein Befall von Waldbeständen wurde vor allem aus den Niederungsgebieten bis ca. 240 m ü. NHN (Herford) gemeldet.

Fragestellungen für eine praxisorientierte Forschung

Vor allem im urbanen Bereich besteht ein hohes Interesse an der Eindämmung der durch die Rußrindenerkrankung (RRE) verursachten Gefahren sowie an Alternativen zur kostenintensiven Entsorgung.

Als zentrale Fragestellung für eine praxisorientierte Forschung zur Rußrindenerkrankung ergibt sich daher: Wie kann die Bildung neuer Sporen bzw. deren Mobilisierung eingedämmt werden, um

- a) die gesundheitlichen Gefahren durch den Sporenflug zu minimieren,
- b) eine stoffliche Nutzung des Schadholzes zu ermöglichen.

Daher forscht das Team Wald- und Klimaschutz seit 2019 verstärkt an alternativen Behandlungsmethoden von befallenen Beständen und Stämmen.

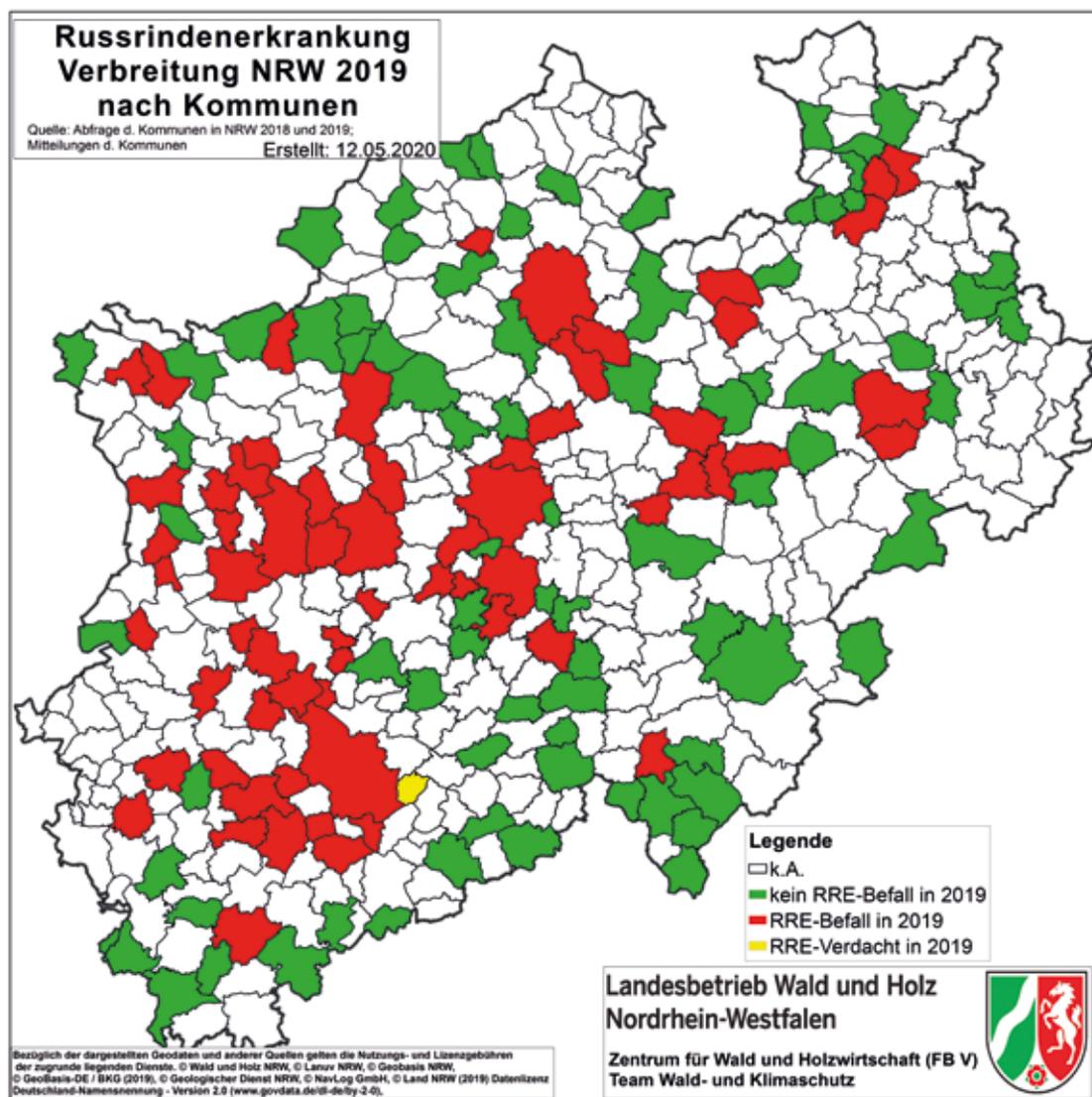


Abb. 1: Verbreitung der Rußrindenerkrankung in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2019

Forschungsprojekte

Beschleunigung der Verrottung – Forstbetriebsbezirk (FBB) Neuss

Versuchszeitraum: 8/2019 – 8/2021

Ziele: Beschleunigung der Verrottung, ggf.

Hyperparasitierung von *C. corticale*, Hemmung der Sporenentwicklung

Methode: Behandlung von Stammabschnitten mit a) Großer Zystidenrindenpilz (*Phlebotia gigantea*), b) Kalkstickstoff (Calciumcyanamid), c) Harnstofflösung, d) Branntkalk (CaO), e) Übererdung

Projektpartner: RFA Niederrhein, FBB Neuss, Stadt Dormagen

Zwischenergebnis: Nach bisher zwei Bonituren konnte keine verstärkte Wirkung der Behandlungsmethoden im Vergleich zu den Nullproben sowohl in Bezug auf die Zersetzungsgeschwindigkeit als auch auf eine ggf. reduzierte Sporenausbreitung beobachtet werden. Bei allen Behandlungsmethoden trat erneut Sporenbildung auf.

Entrindung mit Debarking Heads – FBB Lippetal, Regionalforstamt (RFA) Soest-Sauerland

Versuchszeitraum: 6/2020

Ziel: Entrindung und damit Beseitigung des gesundheitlichen Gefahrenpotenzials

Methode: Einschlag mit Entrindungsmessern in Harvesteraggregaten (Debarking Heads)

Projektpartner: RFA Soest-Sauerland, FBB Lippetal

Vorläufiges Ergebnis: Im Juni 2020 wurden sechs befallene Berg-Ahorne (Stärkeklasse 2b-3b) mit Debarking Heads entrindet. Bis auf eine Ausnahme wiesen diese Bäume noch keine Rindenabplatzungen mit Sporenbelaag auf, jedoch starke Kronenverlichtungen sowie Verfärbungen im Holzkörper. Für eine nahezu vollständige Entrindung mussten die Stammabschnitte mehrmals (bis zu sieben Mal) durch das Harvesteraggregat gezogen werden. Dem

höheren Zeitaufwand steht eine nach jetzigem Erkenntnisstand gefahrlose Verwendung des entrindeten Holzes entgegen (Industrieholz). Holz mit bereits einsetzender Weißfäule brach bei der Entrindung. Kronenholz verblieb auf der Fläche.

Wirksamkeit von *Trichoderma atrobrunneum* – FBB Vlotho (in Vorbereitung)

Versuchszeitraum:

voraussichtlich 4/2020 – 9/2021

Ziel: Hyperparasitierung von *C. corticale*

Methode: Applikation einer Lösung mit *T. atrobrunneum* auf Schadholz (Hackgut, Stammholz)

Projektpartner: RFA Ostwestfalen-Lippe, HAWK Göttingen, Hansestadt Herford, Fa. MycoSolutions

Zwischenergebnis: Eine Trichoderma-Lösung der Firma MycoSolutions wurde im Juni 2020 auf Stammholz und Hackgut ausgebracht. Eine Auswertung zum Anwuchserfolg in Hack-schnitzeln läuft zurzeit. Auf dem Hackgut selbst waren auch ohne Behandlung keine Sporenbe-läge zu erkennen. Somit ist allein durch diesen Bearbeitungsschritt von einer Eindämmung der Gefährdung auszugehen. Auf den behandelten Stammabschnitten war im Laufe des Sommers eine erneute Sporenbildung zu erkennen.



Abb. 2: Mit Debarking Heads entrindete Stämme

Zwischenfazit

Als besondere Herausforderung für die oben genannten Zielsetzungen stellt sich die Sporenbildung innerhalb der Rinde dar, die durch oberflächliche Applikationen offenbar nicht unterbunden werden kann. Die Entrindung mittels Entrindungsmessern (Debarking Heads) kann vor allem im mittleren Baumholz eine Möglichkeit sein, im Anfangsstadium

befallenes Holz einer ordentlichen Nutzung zuzuführen. Bei bereits fortgeschrittener Weißfäule ist der Einsatz von Debarking Heads jedoch nicht möglich. Das Hacken und anschließende Lagern von Schadholz reduziert gegenüber der Belassung als Stammholz deutlich die Sporenbildung.

Importkontrollen und Monitoring als Maßnahmen gegen Einschleppung und Ausbreitung von Schadorganismen im Holz

Alberto Boniolo und Romina Thalmann

Beim globalen Güterverkehr mit sogenannten Risikowaren besteht die Gefahr der Einschleppung von Schadorganismen im Verpackungsholz. Das Team Wald- und Klimaschutz begegnet dieser Gefahr mit Importkontrollen und verschiedenen Monitoringverfahren.

