

Forstwirtschaft



Eberswalder Forstliche Schriftenreihe  
Band 70



**Wissenstransfer in die Praxis**  
**Tagungsband zum**  
**Jubiläumskolloquium "150 Jahre**  
**Waldforschung in Brandenburg"**  
**am 9. Juni 2021**





Eberswalder Forstliche Schriftenreihe  
Band 70

**Wissenstransfer in die Praxis**

**Tagungsband zum Jubiläumskolloquium  
"150 Jahre Waldforschung in Brandenburg"  
am 9. Juni 2021**

# FORSTWIRTSCHAFT IN DEUTSCHLAND

## Vorausschauend aus Tradition

### Impressum

Herausgeber: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und  
Klimaschutz (MLUK) des Landes Brandenburg  
Landesbetrieb Forst Brandenburg

Redaktion: Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde  
Dr. Jan Engel

Gesamtherstellung: DRUCKZONE GmbH & Co. KG

1. Auflage: 1.000 Exemplare, gedruckt auf PEFC-Papier.

Titelbilder: Fundus LFE, Jan Engel



Eberswalde, im November 2021

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) des Landes Brandenburg kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich sind insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen von Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung Brandenburgs zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.

# Inhaltsverzeichnis

## Grußworte

|                                                                                                 |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Dr. Manja Schüle, Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg..... | 7 |
| Axel Vogel, Minister für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg .....    | 8 |

## Vorträge

### Waldforschung in Eberswalde – Gestern, heute und in Zukunft

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Dr. Michael Egidius Luthardt ..... | 9 |
|------------------------------------|---|

### Exoten wieder im Fokus: Erkenntnisse zu nichtheimischen

#### Baumarten von langfristigen Versuchsflächen

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Prof. Dr. habil. Jens Schröder, Dr. Stefan Panka, Dr. Annett Degenhardt ..... | 13 |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|

### Auf dem richtigen Weg? Ergebnisse von Stichprobenaufnahmen zur Evaluierung des Waldumbaus in Brandenburg

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Dr. Annett Degenhardt, Dr. Falk Stähr, Bernd Rose ..... | 25 |
|---------------------------------------------------------|----|

### Von der Waldkunde zur Ökosystemforschung

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Prof. Dr. habil. Ralf Kätzler ..... | 45 |
|-------------------------------------|----|

### Anderes Wetter, Neue Methoden, gleiche Herausforderungen

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Dr. Rainer Hentschel ..... | 57 |
|----------------------------|----|

### Wie geht das zusammen? Zur Integration von Ökosystemleistungen im Waldschutz-Risikomanagement

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Dr. Julia Kaplick, Dr. Christoph Thieme, Anne Zimdars ..... | 67 |
|-------------------------------------------------------------|----|

### Immer mehr im Fokus des Waldschutzes: Klimaschutz und Biodiversität

|                        |    |
|------------------------|----|
| Dr. Katrin Möller..... | 73 |
|------------------------|----|

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| Publikationen des LFE im Jahr 2020 ..... | 86 |
|------------------------------------------|----|

## Ausgewählte Posterpräsentationen

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| • Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten ab 1881 .....            | 91 |
| • Saatgut für die Anbauversuche ab 1891 Geschäftspartner und Freunde in Amerika ..... | 93 |
| • Saatgut für die Anbauversuche ab 1885 Japan ein Land im Aufbruch .....              | 95 |

Ines Höhne

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten ab 1881 ..... | 97  |
| • Langfristige Waldumbauversuchsfläche EBERSWALDE 134 .....                | 99  |
| • Langfristige Waldumbauversuchsfläche EBERSWALDE 134 .....                | 101 |

Dr. Stefan Panka, Sibylle Wenk

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Bisher erschienene Bände der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe ..... | 103 |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|



Forstminister Axel Vogel (Mitte u.) mit den Akteuren des Jubiläumskolloquiums und dem jetzigen Leiter (Mitte o.) des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde (LFE) mit seinen beiden Amtsvorgängern. (Foto: J. Engel)

## Grußworte

**Lieber Ministerkollege Axel Vogel, lieber Herr Landrat Kurth, lieber Herr Boginski, liebe Frau Professorin Walk, werter Herr Professor Höppner, werter Herr Professor Heinsdorf,**

was haben Tom Clancy, Joschka Fischer und Herbert Grönemeyer mit Forst-Forschung in Brandenburg gemeinsam? Nun, sie alle haben am selben Tag Geburtstag: Und zwar am 12. April.

Am 12. April 1871 ernannte der preußische Finanzminister das leitende Personal für die neue – Achtung, jetzt kommt's – „Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preußen“ mit Sitz in Eberswalde. Vor 150 Jahren also ... Der eigentliche Jubiläumstag liegt also schon einige Wochen zurück – doch gefeiert wird erst jetzt. Corona kam auch hier dem ursprünglichen Zeitplan in die Quere. Forstliche Lehre und forstliches Versuchswesen gehen in Eberswalde seit jeher Hand in Hand. Und so ist es mir eine große Freude und Herzensangelegenheit, Schirmherrin für das Jubiläums-Kolloquium 2021 zu sein.