Importkontrollen beim Sachgebiet Pflanzengesundheitsdienst

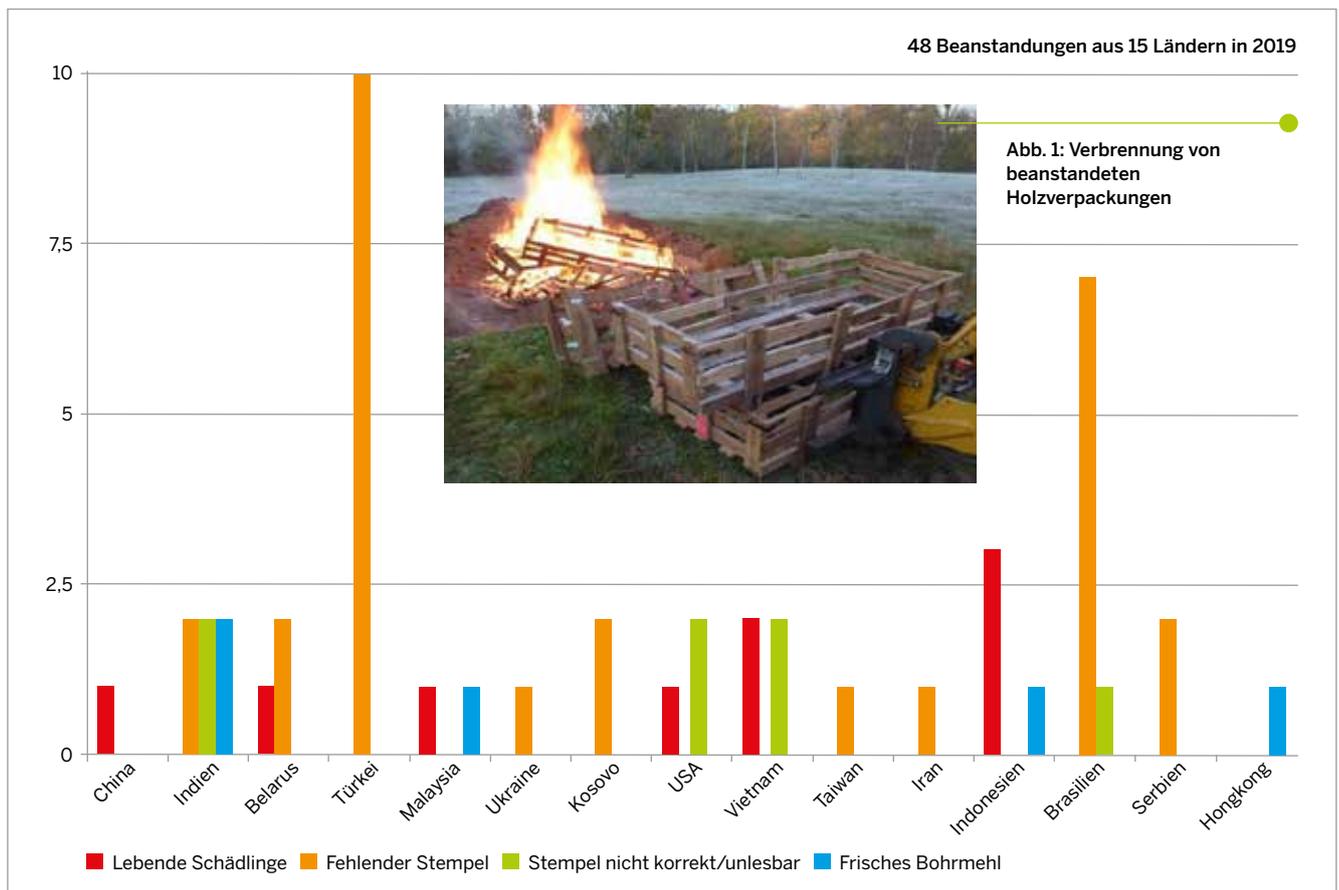
Importkontrollen sind in Zeiten zunehmender Globalisierung ein wichtiger Beitrag, um die Einschleppung von Schadorganismen im Holz zu verhindern und dadurch unsere heimischen Waldökosysteme zu schützen. Diese Aufgabe wird bei Wald und Holz NRW vom Sachgebiet Pflanzengesundheitsdienst des Teams Wald- und Klimaschutz wahrgenommen.

Wie Untersuchungen belegen, besteht bei bestimmten niedrigpreisigen Warengruppen ein größeres Risiko der Verschleppung von Schadorganismen, da für diese Waren kosten-

günstigeres und dadurch häufig auch qualitativ minderwertigeres Verpackungsholz verwendet wird.

Aus diesem Grund sind Importfirmen sogenannter Risikowaren verpflichtet, diese Sendungen unverzüglich beim zuständigen Pflanzengesundheitsdienst anzumelden.

Im Jahr 2019 sind im Zuge dessen fast 12.000 Importanträge von Wald und Holz NRW bearbeitet worden. Bei 48 Sendungen aus 15 Ländern führten negative Aspekte der Holzverpackung wie lebende Schaderreger, frisches Bohrmehl oder eine fehlende ISPM-Nr.-15-Markierung zu einer Beanstandung und damit zu einer Vernichtung der Holzverpackung (s. Abb. 1).



Fangbäume beim Monitoring des Asiatischen Laubholzbockkäfers

Neben den Importkontrollen ist das Monitoring auf spezielle Quarantäne-Schadorganismen eine weitere Möglichkeit, die Ausbreitung von Schädlingen zu überwachen und zu verhindern. Hierbei startete das Team Wald- und Klimaschutz im Dezember 2015 ein Pilotprojekt zur Überwachung einer möglichen Einschleppung des Asiatischen Laubholzbockkäfers (ALB) (s. Abb. 2).

Der ALB ist wegen seiner Gefährlichkeit weltweit gefürchtet: Auch völlig gesunde Bäume sterben nach Befall ab. Die Verschleppung aus seiner asiatischen Heimat erfolgt vorwiegend mit Verpackungsholz von Risikowaren. 2004 ist der Käfer erstmals in Deutschland im Freiland festgestellt worden. In NRW sind bisher keine Waldflächen betroffen.

Da bei der hohen Anzahl von Importen allerdings nicht jede Sendung vor Ort kontrolliert werden kann, stellt das Monitoring eine weitere Überwachungsmöglichkeit dar. Einen Schwerpunkt bei dieser Überwachung bilden sogenannte Risikobereiche, also Areale, in denen Risikowaren importiert und gelagert werden. An diesen Orten wurden um das Betriebsgelände sogenannte Fangbäume aufgestellt. Hierbei handelt es sich um Feldahorne, die bei den Firmen je nach den örtlichen Gegebenheiten entweder in Pflanzkübeln oder direkt in die Erde gesetzt wurden (s. Abb. 3). Diese Baumart wurde gewählt, da der ALB insbesondere Pappel, Weide, Rosskastanie, Birke und Ahorn als Nahrungs- und Nistbaum bevorzugt. Es ist davon auszugehen, dass ausschlüpfende ALB erheblichen Hunger verspüren und daher unmittelbar benachbarte Ahornbäume anfliegen, um sich dort zu stärken. Durch die kontinuierliche Überwachung dieser Fangbäume kann das Risiko einer Ausbreitung des ALBs weiter minimiert werden.

Befallene Bäume sind an den kreisrunden Ausbohrlöchern (Abb. 4a), an von Larven ausgeworfenen groben Nagespänen (Genagsel), an Eiablagestellen und an Reifungsfraß (an Kronenästen) zu erkennen (s. Abb. 4). Bei Befall werden die Bäume vernichtet.



Abb. 2:
Der Asiatische Laubholzbockkäfer



Abb. 3: Feldahorne in Pflanzkübeln als Fangbäume für den Asiatischen Laubholzbockkäfer



Abb. 4: Befallene Bäume sind an den kreisrunden Ausbohrlöchern (Abb. 4a), an von Larven ausgeworfenen groben Nagespänen (Genagsel), an Eiablagestellen und an Reifungsfraß an Kronenästen (Abb. 4c) zu erkennen. Bei Befall werden die Bäume vernichtet.



Abb. 5: Die Kiefernholz-nematode ist ein ca. 1 mm großer Fadenwurm



Abb. 6: Befallsbild der Kiefernholz-nematode im Kronenbereich

Die Kiefernholz-nematode – eine Gefahr für unsere Kiefern

Ein weiterer Schaderreger, der unter anderem über Verpackungsholz oder Holzhackschnitzel eingeschleppt werden könnte und für den das Team Wald- und Klimaschutz ein Monitoring zur Überwachung durchführt, ist die Kiefernholz-Nematode (s. Abb. 5). Hierbei handelt es sich um einen etwa 1 mm großen Fadenwurm, der insbesondere Schwarz-, Zirbel- und Waldkiefer, aber auch die Europäische Lärche befallen kann.

Der ursprünglich aus Nordamerika stammende Schaderreger wird von seinem Vektor, dem Bäckerbock, von Baum zu Baum transportiert. Dort sticht er mit seinem Mundstachel die Pflanzenzellen zur Nahrungsaufnahme an. Ein Befall mit Kiefernholz-Nematoden führt zu Welkeerscheinungen, Nadelverfärbungen und letztlich zum Absterben des Baumes (s. Abb. 6).

fen (Pheromonen) bestückt (s. Abb. 7) und im Rahmen eines bundesweit generierten Pilotprojektes des Julius-Kühn-Institutes in nordrhein-westfälischen Risikobereichen zum Fang des Bäckerbocks aufgestellt. Zusätzlich werden Holzproben von absterbenden Kiefern genommen, die dann auf einen möglichen Befall mit Kiefernholz-Nematoden hin untersucht werden.

Bei dem seit 2012 durchgeführten Monitoring wird ein in Kanada entworfenes Fangsystem mit in Spanien hergestellten Bockkäferlockstoff-

Bisher gibt es keine Anzeichen dafür, dass sich der Schaderreger in Deutschland angesiedelt hat.



Abb. 7: Fangsystem für das Monitoring der Kiefernholz-nematode

Alternative Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Eichenprozessionsspinner (EPS) (*Thaumetopoea processionea*)

André Liefertz, Marion Jacoby und Mathias Niesar

Auf der Suche nach alternativen biologischen Bekämpfungsmethoden gegen den Eichenprozessionsspinner untersucht das Team Wald- und Klimaschutz die Eignung von Meisen als Fressfeinde der EPS-Raupen mittels selbstauslösender Kameras sowie die Anwendung eines biotechnischen Verfahrens mit Sexuallockstoffen, das sich bereits im Weinbau bewährt hat.

Die gesundheitliche Belastung, welche von der Behaarung der EPS-Raupe ab dem dritten Larvenstadium ausgeht, gewinnt vielerorts an Bedeutung und tritt zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit. Die Bekämpfung mit Insektiziden/Bioziden kann naturschutzfachlich kritisch gesehen werden, und auch das Absaugen der Gespinste bedeutet einen merkbaren finanziellen Aufwand für Städte und Gemeinden. Deshalb wird nach alternativen biologischen Bekämpfungsmethoden gesucht, um die Vermehrung und Ausbreitung der Schmetterlinge einzudämmen.

Diesbezüglich untersucht das Team Wald- und Klimaschutz aktuell zwei Ansätze. Zum einen wurde geprüft, ob Meisen als Fressfeinde von EPS-Raupen fungieren können und die Raupen an ihre Brut verfüttern. Dabei wäre das Aufhängen von Meisennistkästen in hoher Dichte das Mittel der Wahl. Zum anderen wird in einem noch laufenden Versuch getestet, ob die im Weinbau etablierte „Verwirrmethode“ auf EPS-Falter übertragbar ist. Bei solchen Maßnahmen werden die männlichen Falter durch ein Überangebot an Sexuallockstoffen so verwirrt, dass sie den Partner nicht finden können und somit eine Vermehrung der Tiere ausgeschlossen werden kann.

Sind Meisen Fressfeinde des Eichenprozessionsspinners?

Einleitung

2020 installierten die Stadt Recklinghausen und der NABU Ostvest im Spätwinter (Jan./Feb. 2020) insgesamt ca. 100 Meisennistkästen in Eichenbeständen rund um Recklinghausen und Oer-Erkenschwick, in denen ein Jahr zuvor massiver EPS-Befall aufgetreten war. Die Hoffnung ist, dass unter anderem Meisen die Raupen des EPS an ihre Brut verfüttern (zumindest die ersten beiden Larvenstadien ohne Brennhörchen). Ob sich diese Vermutung bestätigt und ob die Meisen zu einer Minimierung der EPS-Population bzw. der von ihr ausgehenden Gefahr beitragen, wird in diesem Versuch vom Team Wald- und Klimaschutz untersucht.

Methode

An zwei verschiedenen Standorten werden an insgesamt drei Meisennistkästen Wildkameras installiert, welche die Belichtung durch einen Bewegungs- bzw. Temperatursensor automatisch auslösen können (siehe Abbildung 1). Die Kameras weisen eine möglichst kurze Reaktionszeit auf, um die schnellen Bewegungen der anfliegenden Vögel festhalten zu können. Verwendet wird die Wildkamera „SECACAM® Pro“ (zweimal) und die „DÖRR® SnapShot Cloud 4G“ (einmal). Die Nistkästen selber werden nicht an Eichen angebracht, weil die Gefahr besteht, dass sich die EPS-Raupen dort hineinbegeben. Stattdessen werden benachbarte Birken oder Kiefern genutzt. Die Anbringung der Kameras erfolgt durch ein eigens entworfenes „Baumstativ“, welches am Baum befestigt wird. Die Datenübertragung von Bildern und Einstellungsmöglichkeiten der DÖRR-Wildkamera erfolgt über eine SIM-Karte. Diese Eigenschaft ermöglicht es, die aufgenommenen Bilder vom Büro aus zu überprüfen und ggf. Einstellungen vom Computer aus zu ändern.



Abb.1: Kameraaufnahmen der drei untersuchten Nistkästen

Ergebnisse

Während des Untersuchungszeitraums von Anfang April bis Ende Mai 2020 wurden insgesamt 22.629 Fotografien aufgenommen und ausgewertet. Auf rund 75 % der Bilder sind keine Vögel abgelichtet, weil der Bewegungsmelder

häufig durch Wind und sich bewegendes Laub ausgelöst wurde. Auf 5.689 Bildern mit Vögeln wurden bei 6 % Vögel mit Nahrung im Schnabel fotografiert. Detaillierte Ergebnisse sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: In den Anfang April angebrachten Nistkästen haben folgende Vogelarten gebrütet. Die Aufnahmen sind ausgewertet und wie folgt differenziert worden.

Nistkasten	Vogelart	Fotos (total)	Fotos mit Vögeln	Fotos mit Vögeln ohne Nahrung	Fotos mit Vögeln und Nahrung
1	Kohlmeise (<i>Parus major</i>)	5.836	908	888	20
2	Blaumeise (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	9.080	2.061	1.877	184
3	Blaumeise (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	7.713	2.720	2.608	112
Summe		22.629 (100 %)	5.689 (25 %)	5.373 (94 %)	316 (6 %)

Bei Fotos mit Nahrungseintrag sind keine klaren Anzeichen einer EPS-Raupe zu erkennen, obwohl die Bestände dieses Jahr erneut stark befallen waren. Somit standen zumindest die EPS-Raupen als potenzielle Nahrungsquelle ausreichend zur Verfügung. Häufig waren dagegen hellgrüne Larven in den Schnäbeln der Meisen zu erfassen, deren Habitus EPS-Rau-

pen aber ausschließen. Dies ist am Standort „Haltern am See“ bei insgesamt 83 Nahrungseinträgen 71-mal (86 %) der Fall gewesen. Die restlichen Einträge sind nicht näher bestimmbar, so dass EPS-Raupen nicht ausgeschlossen werden können. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der weiteren Fotofallen.

Tabelle 2: Da die Kameras Bilderserien mit max. fünf Fotos hintereinander aufnehmen, werden diese in separate Situationen differenziert. Zudem wird der Nahrungseintrag dargestellt, welcher relativ leicht zu identifizieren ist, wenn dieser aus grünen Raupen besteht. Grüne Raupen schließen Eichenprozessionsspinnerraupen aus.

Nistkasten	Anzahl der Nahrungseinträge	bestehend aus grünen Raupen	nicht identifizierbare Nahrung
1	7	1 (14 %)	6 (86 %)
2	35	13 (37 %)	22 (63 %)
3	83	71 (86 %)	12 (14 %)

Fazit

Die These, dass Meisen während ihrer Brutaufzucht die Population von Eichenprozessionsspinnerräupchen soweit dezimieren können, dass von ihnen eine spürbar geringere Gefahr ausgeht, konnte in diesem Versuch nicht bestätigt werden. In Haltern am See bestand der dokumentierte Futtereintrag trotz eines starken EPS-Befalls der dortigen Eichen-Gruppe zu 86 % aus hellgrünen, nicht näher

bestimmbaren Raupen. In diesem Fall nutzten Meisen nicht das potenzielle Nahrungsüberangebot an EPS-Raupen, sondern meiden diese augenscheinlich. Um eine eventuell mögliche Artbestimmung der Räumchen zukünftig zu ermöglichen, ist die technische Umsetzung der Vogelbeobachtung zu optimieren.

Verwirrmethode beim Eichenprozessionsspinner (EPS)

Bei der Verwirrmethode handelt es sich um ein biotechnisches Verfahren, welches seit 1985 vor allem im Weinbau zur Bekämpfung des Einbindigen Traubenwicklers (*Eupoecilia ambiguella*) und des Bekreuzten Traubenwicklers (*Lobesia botrana*) erfolgreich eingesetzt wird. Durch das engmaschige Anbringen synthetischer Sexuallockstoffe (Pheromone) der Weibchen auf der zu schützenden Fläche wird ein Überangebot an Pheromonen geschaffen, durch das die Männchen ihre potenziellen Sexualpartnerinnen nicht finden können. Die Paarfindung soll dadurch gestört und die Fortpflanzung verhindert werden. Die Verwirrmethode ist sehr artspezifisch, da jede Art eigene Pheromone nutzt. Diese Methode funktioniert allerdings nicht bei bestehenden Massenvermehrungen, da sich hierbei so viele Falter während des Hochzeitsfluges in der Luft befinden, dass es zu einer beträchtlichen Anzahl von Zufallstreffen der Partner kommt.

Bei diesem Versuch, der in Kooperation mit der Unteren Naturschutzbehörde Hamm stattfindet, werden die im Wein- und Obstbau praxiserprobten Verfahren auf eine mit EPS befallene Eichenallee in Hamm-Bockum übertragen. So wurden im Juli 2020 500 EPS-Pheromondispenser je Hektar vor dem Hochzeitsflug der Falter direkt in den Baumoberkronen platziert. Ein Dispenser deckt also eine Fläche von 20 m² ab. Damit erzeugen die quasi wie an einer Perlenkette im Abstand von 4,5 m an Schnüren befestigten Dispenser eine flächendeckende „Pheromonwolke“. Um die Gefahr von Zufallstreffen der Sexualpartner möglichst gering zu halten, wurden die EPS-Nester in der Eichenallee vor der Durchführung des Versuchs abgesaugt und dies dokumentiert. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass allein das Absaugen der Nester nicht zu einem Rückgang des EPS-Befalls im nächsten Jahr führt. Ziel ist es, die EPS-Populationsdichte auf einen Minimalwert zu senken.

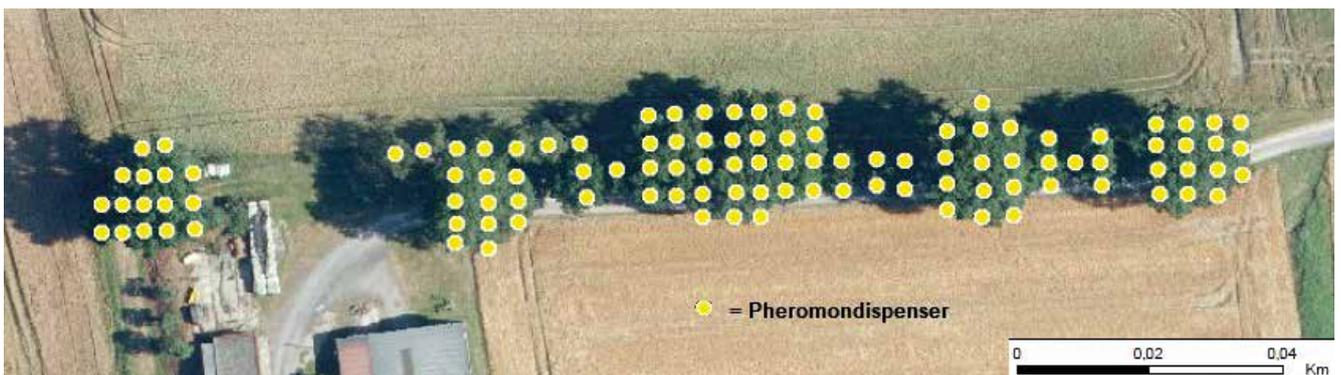


Abb. 2: Schema mit Lage und Anzahl der Pheromondispenser als „Perlenkette“ in einer Eichenkrone

Eine besondere technische Herausforderung war die Platzierung der Dispenser in den mehr als 20 m hohen Eichenkronen. Schließlich obsiegte der Einsatz einer Armbrust, mit deren Hilfe die Schnüre über die Eichenkrone geschossen werden konnten. Durch ein Zusammenknuten der Schnurenden wurde außerdem eine Revisionsmöglichkeit geschaffen. Da die Wirkdauer der Dispenser nur ca. sechs Wochen beträgt und der Hochzeitsflug der Falterpopulation sich über acht Wochen hinziehen kann, wurden die Dispenser einmal erneuert.

Die Beurteilung des Versuchserfolges wird 2021 anhand der gewonnenen Erkenntnisse auf der

behandelten Fläche im Vergleich zu einer ca. 10 km entfernt liegenden, nicht behandelten Fläche vorgenommen. Als Erfolgsmaßstab wurde der für die Grünflächenämter wichtige Arbeitsaufwand für abzusaugende EPS-Nester festgelegt. 2021 dienen also die Zahlen der entfernten Nester als Vergleichskriterium. Die Befallsintensitäten vor dem Versuchsbeginn wurden ebenso anhand der Anzahl abgesaugter Nester ermittelt.

Unter optimalen Bedingungen werden im Weinbau mit der Verwirrmethode Wirkungsgrade von über 90 Prozent erreicht. Wie dies bei der „EPS-Verwirrung“ aussieht, wird das Jahr 2021 zeigen.