Bemerkenswert ist, wie prägnant der Leiter der Preußischen Staatsforstverwaltung Otto von Hagen schon vor mehr als 150 Jahren auf den Punkt brachte, welchen Stellenwert Forschung und Wissenschaft beizumessen ist. Dass „bald die spekulative These, bald die einseitige Erfahrung“ anstelle evidenzbasierter Fakten den öffentlichen und / oder politischen Diskurs prägen – das erleben wir leider noch heute.

Aber dies nur am Rande.

Wir als Landesregierung bekennen uns ausdrücklich zu den Themen Nachhaltigkeit sowie Natur- und Umweltschutz. Und zwar nicht erst, seitdem der Klimawandel praktisch vor unserer Haustür steht.

So haben wir im Koalitionsvertrag festgeschrieben, dass die praxisnahe forstliche Forschung zu intensivieren ist. Und das war damals kein vorgezogenes Geburtstagsgeschenk, sondern eine Selbstverständlichkeit.

Die wissenschaftliche Beratung und der Wissenstransfer in die Forstpraxis gehören zu den Aufgaben des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde. Im Zentrum steht der Brandenburger Wald – nicht wirklich überraschend.

Der Brandenburger Wald spielt eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Klimas und des Wasserhaushalts. Er ist Holzlieferant und Heimat zahlreicher Tierarten.

Mir fallen beim Thema Wald außerdem ausgedehnte, erholsame Spaziergänge ein. Und, als echte Märkerin, gehe ich im Herbst natürlich auch ausnehmend gern in die Pilze.

Denke ich an den Brandenburger Wald, fallen mir leider auch die unerbittlichen Folgen des Klimawandels ein. Stichworte: Trockenheit, Waldbrände, Insektenplagen.



Umso wichtiger ist es, dass in Eberswalde an der Zukunft eines gesunden Waldes geforscht wird, der in der Lage ist, dem Klimawandel zu trotzen.

Dazu gehören u.a. folgende Schwerpunktthemen:

- Erkenntnisse zur Anpassung verschiedener Baumarten an den Klimawandel,
- genetische Untersuchungen an Baumarten,
- die Waldschutzforschung und
- der Waldumbau unter Berücksichtigung verschiedener Risikofaktoren.

Einen starken Partner bei der praxisnahen Forschung hat das Landeskompetenzzentrum in der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde gefunden. Wie es der Name schon verrät – wenn es um Nachhaltigkeit geht, gehört die 1992 gegründete Hochschule zu den Top-Adressen – und wird nicht umsonst Deutschlands grünste Hochschule genannt.

Mit dieser Ausrichtung hat die HNEE ein überregional, sogar international sichtbares Profil entwickelt. Innerhalb des vielfältigen Studienangebotes ist übrigens der Bachelor-Studiengang Forstwirtschaft seit Jahren einer der beliebtesten.

Bereits seit 1998 kooperiert die HNEE mit dem Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde. In Forschung, Lehre und Praxis wird zusammengearbeitet, personelle Synergien werden sowie Einrichtungen und Dienstleistungen gemeinsam genutzt.

Der Klimawandel und seine Folgen für den Wald ist ein Mammutthema, das einen langen Forscheratem braucht.

Obwohl die Forst-Forschung in Brandenburg schon 150 Jahresringe zählt – es ist und bleibt ein sowohl wegweisendes als auch zukunftssträchtiges Thema für Brandenburg – insbesondere die praxisnahe Forschung.

Das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde spielt dabei – auch und vor allem in der Zusammenarbeit mit der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde – eine herausragende Rolle.

Dafür aus vollem Herzen meine Anerkennung und Unterstützung!

**Dr. Manja Schüle**

*Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg*

**Liebe Leserinnen und Leser,**

was sicher nicht mehr sehr viele wissen: Die DDR hatte das Jahr 1830 als Beginn der „forstwissenschaftlichen Arbeit in Eberswalde“ festgelegt und feierte 1980 deren 150. Geburtstag. Demnach ist Eberswalde bereits seit mindestens 191 Jahren eine forstwissenschaftliche Hochburg, die heute mit dem Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) fortgeführt wird. Aber unsere Zeitrechnung beginnt mit der Gründung der „Hauptstation des Forstlichen Versuchswesens“ 1871. Und deshalb feiert Eberswalde 2021 noch einmal ein 150jähriges Jubiläum.

„Auf den Versuch kommt es an“ – so dachten auch sicherlich die Gründer der Hauptstation, allen voran der Forstwissenschaftler Bernhard Engelbert Joseph Danckelmann (1831-1901).

Es hatte sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass es dauerhafter forstlicher Versuchsflächen bedarf, um belastbare Erkenntnisse über das Waldwachstum zu erzielen. Dabei wurde schon damals in sehr langen Zeiträumen gedacht – denn Wald wächst nun einmal über Generationen.

Die Grunderkenntnis, dass vor allem zur Dauerbeobachtung langfristiger Versuchsflächen im Rahmen der Daseinsvorsorge eigenständige Versuchsanstalten notwendig sind, gilt heute genauso wie vor 150 Jahren.

Deshalb wurden solche Flächen rund um Eberswalde herum und im gesamten damaligen Brandenburg-Preußen angelegt.

Die älteste Fläche aus dem Jahr 1878 wurde sicher durch turbulente Zeiten gebracht. Nun ist es unsere Aufgabe, diesen Schatz auch für die Zukunft zu bewahren und weiter zu entwickeln. Heute gehören 681 Versuchsparzellen mit 65 Baumarten in 127 Versuchsreihen zum Bestand des LFE.

Mehr als 300.000 vermessene Bäume auf einer Fläche von rund 125 Hektar bilden den wertvollen Schatz des Eberswalder Forstlichen Versuchswesens. Sie repräsentieren die Vielfalt der Wald- und Forstökosysteme in Brandenburg.

Nicht vergessen werden darf das internationale Ansehen der Eberswalder forstlichen Forschung. So wurde 1892 das IUFRO, der Internationale Verband forstlicher Forschungsinstitute, damals noch unter anderem Namen in Eberswalde gegründet. Der Verband hatte mit Bernhard Danckelmann einen seiner Gründungsväter. So steht schon 2022 das nächste Jubiläum an, der 130. Geburtstag des IUFRO.

Das LFE ist für die forstliche Forschung unerlässlich. Auch mit Blick auf die neue Struktur der Landesforstverwaltung, bleibt es dabei: Das Landeskompetenzzentrum Forst wird weiterhin einen wichtigen und gestärkten Platz einnehmen. Im aktuellen Koalitionsvertrag haben wir festgeschrieben, dass die praxisnahe forstliche Forschung zu intensivieren



ist, um die Anforderungen des Klimawandels und die dadurch zusätzlich entstehenden Aufgaben zu erfüllen.

Leider sind dafür notwendige Ressourcen endlich. Das gilt nicht nur für Finanzmittel, sondern auch für das Personal. Trotzdem soll gerade der Bereich des Wissenstransfers personell gestärkt werden. Wissenschaft und Forschung ist nicht nur etwas für den Elfenbeinturm. Sie muss raus auf die Fläche, hin zu den Waldbesitzern und den Försterinnen und Förstern.

Für die zukünftige Waldbewirtschaftung in Brandenburg ist und bleibt das LFE, zur Erarbeitung wissenschaftlich basierter Lösungsansätze, eine zentrale Institution.

Aus diesem Grunde soll das LFE auch mit der Neustrukturierung der Forstverwaltung zukunftsorientiert aufgestellt werden, um diese entscheidenden Beiträge zur Erhaltung und Bewirtschaftung des Waldes langfristig leisten zu können.

Lassen Sie mich meine Ausführungen mit einem Satz von Bertold Brecht beenden: „Aber rühmen wir nicht nur den Weisen, dessen Name auf dem Büchlein prangt!“

Ich danke allen ehemaligen, heutigen und künftigen Mitarbeitenden des Brandenburger Forstlichen Versuchswesens. Ihr Forscherdrang erweist sich bis heute als unverzichtbare Erkenntnisquelle für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung.

**Axel Vogel**

*Minister für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg*

# Waldforschung in Eberswalde – Gestern, heute und in Zukunft oder Die Krise als Chance

Michael Egidius Luthardt

150 Jahre Waldforschung in Eberswalde – der Blick geht nach Vorne. Doch keine Zukunft ohne Vergangenheit - und auf diese soll hier kurz eingegangen werden. Nicht zuletzt, weil es viele Parallelen ins Heute und Morgen gibt.

Das gesellschaftliche Umfeld und der damit im Zusammenhang stehende Zustand des Waldes in Mitteleuropa war zum Ausgang des Mittelalters und des Übergangs zur Renaissance in keiner guten Verfassung. Der Nutzungsdruck und die Nachfrage nach Holz war sehr groß, wobei besonders die Verwendung als Feuer- und Grubenholz eine wichtige Rolle spielte. Die Bevölkerung auf dem Gebiet des Heiligen Römischen Reiches Deutscher Nation stieg nach den verheerenden Auswirkungen des Dreißigjährigen Krieges innerhalb von 20 Jahren sehr schnell an (von ca. 12 Millionen auf 21 Millionen) und auch die Konzentration in den Städten nahm zu. Andererseits erblühte der Erzabbau, besonders in den Mittelgebirgen wie Harz und Erzgebirge. Das große „Berggeschrei“ zog tausende Bergleute und Knapen in diese Regionen. Damit verbunden waren großflächige Abholzungen, besonders für Grubenholz. Aber auch Köhlereien und Glashütten ließen die Waldbestände im wahrsten Sinne des Wortes schmelzen. Vieheintrieb und Hutung (Waldweide) taten das Übrige.