Abb. 3: Mit der Armbrust wurden die Schnüre mit den Dispensern über die Eichenkronen geschossen – die beiden Enden der Bastschnur wurden zusammengeknوتet und am Stamm der Eiche auf ca. 3 m Höhe befestigt.

Menschengemachter Klimawandel in Nordrhein-Westfalens Wäldern für jeden sichtbar angekommen

Mathias Niesar, André Liefertz, Anna Peters, Annette Köhne-Dolcinelli, Florian Heimsch, Marion Jacoby, Michael Cescotti, Norbert Geisthoff und Sven Glück

Die Auswirkungen des Klimawandels haben im Zusammenwirken mit dem vorhergegangenen Sturmholzanfall ab 2018 zu erheblichen Schäden in Buchen-, vor allem aber in Fichtenbeständen geführt. Ursachen, Gesetzmäßigkeiten und Bekämpfungsstrategien bei Borkenkäfermassenvermehrungen stellen daher ein wichtiges Arbeitsfeld im Team Wald- und Klimaschutz des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft dar.

Trockenheit, Hitze und Borkenkäfermassenvermehrung bewirken seit 2018 die seit Menschengedenken schlimmste Katastrophe in unseren Wäldern

Der menschengemachte Klimawandel ist der Grund für die aktuelle Borkenkäfermassenvermehrung. Diese führt uns schmerzhaft vor Augen, welche Belastungen unsere Wälder durch Hitze, Trockenheit und biotische Schadorganismen zu ertragen haben. Bereits seit 1990 nehmen die Durchschnittstemperaturen bei uns schleichend zu. Das Hitzejahr 2003 könnte man als Wetterkapriole einordnen, die Hitze und Trockenheit seit 2018 indes nicht mehr. Der in ca. 10 km Höhe um die Nordhalbkugel kontinuierlich ziehende Wind („polarer Jetstream“) ist seit 1990 um ca. 10 % kontinuierlich schwächer geworden. Dieser Wind erhält seine Energie durch den Ausgleich der Luftdruckunterschiede (Temperaturunterschiede) zwischen dem Äquator und dem Nordpolarmeer. Da die Temperaturen im Norden in Folge der Klimaerwärmung erheblich gestiegen sind, das Nordpolarmeer über viele Monate quasi eisfrei ist und dadurch die Temperaturunterschiede geringer wurden, verlangsamt sich der Jetstream und die Verweildauer von Hochdruckgebieten nahm bei uns zu. Dies ist mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 70 % der Grund für die Witterungsextreme der Jahre 2018 und 2019 (s. Abb. 1).¹

Der menschengemachte Klimawandel ist der Grund für die aktuelle Borkenkäfermassenvermehrung. Diese führt uns schmerzhaft vor Augen, welche Belastungen unsere Wälder durch Hitze, Trockenheit und biotische Schadorganismen zu ertragen haben. Bereits seit 1990 nehmen die Durchschnittstemperaturen bei uns schleichend zu. Das Hitzejahr 2003 könnte man als Wetterkapriole einordnen, die Hitze und Trockenheit seit 2018 indes nicht mehr. Der in ca. 10 km Höhe um die Nordhalbkugel kontinuierlich ziehende Wind („polarer Jetstream“) ist seit 1990 um ca. 10 % kontinuierlich schwächer geworden. Dieser Wind erhält seine Energie durch den Ausgleich der Luftdruckunterschiede (Temperaturunterschiede) zwischen dem Äquator und dem Nordpolarmeer. Da die Temperaturen im Norden in Folge der Klimaerwärmung erheblich gestiegen sind, das Nordpolarmeer über viele Monate quasi eisfrei ist und dadurch die Temperaturunterschiede geringer wurden, verlangsamt sich der Jetstream und die Verweildauer von Hochdruckgebieten nahm bei uns zu. Dies ist mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 70 % der Grund für die Witterungsextreme der Jahre 2018 und 2019 (s. Abb. 1).¹

¹ Tiersch, G., 2017: Vortrag anlässlich des 9. Arnsberger Waldforums mit dem Thema: „Klimawandel – kurzfristige Folgen und langfristige Perspektiven“

Niederschlagsmenge und Durchschnittstemperatur März bis Oktober, Essen-Bredenezy
Langjähriges Mittel (1900–2017), 2018 und 2019

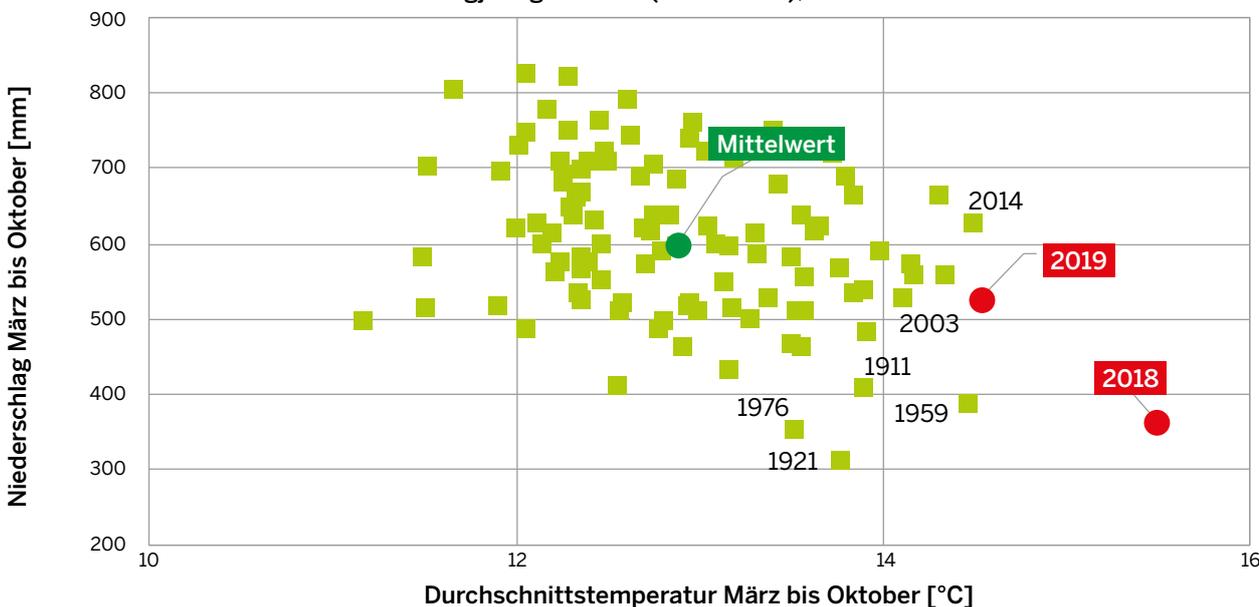


Abb. 1: Mittelwerte der letzten 119 Jahre aus Niederschlag und Durchschnittstemperatur

Fichten leiden am meisten – aber auch Buchen zeigen deutliche Schäden

Der Fichtenvorrat in Nordrhein-Westfalens Wäldern lag 2017 noch bei 78 Mio. m³. Von 2018 bis in den Herbst 2020 hinein schrumpfte dieser um 30,7 Mio. m³ Schadholz auf 61 % (47,3 Mio. m³). In erster Linie sind die in der Rinde von Fichten schädigenden Käfer (Buchdrucker) dafür verantwortlich zu machen. Nur zehn Prozent dieses Volumens kann direkt mehreren Sturmereignissen² zugerechnet werden, wobei „Friederike“ im Januar 2018 den höchsten Anteil dieses Schadholzes verursacht hat.

Im Gesamtwald NRW nehmen die Schäden an Buchen seit 2018 zu. 2020 gab es einen deutlichen landesweiten Anstieg der Buchenschadholzmenge auf insgesamt ca. 870.000 m³ Schadholz.

Gesetzmäßigkeiten der Borkenkäfermassenvermehrungen, Aufarbeitungs- und Bekämpfungsstrategie

Borkenkäfermassenvermehrungen entstehen immer dann und stets quasi wie aus dem Nichts, wenn warm-trockene Temperaturverhältnisse vorherrschen und Brutraum³ verfügbar ist. Diese Rahmenbedingungen lagen 2018, 2019 und 2020 vor. Von entscheidender Bedeutung für die rasend schnelle Entwicklung

der Borkenkäferpopulationen sind die geringen Niederschläge in diesen Jahren und die Tatsache, dass innerhalb eines Jahres zwei Perioden mit sommerlichen Temperaturen auftraten – im April und jeweils in den Sommermonaten.

Grundsätzlich sind nicht etwa Ameisenbuntkäfer oder Erzwespen die wichtigsten Feinde des Buchdruckers, sondern die Fichten selber, welche die Eindringlinge durch Verharzen unschädlich machen können. Die Wasserversorgung der Fichten war in den letzten drei Jahren allerdings so schlecht, dass diese kein Harz produzieren konnten und die Käfer leichtes Spiel hatten. Das Brutraumangebot war bereits 2018 durch zwei Stürme im Januar 2018 mit 2 Mio. m³ hoch. Erschwerend kam hinzu, dass der Anfall des Sturmholzes in weiten Teilen des Landes kleinflächig erfolgte – gefährliche Bedingungen für die umliegenden vitalen Fichtenbestände, die nach der Erstbesiedelung der geworfenen Bäume als nächste von den Buchdruckern attackiert werden. Rund 2 Mio. m³ mit Buchdruckern besiedeltes Holz fungierten somit 2018 als Startpunkt für die Populationen im Jahr 2019. Wie Untersuchungen belegen, kamen pro Kubikmeter Holz ca. 30.000 Käfer in der Rinde vor – rein rechnerisch hätte sich aus diesen 30.000 Käfern eine Nachkommenschaft von 1,5 Mrd. Käfern 2019 entwickeln können, drei

² Sturmschäden durch die Stürme „Burglind“ (03.01.2018), „Friederike“ (18.01.2018), „Dragi“ (09.03.2019), „Eberhard“ (10.03.2019) und „Sabine“ (09.02.2020).

³ Holz aus Windwurf, Windbruch, Eis- und Schneebruch oder Bäume, die durch Trockenstress disponiert sind.