Wie aus der Abbildung 1 aus einem Lehrbuch des Freiburger Mineralogen GEORGIUS AGRICOLA (1494 bis 1555) ersichtlich ist, war von geschlossenen Wäldern in Folge des Bergbaus kaum noch etwas übriggeblieben. Auch ein Kupferstich aus der Zeit der Renaissance zeigt ein völlig anderes Bild vom Wald als das wir heute kennen (Abb. 2). Verschiedene Nutzungen, besonders die Hutung, ließen eine parkähnliche Landschaft mit wenigen alten Bäumen entstehen.

In Folge der sogenannten kleinen Eiszeit in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts kam es zu einer immer stärkeren

Holznot. Besonders in den Städten herrschte großer Mangel an Brennholz. In den ländlichen Gebieten war dies nicht so extrem, da hier immer eine ortsnahe Versorgung vorhanden war. Darum zweifeln Historiker eine wirkliche Holznot auch an. Wie dem auch sei – die Wälder waren devastiert und es musste etwas getan werden. Dies war die Geburtsstunde des Begriffes der Nachhaltigkeit, welcher in bezeichnender Weise vom sächsischen Oberbergrat HANS CARL VON CARLOWITZ 1713 geprägt wurde. Das Prinzip war einfach, aber genial – die Ressource Holz sollte nur in dem Maße genutzt werden, wie sie auch wieder nachwächst. Doch da es mit dem natürlichen Nachwuchs schlecht bestellt war, musste man pflanzen. Wie, wo, wann und mit welchen Baumarten man dies tun sollte, musste gelehrt werden. Da die Förster bzw. Forstaufseher zu dieser Zeit eher „für den Zweck der Jagd mit Bäumen umstandene Reserveoffiziere“ waren, tat dies Not.

So wurden im deutschsprachigen Raum die ersten privaten und staatlichen Forstschulen gegründet. Beispielsweise die von HEINRICH COTTA 1795 in Zillbach (Rhön). COTTA war von Hause aus eigentlich Mathematiker und Vermesser, aber dem Wald durch sein Elternhaus sehr verbunden. Er war ein sehr guter Lehrer und so folgte er dem Ruf nach Sachsen, wo er in Tharandt Anfang des 19. Jahrhunderts die Königlich-Sächsische Forstakademie gründete. In Preußen geschah dieses 1830 durch FRIEDRICH WILHELM LEOPOLD PFEIL in Eberswalde.

Und aus der Lehre entwickelte sich die Forstwissenschaft, welche als Begriff in dieser Zeit nach und nach publik wurde. Anfangs war diese noch stark von der Landwirtschaft geprägt – der Begriff „Holzacker“ steht dafür. Schon bald merkte man, dass sich nur an geeigneten Waldbeständen wissenschaftliche Erkenntnisse gewinnen lassen. Auch hier wurde von der Landwirtschaft das Versuchsflächenwesen



Abb. 1: Folgen des Erzabbaus in Sachsen im ausgehenden Mittelalter



Abb. 2: Holzgewinnung in Stadtnähe um 1700

abgeschaut und nach und nach ein Netz von solchen Flächen angelegt. Die Versuchsanstellungen dienten damals vorrangig der Klärung von Fragen zur Wahl der Baumarten und deren Provenienzen auf entsprechenden Standorten und deren zu erbringenden Holzertrag. Um diese aber kontinuierlich zu betreuen und zu beproben, braucht es eine Einrichtung – eine Versuchsanstalt. Diese Forderung machte zum ersten Mal der publizistische umtriebige hessische Forstmann GEORG WILHELM VON WEDEKIND auf. Er hatte an der Forstakademie in Dreißigacker bei Meiningen studiert.

All dies führte zu einem sogenannten „Weck- und Mahnruf“ verschiedener Forstwissenschaftler im Jahre 1867. Dieser wendete sich an die Politik mit der Aufforderung, in den deutschen Ländern Preußen, Bayern und Österreich forstliche Versuchsanstalten zu errichten. In Preußen tat sich hierbei besonders der Direktor der Höheren Forstlehranstalt in Eberswalde BERNHARD DANCKELMANN hervor. Er sprach sich von Anfang an für eine Anbindung der Versuchsanstalt an die Forstakademie aus.

Einen Verbündeten fand er in dem Leiter der Preußischen Staatsforstverwaltung OTTO VON HAGEN, welcher – wohl gemerkt – im Finanzministerium tätig war. Er soll an dieser Stelle besonders gewürdigt werden, denn was nutzen alle Ideen ohne die notwendige finanzielle Unterstützung. Aber auch so war VON HAGEN ein sehr weitsichtiger Mensch. Von ihm stammt das Zitat „daß der Wald nicht nur Wirtschaftskapital und Holzacker sein darf, sondern auch dem Gemeinwohl zu dienen hat.“ Um den Aufbau einer Versuchsanstalt voran zu treiben und sie bei seinen Vorgesetzten zu begründen, brachte er folgenden bekannten Ausspruch zu Papier: „Im Gebiet der Waldwirtschaft hat bald die spekulative Theorie, bald die einseitige Erfahrung das Übergewicht



Abb. 3: Otto von Hagen (1817–1880)



Abb. 4: Forstakademie in Neustadt-Eberswalde im 19. Jahrhundert



Abb. 5: Bau des Hauptgebäudes des damaligen Instituts für Forstwissenschaften Anfang der 1950er Jahre

für die Normierung der wirtschaftlichen Tätigkeit...“. Diesen Ausspruch kann man sehr gut in das Heute übertragen. Er macht die Bedeutung einer seriösen Wissenschaft, welche sich auf langjährige Messreihen berufen kann, deutlich.