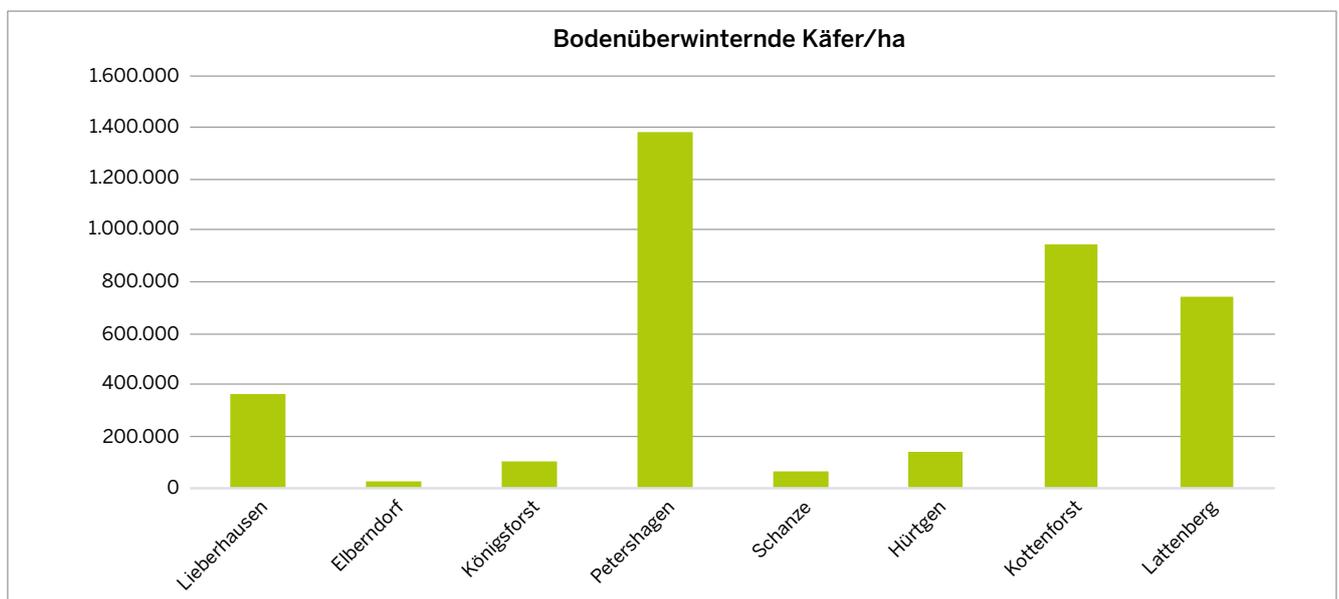


Abb. 2: Bodenüberwinternde Käfer in den Wintern 2018/2019 und 2019/2020

Generationen vorausgesetzt. Dies ist tatsächlich annähernd so eingetreten: 2019 wurden landesweit ca. 15 Mio. m³ Fichte durch den Buchdrucker letal geschädigt.

Wintermonate bieten stets eine Konsolidierungsoption

Da sich die Käfer im Winter nicht verbreiten, besteht vor allem hier die Option, in dieser Zeit Herr der Lage zu werden. Grundvoraussetzung hierfür ist das Wissen, wo die Käfer überwintern. Untersuchungen in stark befallenen Beständen im Kottenforst bei Bonn sowie im Sauerland bei Meschede im Februar/März 2019 zeigten, dass ca. 90 Prozent der Käfer unter der Rinde und nur ca. 10 Prozent im Boden überwinterten. Rechnerisch ergaben sich Werte von bis zu 6 Millionen (Rinde) und 0,9 Millionen (Boden) überwinterte Buchdrucker je Hektar. Im Winter 2019/2020 wurden dieselben Untersuchungen auch in Lieberhausen, Elberndorf, Königsforst, Petershagen, Schanze und Hürtgen mit den in Abb. 2 dargestellten Ergebnissen durchgeführt.

Die natürliche, durch tiefe Temperaturen winterbedingte Sterblichkeit von Jung- und Altkäfern

war in den betreffenden Wintern vernachlässigbar gering. Erstaunlicherweise erwiesen sich auch die empfindlicheren Käferlarven als sehr kälteresistent. Natürliche Gegenspieler, wie Ameisenbuntkäfer und Erzwespen, kamen in den Untersuchungsgebieten so gut wie nicht vor, und auch durch Pilze geschädigte Käferstadien waren selten. Die in allen Stadien überwinterten Buchdrucker und Kupferstecher konnten somit die Jahreswechsel gut überstehen, sich weiterentwickeln und fast vollständig im Jahr 2019 resp. in 2020 ausschwärmen.

Der erste entscheidende Schritt, die Käferpopulationen im Winter in den Griff zu bekommen, ist die Entfernung der befallenen Fichten aus dem Wald, inkl. Rinde und Käfer, noch bevor der Flug der Tiere im Frühjahr beginnt. Weiterhin muss sichergestellt werden, dass die im Boden befindlichen Käfer durch Einsatz von Fangsystemen (TriNet-Linien oder Intensivmonitoring-Linien) abgeschöpft werden. Regional im Frühjahr 2019 und 2020 durchgeführte Abschöpfungsmaßnahmen zeigten meistens gute Erfolge. Leider beschränkten sich diese Maßnahmen auf wenige Forstreviere.

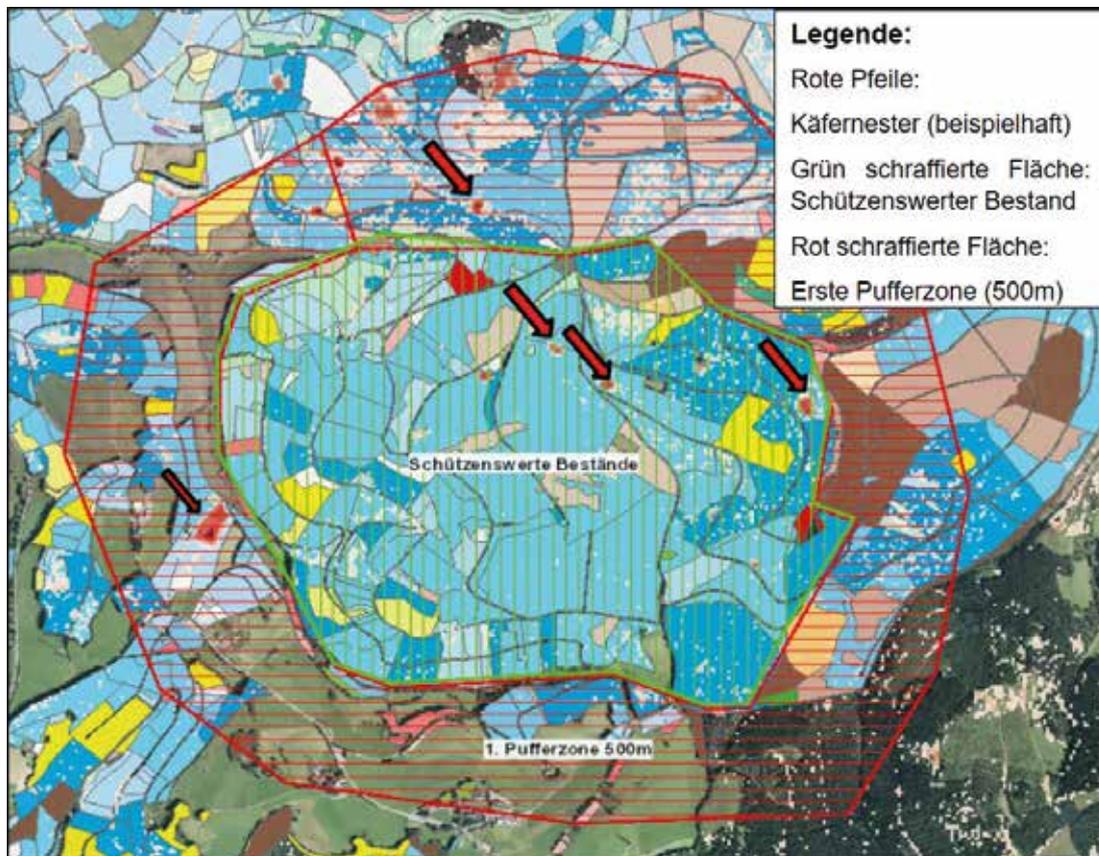


Abb. 3: Mittels Vitalitätsvergleich von Fichtenbeständen mit Sentinel-2-Kopernikusdaten aus 2017, 2018, 2019 und 2020 gefundene und vor Ort verifizierte vitale Fichtenareale, in denen befallene Fichten auch im Umkreis von mindestens 500 m, besser 3.000 m, entfernt werden.

Im Winter 2019/2020 konnten wegen Überschreitung der Kapazitäten in Aufarbeitung, Transport und Vermarktung nicht alle befallenen Fichten geerntet und nur vereinzelt die überwinterten Käfer durch Aufstellen von Fanglinien abgefangen werden. So haben sich die Borkenkäferpopulationen weiter in die höheren Lagen ausgebreitet und dort, vor allem im Sauerland und in Siegen-Wittgenstein, auch in bisher „sauberen“ Arealen zu erheblichem Neubefall geführt. Teils waren die Käferdichten in benachbarten Wäldern und in Niederungen so hoch, dass die Fanglinien nicht ausreichten, um den Druck zu bewältigen.

Strategie

Entgegen der Situation in den Jahren 2018 und 2019, in denen noch Ortslagen oberhalb von ca. 500 m über NHN als vital einzustufen waren, treffen solche Aussagen 2020 nicht mehr zu. Die Borkenkäferkalamität ist aktuell (9/2020) in allen Höhenlagen Nordrhein-Westfalens angekommen. Insofern gilt Folgendes: Für Fichtenwälder mit größeren Komplexen vitaler Fichten, wie sie teilweise noch in den Mittelgebirgen vorzufinden sind (vergl. Fichten-Vitalitäts-Layer 9/2020), und für einzelne Bestände aus den Niederungen wird die nachfolgende Sicherungsstrategie im Bereich bestehender und sich bildender Waldschutzgemeinschaften⁴ empfohlen:

1. Finden und Festlegen vitaler Fichtenbestände

Mithilfe des von Wald und Holz NRW 2019 entwickelten Karten-Layers „Vitalitätsabnahme“ (Sentinel-2-Daten + Eftas-Algorithmus; in ForstGIS) sind vitale Fichtenbestände auszumachen, vor Ort als solche zu evaluieren und festzulegen (diese Informationen stehen allen Waldbesitzenden unter www.waldinfo.nrw.de kostenlos zur Verfügung).

2. Aufarbeiten und Abtransport forstschutzrelevanter Holz innerhalb vitaler Bestände und in den um vitale Bestände festzulegenden Schutzzonen

Festlegen von Schutz- und Bekämpfungsgeländen, in denen eine konsequente, integrierte Borkenkäferbekämpfung in erster Priorität durchzuführen ist. Die Schutzzonen beginnen mit einer Ausdehnung von 500 m und sind sukzessive auf 3 km zu erweitern.