Auch im parlamentarischen Raum tat sich etwas. Anfang 1871 bezog der bekannte Arzt und Mitglied des preußischen Abgeordnetenhauses RUDOLF VIRCHOW Stellung und befürwortete die Errichtung einer Versuchsstation. Damit war der Weg frei, dass in den Landeshaushalt 1871 die entsprechenden Mittel eingestellt wurden. Stolze 5.900 Taler wurden geplant, das sind nach Umrechnung etwa 200.000 €. Ein kleiner Teil des heutigen Budgets des Landeskompetenz-zentrums Forst Eberswalde. Schließlich wurde am 12. April 1871 das Personal für die neue „Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preußen“ in Eberswalde und am 12. Oktober des gleichen Jahres BERNHARD DANCKELMANN zu deren ersten Direktor berufen. Rasch wurde in Preußen ein Netz forstlicher Versuchsflächen errichtet, von welchen noch einige aktuell betrieben werden. Die Versuchsstation selbst wuchs, wurde aber auch mehrfach umstrukturiert und nach 1945 zum Institut für Forstwissenschaften als Forschungszentrum für die gesamte DDR. Auch in dieser Zeit wurden wissenschaftlich hervorragende Leistungen erbracht, wenn auch unter schwierigen Bedingungen und so gut wie ohne internationalen wissenschaftlichen Austausch. Beim Bau des Institutsgebäudes wurde aber Anfang der 1950er Jahre, kurz nach dem 2. Weltkrieg, nicht gespart. Davon zeugt



Abb. 7: Folgen des Klimawandels – großflächige Waldbrände im Süden Brandenburgs 2018



Abb. 9: Besucherandrang am Weltnaturerbe Buchenwald Grumsin im Herbst 2020

das heute unter Denkmalschutz stehende Dienstgebäude. Nach 1990 kam es mit der Gründung der Hochschule und anderer Institutionen zu einer Aufteilung von Personal und Kapazitäten. Viele Mitarbeitende blieben jedoch nur der Weg in Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen. Aber die Örtlichkeit blieb erhalten – der heutige Waldcampus.

Aus der Krise der Waldwirtschaft vor mehr als 200 Jahren ist 1871 also ein Fortschritt geworden. Der einst devastierte Wald konnte auf wissenschaftlicher Grundlage wieder aufgebaut werden. Dies wäre aber nicht möglich gewesen ohne das ständige Drängen namhafter Persönlichkeiten. Dies kann auch heute nicht verkehrt sein, jedoch haben wir es mit einer vielschichtigen Meinung und Einflussnahme der Öffentlichkeit auf die Politik zu tun, wie das vor 150 Jahren sicherlich nicht der Fall war. Doch auch hier stehen die Zeichen nicht so schlecht – wir hatten so ein großes Interesse der Öffentlichkeit an dem Thema Wald seit den 1980er Jahren im Zuge der Waldschadensdiskussion nicht mehr. Dieses muss genutzt werden!

Vor welchen Herausforderungen stehen wir heute? Es ist sicherlich nicht verkehrt von der 3. großen Waldkrise zu sprechen. Nach der sogenannten Holznot im ausgehenden Mittelalter und der Waldsterbensdebatte in den 1980er Jahren. Längst ist der Klimawandel in unseren Wäldern sichtbar, besonders hier in Brandenburg. Der Dürreindex (der gemessene Wasseranteil im Boden in 1,5 Metern Tiefe) macht dies

besonders für Brandenburg und Teile von Sachsen-Anhalt und Sachsen deutlich. Besonders die Dürrejahre von 2018 bis 2020 haben ihre Spuren hinterlassen und die Folgen werden sich auch in den nächsten Jahren noch zeigen. Bleibt dem Wald noch Zeit für eine Erholung?

Die Medien sind voll mit entsprechenden Informationen, die Politik versucht hektisch zu reagieren. Schnell ausgereichte Gelder können zwar den Waldbesitzenden helfen, doch auf lange Sicht müssen andere Instrumente her. Und – die Wissenschaft muss verlässliche Zahlen und Lösungsansätze offerieren.

Doch nicht nur die Klimaveränderung wirken auf unsere Wälder. Immer stärker steigt die Nachfrage nach dem Rohstoff Holz; der Nutzungsdruck auch auf noch unberührte Wälder wird größer. Und auf der anderen Seite wird der Ruf nach immer mehr Waldflächen ohne Bewirtschaftung stärker. Das bedeutet, dass letztendlich immer mehr Holz auf immer weniger Flächen bereitgestellt werden muss, was einer Plantagenwirtschaft nahe kommt. Ist das unser Ziel? Segregieren statt integrieren? Der schleichende Abschied vom multifunktionalen Wald – so es ihn wirklich gab.

Auch die immer stärkere Freizeitnutzung in den Wäldern hinterlässt Spuren. Besonders während der Pandemie gab es einen bisher nicht gekannten Druck auf die Wälder als Zufluchtsort. Die Abbildung 9 zeigt den Ansturm auf das UNESCO-Weltnaturerbe Buchenwald Grumsin im Herbst 2020.

Immer mehr Menschen, die keinen direkten forstlichen Hintergrund haben, mischen sich in die Diskussion um den Wald ein. Oft werden subjektive Empfindungen und Halbwissen aus dem Internet als das Bestimmende in die Öffent-

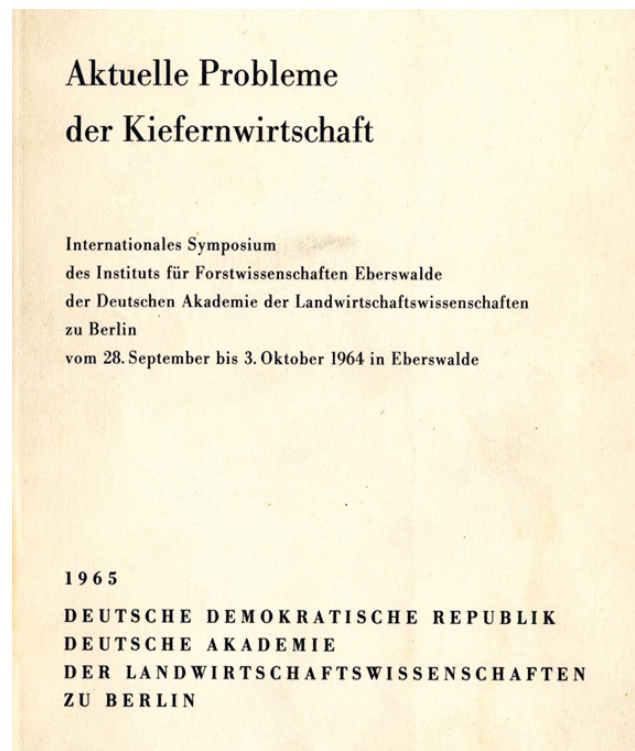


Abb. 6: Publikation des Instituts für Forstwissenschaften Eberswalde (IFE)

lichkeit lanciert. Abendfüllende Kinofilme erzählen von einem Wald, dessen Pflanzen und Tiere fühlen und empfinden. Und miteinander reden.

Vielleicht brauchen wir einen neuen Weckruf. Es gibt viele seriöse Waldwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler – fragt sie! Am Beispiel der Corona-Krise zeigte sich, wie wichtige diese zur Meinungsbildung sind. Auf einmal saßen Expertinnen und Experten – nicht die Selbsternannten – in Talkshows und Bundespressekonferenzen. Diese Rolle müssen auch wir Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für den Wald spielen. Wir müssen die Meinungsführerschaft zurückgewinnen – im Dialog von allen Interessensgruppen der Gesellschaft. Und es muss uns noch besser gelingen, unser Wissen in einer verständlichen Form an die Frau und an den Mann zu bringen. Warum sollte es uns nicht zustehen die Moderatorenrolle in dem Walddiskurs auszuüben?

Dies hat aber nur einen Sinn und ein gesichertes Fundament, wenn weiterhin eine seriöse Waldforschung gesichert ist. Nur mit gemessenen Daten lässt sich überzeugen. Und die Waldforschung als ein auf Generationen angelegtes Programm darf nicht in die Abhängigkeiten von Haushaltszwängen geraten. Nur eine gesicherte budgetfinanzierte Forschung und das dazu gehörende Monitoring kann die Lösung sein. Und als Sahnehäubchen die sogenannte Drittmittelforschung, mit welcher spezielle Themen mit kurzfristigeren Fragestellungen bearbeitet werden können. So kann aus dieser Krise wieder eine Chance werden.

Das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde als direkter Erbfolger der Preußischen Forstlichen Versuchsstation muss und kann so eine Zukunft haben - wenn es sich diesen neuen Herausforderungen stellt und von der Öffentlichkeit und der Politik unterstützt wird - modern, zukunftsfähig und traditionsbewusst.