3. Abfangen der überwinterten Buchdrucker im Frühjahr

Durch spezielle Abfangmethoden sind die bodenüberwinternden Käfer vor dem ersten Schwärmflug im Frühjahr abzufangen. Dies dient dazu, die Frühjahrsausgangspopulationen zu minimieren und damit die exponentielle Entwicklung der Borkenkäferzahlen regional und für das aktuelle Jahr hinauszuzögern oder ggf. auch zu unterbinden. Auch hier gilt: Schutz vitaler Fichtenwälder!

Grundsätze der Borkenkäferbekämpfung bei Massenvermehrungen

1. Überwachung der Fichtenbestände mittels terrestrischem Monitoringverfahren und unterstützender Fernerkundung am Boden inkl. Festlegen vitaler Fichtenbestände mit Hilfe dieser Fernerkundungsdaten und Verifizieren der Vitalität vor Ort.
2. Konsequente, integrierte Borkenkäferbekämpfung bei allen Sortimenten innerhalb vitaler Fichtenkomplexe und in einer 3-km-Pufferzone – auch unter Ausnutzung von Superfangholzhäufen im Sommer. Hierzu gehört auch das Unschädlichmachen abgefallener und mit Borkenkäfern besetzter Rinde!
3. Wehret den Anfängen – auch innerhalb vitaler Bestände – mittels Monitoring zum Auffinden befallener, auch einzelner Fichten, durch Fällen und integriertes Unschädlichmachen aller Käferstadien, ggf. Behandeln der Stämme mit PSM bis in die entasteten Spitzen, Prüfen der Stubben auf Befall, ggf. Nachschneiden und Behandeln der angeschnittenen Rollen.
4. Abfangen der im Boden überwinterten Käfer im darauffolgenden Frühjahr und unmittelbare Aufarbeitung von Stehendbefall.
5. Dabei gilt: solide und konsequente Umsetzung einer sauberen Forstwirtschaft.
6. Nutzung der Extremwetterrichtlinie „Förderung von Maßnahmen zur Bewältigung der Folgen extremer Wetterereignisse“ des Landes Nordrhein-Westfalen.

Theorie und Praxis

Kalamitäten haben ihre eigenen Gesetzmäßigkeiten, die sich nicht in ein Schema pressen lassen. So wirkten sich der Mangel an verfügbaren Arbeitskapazitäten, die angespannte Holzmarktlage und regional kleinstrukturierte

⁴ Waldschutzgemeinschaften sind eine besondere Form von Solidargemeinschaften, in denen der Schutz vitaler Bestände und die Durchführung von Waldschutz-/Forstschutzmaßnahmen im Vordergrund stehen.

Besitzverhältnisse negativ auf die Bekämpfungsmaßnahmen und beschleunigend auf die Kalamität aus. 2019 beispielsweise nahm die Schadensausprägung vor allem in den Niederungen bis 350/400 m über NHN so rasend schnell zu, dass auch bei bestem Willen die Schadholzmengen nicht bewältigt werden konnten. In einzelnen Revieren, so beispielsweise in Gummersbach und Strombach, wurde der 15-fache Jahreseinschlag (jeweils 150.000 m³) geschädigt. Hier dominieren, wie vielerorts in Nordrhein-Westfalen, Klein- und Kleinstwaldeigentumsflächen das Bild (von 930.000 ha nordrhein-westfälischen Waldes gehören 67 % 150.000 Waldbesitzenden). In dieser Besitzstruktur können Borkenkäferbekämpfungsstrategien am effektivsten in Waldschutzsolidargemeinschaften umgesetzt werden. Entgegen der Situation 2007 nach dem Sturm Kyrill, als sich viele Waldschutzsolidargemeinschaften gründeten, gelang dies 2019 landesweit nur vereinzelt. Wie ist das zu erklären? 2007 lagen in einer Nacht 15 Mio. fm am Boden und die individuelle Betroffenheit war groß – 2018 und 2019 steigerte sich die befallene Fläche nicht vorhersehbar von Woche zu Woche. Waldschutzsolidargemeinschaften zu gründen war damit nur sehr schwer oder gar nicht möglich.

Fazit

Die oben genannten Maßnahmen sind die besten Werkzeuge, um einer Borkenkäferkalamität zu begegnen. Wir, die Försterinnen und Förster und alle Waldbesitzende, geben nicht auf in den Bemühungen um die Rettung unserer Wälder und nutzen dazu konsequent die Möglichkeiten der integrierten Borkenkäferbekämpfung. In den letzten drei Jahren mussten unsere Wälder jeweils zwei trockene Sommer pro Jahr, im April und im eigentlichen Sommer, verkraften. Hierdurch ist die schlimmste Borkenkäferkalamität seit Menschengedenken entstanden. Es ist uns allen klar, dass wir unser Ziel, die Sicherung vitaler Fichtenbestände, bei einer Wiederholung solcher Extremwetterereignisse 2021 nicht vollständig oder lokal gar nicht erreichen können. Aber, frei nach Bertold Brecht: „Wer kämpft, kann verlieren, wer nicht kämpft, hat schon verloren.“

Gemeinsam mit natürlichen Feinden gegen die Fraßgesellschaft – das FNR-Projekt „Eichenresilienz“

Wiebke Theisinger, Yannick Prümers und Mathias Niesar

Die Vitalität heimischer Eichenbestände hat sich in den letzten Jahrzehnten zunehmend verschlechtert. Neben möglichen Unterschieden in der natürlichen Resilienz von Trauben- und Stieleiche sind dabei vor allem Fraßschäden durch die sogenannte Eichenfraßgesellschaft von zentraler Bedeutung. Im Projekt „Eichenresilienz“ wird deshalb bundesweit die Widerstandsfähigkeit der beiden Eichenarten verglichen und untersucht, ob das Ausmaß der Fraßschäden durch natürliche Gegenspieler, die Parasitoiden, minimiert werden kann.

Wiederkehrende Eichensterbewellen stellen die nachhaltige Produktivität von Eichenbeständen zunehmend in Frage. Die zugrundeliegende Eichenkomplexkrankheit wird durch ein Zusammenspiel verschiedener biotischer und abiotischer Faktoren verursacht, darunter Kahlfraß durch Insektenraupen, Mehltau, Trockenheit sowie tiefe Winter- und Spätfröste. Fraßschäden durch die sogenannte „Eichenfraßgesellschaft“ sind dabei von zentraler Bedeutung. Fällt die zyklisch auftretende Massenvermehrung dieser vor allem aus Frostspanner- und Eichenwicklerraupen bestehenden Fraßgesellschaft mit einem weiteren Schadfaktor zusammen, können sich die Eichen nicht regenerieren und sterben ab.

Gemäß dem im Pflanzenschutzgesetz festgelegten Grundsatz des „Integrierten Forstschutzes“ im Bereich „Biologische Bekämpfung“ untersucht das Projekt Eichenresilienz deshalb, inwiefern die Resilienz von Eichenbeständen durch das Vorhandensein oder das Ausbringen natürlicher Gegenspieler der Schmetterlinge erhöht bzw. ob das Eichensterben minimiert werden kann. In NRW wurde darüber hinaus auf Dauerbeobachtungsflächen eine höhere Mortalitätsrate bei Stieleichen gegenüber Traubeneichen beobachtet. Durch einen bundesweiten Vergleich soll deshalb festgestellt werden, ob dies durch den Standort oder durch die Baumart selbst bedingt ist und ob daraus möglicherweise eine Anbaupriorisierung abzuleiten ist. Beide Teile des Projektes verfolgen somit das Ziel, den Waldbesitzenden ein wirksames Werkzeug des präventiven Forstschutzes zur Minimierung des Eichensterbens an die Hand zu geben.

Das Projekt läuft seit Januar 2020 und ist auf insgesamt drei Jahre angesetzt. Wald und Holz NRW wird bei der Durchführung von den folgenden Projektpartnern unterstützt: Universität für Bodenkultur, Wien (BOKU), Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Freiburg (FVA), Europäisches Forstinstitut, Bonn (EFI), Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, Trippstadt (FAWF), Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen (NW-FVA), Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising (LfL), Landeskompetenzzentrum Forst, Eberswalde (LFE), Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen (LANUV).

In diesem ersten Jahr der dreijährigen Projektlaufzeit wurden zunächst vier Untersuchungsflächen im östlichen Münsterland ausgewählt, darunter auch ein Bestand mit intaktem Waldrand in Steinfurt. Da sich zum Beispiel erwachsene Schlupfwespen, welche ihre Eier in Raupen oder Puppen platzieren und diese dadurch dezimieren, in erster Linie von Blütennektar und Pollen blühender Pflanzen ernähren, kann die Anlage von Waldinnen- und -außenrändern die Vielfalt natürlicher Gegenspieler forstschädlicher Schmetterlingsraupen erhöhen (Scherzinger 1996).

In allen vier Beständen wurden im Verlauf des Jahres phänologische Aufnahmen zum Austrieb und zur Herbstverfärbung sowie Blattfraß- und Kronenbonituren durchgeführt, um die Vitalität der Eichen zu überwachen. Die Fraßbonituren im Juni und August zeigen dabei deutliche Unterschiede im Fraßgeschehen und der Vitalität.



Abb. 1: Intakter Waldrand am Steinfurter Bestand

tät der Eichen zwischen den Beständen. Der Bestand mit intaktem Waldrand in Steinfurt wies im Juni ein ähnlich hohes Fraßgeschehen auf wie die Bestände in Everswinkel und Oelde (Abb. 2). Im August dagegen war der Fraßschaden in Steinfurt signifikant geringer als in Everswinkel und Oelde. Hier konnten sich die Eichen also deutlich besser regenerieren. Der Bestand in Warendorf zeigte schon bei der Fraßbonitur im Juni deutlich weniger Fraßschäden als die anderen drei Bestände (Abb. 2). Im August war dieser Bestand dann auf einem ähnlich niedrigen Niveau wie Everswinkel und Steinfurt. Einzig der Bestand in Oelde wies auch im August noch höhere Fraßschäden auf.