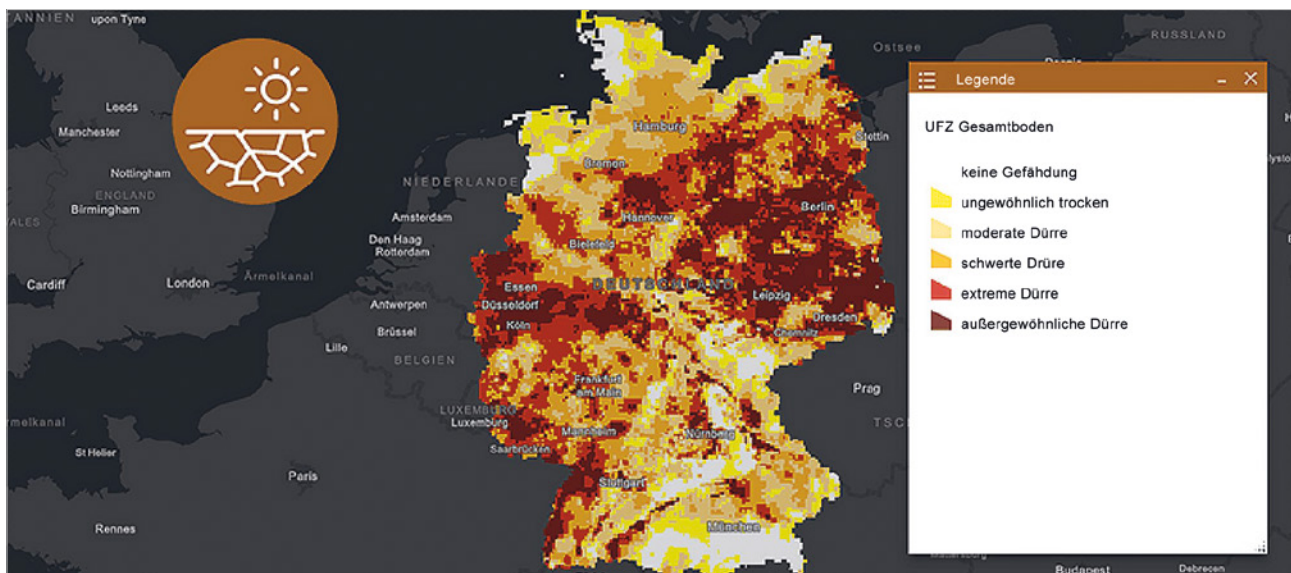


Abb. 8: Dürreindex für August 2020 vom Umweltforschungszentrum Leipzig (UFZ)

# Exoten wieder im Fokus – Erkenntnisse zu seltenen und nicht-heimischen Baumarten von langfristigen Versuchsflächen

JENS SCHRÖDER, STEFAN PANKA, ANNETT DEGENHARDT

*„Der Wald ist ein von der Vorzeit überkommenes Fideikommiß, dessen Wert nicht allein in den unmittelbaren Erträgen an Holz, sondern wesentlich auch in dem Nutzen besteht, den er mittelbar durch seinen Einfluß auf Klima, Witterung, Schutz, Bodenerhaltung etc. der Landeskultur bringt. Der Wald hat Bedeutung nicht für die Gegenwart allein, und nicht für den Eigenthümer allein, er hat Bedeutung auch für die Zukunft und für die Gesamtheit der Bevölkerung.“*

HAGEN (1867)

## 1 Einführung

Ein „Exot“ ist laut Duden eine „Person, Tier, Pflanze aus einem fernen (besonders überseeischen, tropischen) Land“, das lateinische „exoticus“ steht für „auswärtig, fremd, fremdländisch“<sup>1</sup>. Der Titel dieses Beitrags bezieht sich auf die Fremdheit als verbindende Eigenschaft von Baumarten, die in den heimischen Wäldern aus verschiedenen Gründen selten bzw. noch nicht – oder nicht mehr – vertreten sind. Die geografische Verortung des aktuellen Lebensraums der Baumarten steht bei ihrer Klassifizierung als „Exoten“ hier also weniger im Vordergrund als die „Ungewöhnlichkeit“ und Seltenheit ihrer bisherigen Präsenz in der Waldbewirtschaftung in Brandenburg.

Eine Unterkategorie der Exoten bilden die nichtheimischen oder auch Gastbaumarten. Zur Abgrenzung von heimischen Arten wird in der Regel herangezogen, ob die Art bereits vor dem Beginn der europäischen Eroberung Amerikas 1492 in Mitteleuropa vorkam („Archäophyten“) oder erst danach eingeführt wurde („Neophyten“; SCHÖLCH 2013) und damit als nichtheimisch gilt. Die anwendungsorientierte Forstwissenschaft hat in der Vergangenheit alternativ zu „nichtheimischen Arten“ häufig die Begriffe „Gastbaumarten“, „Fremdländer“ und „ausländische Baumarten“ benutzt, allgemein wird auch von „eingeführten“ Arten gesprochen (z. B. MLUR 2002, ALBRECHT und DE AVILA 2019).