Die Eichenfraßgesellschaft besteht vor allem aus dem Großen und dem Kleinen Frostspanner und dem Eichenwickler. Bei bisherigen Untersuchungen über die beim Kleinen Frostspanner vorkommenden Parasitoide wurden hauptsächlich Raupenfliegen, aber auch eine ganze Reihe von Schlupfwespen gefunden (Herting 1964; Sechser 1969; Früh 2014). Durch stadienspezifische Untersuchungen soll in diesem Projekt deshalb zunächst geklärt werden, welche Ei-, Larven- und Puppenparasitoide in den Versuchsgebieten vorkommen, bevor diese dann im nächsten Jahr auf ihre Zuchttauglichkeit hin getestet werden. Zur Bestimmung der Parasitoidenkomplexe wurden im März und September Bodenproben in allen vier Beständen genommen (Untersuchung auf Puppen-Parasitoide der beiden Frostspannerarten), im April/Mai Raupen aller drei Arten gesammelt und durchgezüchtet (Untersuchung auf Larven-Parasitoide), sowie im Mai/Juni Blattwickel und abbaumende (und anschließend verpuppte)

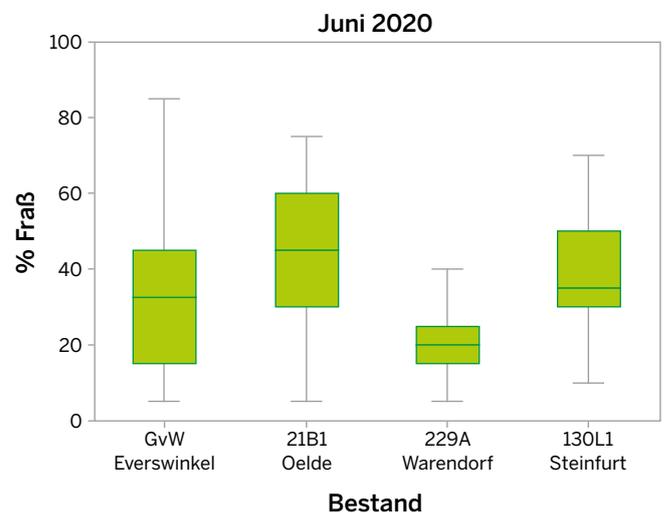


Abb. 2: Fraßbonitur im Juni 2020 in vier Beständen im östlichen Münsterland

Frostspannerraupen gesammelt und beprobt (Untersuchung auf Puppen-Parasitoide). Die Untersuchung und genaue Bestimmung der Parasitoide erfolgt dabei durch die BOKU Wien und dauert an.

Die vorläufige Auswertung der Bodenproben vom März zeigt aber eine deutlich höhere Anzahl an Tönncchen im Warendorfer Bestand im Vergleich zu den anderen drei Beständen (Abb. 3). Dieses Ergebnis passt sehr gut zum niedrigeren Fraßgeschehen in diesem Bestand (vgl. Abb. 2). Inwieweit hier allerdings tatsächlich ein Zusammenhang besteht, muss noch durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

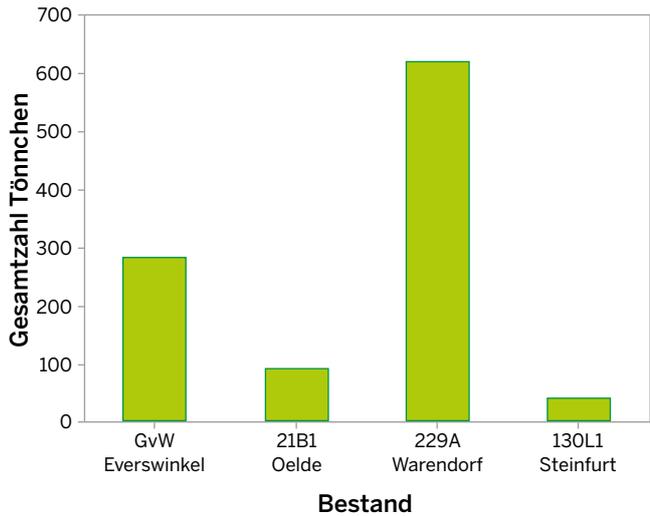


Abb. 3 und 4: Links: Gesamtzahl gefundener Tönnchen in den vier Beständen (jeweils zehn Bodenproben pro Bestand). Rechts: Entnahmestelle einer Bodenprobe (September 2020)

Um den Verlauf einer möglichen Massenvermehrung zu dokumentieren, werden die Populationen der beiden Frostspannerarten in allen vier Beständen mit Hilfe von Leimringen überwacht. Hier wurden in drei der vier Bestände (außer Everswinkel) schon in der ersten Oktoberwoche Weibchen des Großen Frostspanners gefangen.

Literatur

Früh, L., 2014: Häufigkeit und Diversität der Larval- und Larval-Pupalparasitoiden von *Operophtera brumata* während der Progradation in Wien, Österreich. Masterarbeit Univ. für Bodenkultur, Wien.

Hartmann, G., Blank, R., 1992: Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland. *Forst und Holz* 47, 443-452.

Herting, B., 1964: Die Parasiten der in Nordwestdeutschland an Obstbäumen und Laubholz schädlich auftretenden Spanner- und Eulenraupen (Lep.: Geometridae, Noctuidae, Thyatiridae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 55, 236-263.

Scherzinger, W., 1996: Naturschutz im Wald – Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Stuttgart.

Sechser, B., 1969: Der Parasitenkomplex des Kleinen Frostspanners (*Operophtera brumata* L.) (Lep., Geometridae) unter besonderer Berücksichtigung des Kokonparasiten. Dissertation Univ. für Bodenkultur, Wien.

Ausblick

Im Anschluss an die diesjährige Untersuchung der Parasitoidenkomplexe der einzelnen Arten sollen im weiteren Verlauf des Projektes geeignete Parasitoidenarten auf ihre Zuchttauglichkeit hin untersucht und dementsprechende Zuchtprogramme entwickelt werden. Die Effizienz der gezüchteten Parasitoiden wird dann in Insektenzelten, die mit eingetopften Eichen bestückt sind, an ausgesetzten Eiern, Larven und Puppen des Kleinen und Großen Frostspanners untersucht und so ihre Eignung für den präventiven Forstschutz getestet.

Alternative Borkenkäferbekämpfung mit Heißluft

Norbert Geisthoff, Theo Werres, Winfried Bergen und Mathias Niesar

Das Heißluftverfahren verdient als nicht chemische Methode der Schädlingsbekämpfung ein besonderes Augenmerk. Das Team Wald- und Klimaschutz testete in Zusammenarbeit mit dem Regionalforstamt Hochstift ein modifiziertes Verfahren bei verschiedenen Außentemperaturen.

1. Hintergrund

Wenn sich mit biologischen, physikalischen und anderen nicht chemischen Methoden ein zufriedenstellendes Ergebnis bei der Bekämpfung von Schädlingen erzielen lässt, sind diese chemischen Methoden vorzuziehen.¹ Daher wurde vom Team Wald- und Klimaschutz im Jahr 2020 die Wirksamkeit eines Heißluftverfahrens zur alternativen Borkenkäferbekämpfung überprüft. Da ein bereits im Winter 2018/2019 durchgeführter Versuch zur Erhitzung eines Fichtenholzpolters mittels Heißdampf zur Borkenkäferbekämpfung nicht den erhofften Erfolg zeigte, wurde von der involvierten privaten Firma ein modifiziertes Heißluftverfahren angeboten. Dieses wurde vom Team Wald- und Klimaschutz des Zentrums für Wald- und Holzwirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Regionalforstamt Hochstift am 18.2.2020 und 2.6.2020 auf seine Wirksamkeit hin getestet.

2. Versuchsziel

Das Versuchsziel war, die Auswirkung des Heißluftverfahrens im Metallcontainer hinsichtlich der Wirksamkeit auf Borkenkäferbefall in Anlehnung an die Bestimmungen des IPPC-Standards ISPM-15 zu überprüfen. Hiernach muss die Holztemperatur (hier Rindentemperatur) am kältesten Punkt in einer Behandlungscharge über 30 Min. lang mindestens 56° C erreichen, damit Schadorganismen sicher abgetötet werden.

3. Verfahren

Die Bereitstellung des Holzes für die Versuche wurde vom RFA Hochstift, Forstbetriebsbezirk Kempfen, organisiert. Hierfür wurden jeweils mit Buchdrucker befallene 5,10 m lange Fichtenabschnitte aus diesem Forstbetriebsbezirk ausgewählt und in unterschiedlichen Polterlagen mit Temperaturmessfühlern im Bereich des Kambiums bestückt.

¹ Ein Aspekt der Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes (IPS) nach Richtlinie 2009/128/EG Artikel 14 Absatz 4.



Abb. 1: Die Stammholzabschnitte werden in die mobile Hitzebehandlungskammer geladen



Abb. 2: Abmessen der Lage (linkes Bild) und Einsetzen der Temperaturmessfühler (rechtes Bild) im Bereich des Kambiums

Nach dem Beladen des Containers wurde dieser mit einer hitzebeständigen Folie abgedeckt, welche über Einsparungen mit Spanngurten befestigt wurde. Anschließend erfolgte die Erwärmung mittels Heißluft. Die Luft wurde mit dem direkt vor der Containerfront stehenden Heizer erwärmt und über ein Gebläse durch eine Öffnung in den Container geleitet. Die erhitzte Luft gelangte anschließend – über einen Kreislauf – zurück zum Heizaggregat und wurde erneut aufgewärmt.

4. Ergebnisse und Fazit

Der erste Versuch wurde am 18.2.2020 bei niedrigen Außentemperaturen von 4° C durchgeführt. Die Temperatur unter der Rinde lag bei Versuchsbeginn zwischen 3° C und 4° C. Der zweite Versuch startete im Sommer bei Rindentemperaturen von 15° C bis 20° C. Beide Versuche wurden nach 2,5 bzw. 1,5 Stunden abgebrochen, da nur an wenigen Messstellen die angestrebten 56° C erreicht wurden und nicht abzusehen war, mit welchem weiteren, betriebswirtschaftlich annähernd konkurrenzfähigen Zeitaufwand die erforderlichen Temperaturen hätten erreicht werden können. Die Ergebnisse der beiden Versuche zeigen,

dass dieses Verfahren in der derzeitigen Form und unter den vorliegenden Rahmenbedingungen nicht für die Behandlung von Fichtenholz mit dem Ziel der Borkenkäferbekämpfung geeignet ist. Die nach den Bestimmungen des IPPC-Standards ISPM-15 erforderliche Temperatur von 56° C wurde nicht ausreichend erreicht. Als technisches Problem des angewendeten Verfahrens stellte sich insbesondere die zu geringe Wärmeleistung des Heizers dar. Weiterhin fand in dem Container keine ausreichende Wärmeverteilung statt. Inwiefern durch eine erhebliche Anhebung der Energiezufuhr und durch bauliche Veränderungen innerhalb des Containers die erforderlichen Behandlungstemperaturen erreicht und die Wärmeverteilung verbessert werden könnten, bleibt offen. Dies könnte über ein thermodynamisches Gutachten, bei dem auch der zeitliche Behandlungsinput berücksichtigt werden sollte, geklärt werden. Ferner wäre eine klimarelevante Einschätzung der Hitzebehandlung angezeigt. Wie die bisherigen Ergebnisse zeigen, können die behandelten Stämme wieder neu von Borkenkäfern befallen werden. Auch dies wäre bei der Intensivierung der Behandlung zu prüfen.

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

Dr. Norbert Asche

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldplanung
SG 43 Standortkunde
+49 2931 7866 180
Norbert.Asche@wald-und-holz.nrw.de

Winfried Bergen

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 62 Pflanzengesundheitsdienst
+49 2131 1249999
Winfried.Bergen@wald-und-holz.nrw.de

Alberto Boniolo

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 62 Pflanzengesundheitsdienst
+49 171 5870024
Alberto.Boniolo@wald-und-holz.nrw.de

Johannes Bürvenich

Wald und Holz NRW
FB II – Landeseigener Forstbetrieb
Zentrale Holzvermarktung, Logistik und Transport
+49 251 91797 216
Johannes.Buervenich@wald-und-holz.nrw.de

Michael Cescotti

Wald und Holz NRW
Regionalforstamt Bergisches Land
FBB Strombach
+49 2291 807500
Michael.Cescotti@wald-und-holz.nrw.de

Dr. Stefan Franz

Wald und Holz NRW
FB I – Zentrale Dienste
IT/Geodateneinsatz
+49 251 91797 163
Stefan.Franz@wald-und-holz.nrw.de

Norbert Geisthoff

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 61 Biotischer und abiotischer Waldschutz,
Pflanzenschutzdienst
+49 2364 5089299
Norbert.Geisthoff@wald-und-holz.nrw.de

Sven Glück

Wald und Holz NRW
Regionalforstamt Bergisches Land
FBB Neanderthal
+49 171 5870463
Sven.Glueck@wald-und-holz.nrw.de

Jana Hanke

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldbau
SG 51 Waldbau/Waldökologie/Klimaanpassung
SG 53 Waldwachstumskunde
+49 2931 7866 419
Jana.Hanke@wald-und-holz.nrw.de

Thomas Heimann

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Forstliches Bildungszentrum
SG 22 Forstliche Fort- und Weiterbildung
+49 2931 7866 313
Thomas.Heimann@wald-und-holz.nrw.de

Florian Heimsch

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 63 Klimaschutz
+49 2931 7866 240
Florian.Heimsch@wald-und-holz.nrw.de

Elke Hübner-Tennhoff

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Forstliches Bildungszentrum
SG 22 Forstliche Fort- und Weiterbildung
+49 2931 7866 321
Elke.Huebner-Tennhoff@wald-und-holz.nrw.de

Marion Jacoby

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 61 Biotischer und abiotischer Waldschutz, Pflanzen-
schutzdienst
+49 2931 7866 453
Marion.Jacoby@wald-und-holz.nrw.de

Prof. Dr. Rolf Kehr

HAWK Hochschule für
angewandte Wissenschaft und Kunst
Hildesheim/Holzminde/Göttingen
Fakultät Ressourcenmanagement
+49/551/5032-152
Rolf.Kehr@hawk.de

Chris Kenter

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldbau
SG 52 Forstgenetik, Forstmehrgut
+49 2931 7866 427
Chris.Kenter@wald-und-holz.nrw.de

Christoph Klose

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldbau
SG 51 Waldbau/Waldökologie/Klimaanpassung
+49 2931 7866 136
Christoph.Klose@wald-und-holz.nrw.de

Annette Köhne-Dolcinelli

Wald und Holz NRW
Regionalforstamt Kurkölnisches Sauerland
Leiterin Fachgebiet Privat- und Körperschaftswald
+49 2761 9387 18
Annette.Koehne-Dolcinelli@wald-und-holz.nrw.de

Dr. Bertram Leder

Wald und Holz NRW
Leiter FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
+49 2931 7866 121
Bertram.Leder@wald-und-holz.nrw.de

André Liefertz

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 62 Pflanzengesundheitsdienst
+49 2931 7866 455
Andre.Liefertz@wald-und-holz.nrw.de

Johannes May

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldplanung
SG 41 Planungs- und Informationssysteme
+49 2931 7866 193
Johannes.May@wald-und-holz.nrw.de

Dr. Berthold Mertens

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldplanung
SG 41 Planungs- und Informationssysteme
+49 2931 7866 146
Berthold.Mertens@wald-und-holz.nrw.de

Jörg-Detlef Meißner

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Leiter Team Waldplanung
SG 41 Planungs- und Informationssysteme
+49 2931 7866 141
Joerg-Detlef.Meissner@wald-und-holz.nrw.de

Karin Müller

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldbau
SG 52 Forstgenetik, Forstmehrgut
+49 2931 7866 427
Karin.Mueller@wald-und-holz.nrw.de

Dr. Mathias Niesar

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Leiter Team Wald- und Klimaschutz
+49 2931 7866 450
Mathias.Niesar@wald-und-holz.nrw.de

Martin Nolte

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Forstliches Bildungszentrum
SG 23 Waldarbeitsverfahren
+49 2931 7866 322
Martin.Nolte@wald-und-holz.nrw.de

Anna Peters

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 63 Klimaschutz
+49 2931 7866 454
Anna.Peters@wald-und-holz.nrw.de

Yannick Prümers

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 63 Klimaschutz
+49 2931 7866 181
Yannick.Pruemers@wald-und-holz.nrw.de

Martin Rogge

Wald und Holz NRW
Stellv. Vorsitzender des Personalrates
+49 0251 91797 311
Martin.Rogge@wald-und-holz.nrw.de

Dr. Stefan Schulte-Kellinghaus

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen
– Landesbetrieb –
Bodenkundliche Landesaufnahme
+49 2151 897-382
boden@gd.nrw.de

Dr. Bernward Selter

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Zentrale Dienste
SG 13 Veröffentlichungen/Forstl. Dokumentationsstelle
+49 2931 7866 230
Bernward.Selter@wald-und-holz.nrw.de

Robert Söllig

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Holzwirtschaft
SG 32 Holzverwendung/Holzbau
+49 2931 7866 462
Robert.Soellig@wald-und-holz.nrw.de

Thomas Späthe

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Forstliches Bildungszentrum
SG 24 Forsttechnik, Wald + Holz 4.0
+49 2931 7866 325
Thomas.Spaethe@wald-und-holz.nrw.de

Dr. Carolin Stiehl

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldbau
SG 51 Waldbau/Waldökologie/Klimaanpassung
SG 53 Waldwachstumskunde
+49 2931 7866 405
carolin.stiehl@wald-und-holz.nrw.de

Gregor Stitz

Wald und Holz NRW
Zentrale/Controlling
+49 2931 7866 467
Gregor.Stitz@wald-und-holz.nrw.de

Romina Thalmann

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 61 Biotischer und abiotischer Waldschutz,
Pflanzenschutzdienst
SG 62 Pflanzengesundheitsdienst
+49 2171 3400927
Romina.Thalmann@wald-und-holz.nrw.de

Dr. Wiebke Theisinger

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 61 Biotischer und abiotischer Waldschutz,
Pflanzenschutzdienst
SG 63 Klimaschutz
+49 2931 7866 189
Wiebke.Theisinger@wald-und-holz.nrw.de

Thilo Wagner

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Leiter Team Forstliches Bildungszentrum
+49 2931 7866 311
Thilo.Wagner@wald-und-holz.nrw.de

Alexander Weller

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Waldplanung
SG 43 Standortkunde
+49 2931 7866 175
Alexander.Weller@wald-und-holz.nrw.de

Theo Werres

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Wald- und Klimaschutz
SG 62 Pflanzengesundheitsdienst
+49 2902 9120568
Theo.Werres@wald-holz.nrw.de

Peter Wiese

Wald und Holz NRW
FB V – Zentrum für Wald und Holzwirtschaft
Team Forstliches Bildungszentrum
SG 23 Waldarbeitsverfahren
+49 2931 7866 320
Peter.Wiese@wald-und-holz.nrw.de

Impressum

Herausgeber

Wald und Holz NRW
Albrecht-Thaer-Straße 34
48147 Münster
Telefon: 0251 91797-0
Telefax: 0251 91797-100
E-Mail: info@wald-und-holz.nrw.de
www.wald-und-holz.nrw.de

Redaktion/Bearbeitung

Wald und Holz NRW
Forstliche Dokumentationsstelle

Bildnachweis

Carsten Arndt (Titel); Norbert Asche (S. 56, 57); Andreas Böhm, RIF Institut für Forschung und Transfer, Dortmund (S. 20, 28 unten rechts, S. 30); Helen Braasch, Landesbetrieb Forst Brandenburg (S. 76 oben); Arno Bücken, MMI, Institut für Mensch-Maschine-Interaktion, RWTH Aachen (S. 29); Katrin Clemens, Westfalenpost Arnsberg (S. 28 unten links); Forstl. Dokumentationsstelle (S. 16, Foto Karl Boucsein); Norbert Geisthoff (S. 89, 90); Jana Hanke (S. 66, 67, 69 Abb. 6); Dennis Haugen, USDA Forest Service, Bugwood.org (S. 75 unten, 4a); Thomas Heimann (S. 23, 24); Christoph Hentschel (S. 73); Marion Jacoby (S. 80); Chris Kenter (S. 65); Christoph Klose (S. 61, 62, 64); Ulrich Körschgen (S. 76 unten); Stuart Krause, Thünen-Institut, Eberswalde (S. 54); Antje Lange (S. 59); Kenneth R. Law, USDA APHIS PPQ, Bugwood.org (S. 75 unten, 4b); André Liefertz (S. 70, 78); Jörg-Detlef Meißner (S. 46); Martina Möller (S. 10); Dean Morewood, Health Canada, Bugwood.org (S. 75 unten, 4c); PK-Media Consulting, Olsberg (S. 40, 41, 43); RIF Institut für Forschung und Transfer, Dortmund (S. 28, 29); Projekt ROSEWOOD 4.0 (S. 34); Uwe Schölmerich (S. 8); Thomas Schröder, Julius-Kühn-Institut Braunschweig (S. 75 oben, S. 76 Mitte); Carolin Stiehl (S. 60, 69 Abb. 5); Norbert Tennhoff (Rückseite); Holger Teske (S. 68, 69 oben); Wiebke Theisinger (S. 87, 88); Thilo Wagner (S. 22); Judith Waldhans (S. 75 Mitte); Wald und Holz NRW (S. 4, 45, 74, 79); Oliver Windus, Fotodesign, Bad Oeynhausen (S. 38); Henning Witt (S. 9)

Gestaltung

dot.blue – communication & design
www.dbcd.de
Jutta Schlotthauer

Herstellung

XPrint Medienproduktion, Aachen

Stand

April 2021



PEFC zertifiziert
Dieses Produkt stammt aus
nachhaltig bewirtschafteten
Wäldern und kontrollierten
Quellen.
www.pefc.de

Wald und Holz NRW
Albrecht-Thaer-Straße 34
48147 Münster
Telefon 0 251 9 17 97-0
Telefax 0 251 9 17 97-100
info@wald-und-holz.nrw.de
www.wald-und-holz.nrw.de