Obwohl der Anbau nichtheimischer Baumarten seit langem Gegenstand der Forstwissenschaft und des Versuchswesens ist (SCHWAPPACH 1891), haben sich die forstpolitischen Diskussionen um dieses Thema und die praktische Beschäftigung mit den entsprechenden Arten in den vergangenen 10-20 Jahren noch einmal deutlich verstärkt. Die Gründe dafür liegen darin, ob es angesichts schneller, gerichteter Umweltveränderungen für viele Regionen nicht nur in Deutschland immer unsicherer wird, dass die Waldökosysteme ihre Leistungen für die menschliche Gesellschaft zukünftig verlässlich erbringen können (HANEWINKEL et al. 2012, HENTSCHEL 2019).

Eine Möglichkeit, die negativen Folgen des Klimawandels zu begrenzen, sind vielfältiger gemischte und reich strukturierte Wälder mit standortangepassten Baumarten, die außerdem ein hohes Potenzial zur Resilienz gegenüber Witterungsextremen und klimatischen Verschiebungen aufweisen (SPELLMANN et al. 2011, KEENAN 2015). Die vielfältigen positiven Wirkungen von Waldökosystemen für die Gesellschaft ge-

rade im Klimawandel sind bei allen Meinungsverschiedenheiten über die Wege, sie zu erreichen, unstrittig (DIETER 2017, BOLTE et al 2021).

Die gewaltigen Schäden und Totalverluste von Wäldern nicht nur in Deutschland in den letzten Jahren belegen eindrucksvoll, dass sich der Aufbau resilienterer, multifunktionaler Wälder nicht auf die traditionellen forstlichen Hauptbaumarten allein stützen kann. Der Druck, schnell und für möglichst große Flächen waldbauliche Alternativen zu entwickeln, ist schon heute enorm und wird zukünftig noch zunehmen. Auf der Suche nach anderen Optionen richtet sich der Blick deshalb zwangsläufig auch auf die „Exoten“. Die praxisorientierte wissenschaftliche Auseinandersetzung mit diesen Arten hat jedoch trotz einer langen Geschichte einige Fragen noch nicht befriedigend beantworten können (LIESEBACH et al. 2021). Dies gilt – bei aktuell zunehmender Aufmerksamkeit (LÖFFLER et al. 2020) – auch für die seltenen heimischen Arten. Der folgende Beitrag soll trotzdem zusammenfassend auf die Geschichte der Beschäftigung des forstlichen Versuchswesens vor allem mit nichtheimischen Baumarten zurückblicken. Zusätzlich stellt er die am Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) verfolgten Ansätze zu wissenschaftlichen bzw. Praxisversuchen mit „Exoten“ insgesamt und zu Möglichkeiten ihrer Integration in waldbauliche Planungen dar.

## 2 Die „Fremdländerforschung“ in Eberswalde

Die ersten forstlichen Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten unternahm man in den deutschen Ländern schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts. Da sie meist unkoordiniert und überwiegend mit ungeeigneten Herkunftsorten aus Nordost-Amerika erfolgten, erbrachten diese Versuche bis auf wenige Ausnahmen keine nennenswerten Ergebnisse. Erst im darauffolgenden Jahrhundert, nach entscheidenden Fortschritten in den Forstwissenschaften und durch die Entdeckung der für unsere klimatischen Wachstumsbedingungen besser angepassten nordwestamerikanischen Baumarten, wurden wieder Anstrengungen unternommen, die Dendroflora der europäischen Wälder durch nichtheimische Arten anzureichern. So erhielten nach der Gründung Deutschlands 1871 die bereits in mehreren deutschen Ländern entstandenen forstlichen Versuchsanstalten den Auftrag, planmäßig die Anbauwürdigkeit neuer ausländischer Baumarten zu prüfen.

Die Forschung zu ausländischen Baumarten in Eberswalde lässt sich in drei wichtige Abschnitte bzw. Phasen einteilen:

- Initiierungsphase mit der Begründung von über 1.300 Beständen mit fremdländischen Baumarten in ganz Deutschland,
- Untersuchung von Provenienzfragen,
- Prüfung der waldbaulichen Behandlung und der ökologischen Eigenschaften der für anbauwürdig befundenen Baumarten.

1 <https://de.wikipedia.org/wiki/Exotisch>, 06.07.21

## 2.1 Die Initiierungsphase (Ertragsversuche)

Der Anbau fremdländischer Baumarten ist eng mit dem englischen Saatguthändler John Richmond Booth (BOOTH 1903, ANSORGE 1920) verbunden. Nachdem 1831 sein Vater, James Booth, ihm aus Schottland die ersten Douglasienpflanzen zugesandt hatte, führte er in seinen Baumschulen in Klein Flottbek bei Hamburg diese Baumart zum ersten Mal ein. Booth war von der in Europa noch unbekannten Spezies so fasziniert, dass er schon bald zu ihrem größten Fürsprecher in Deutschland wurde. Die persönliche Freundschaft seines Sohnes – John Cornelius Booth – mit Otto von Bismarck, dem damaligen Kanzler Preußens und später auch Deutschlands, führte dazu, dass auch dieser sich für die Douglasie zu interessieren begann (MÖHRING 1949). Unter dem Einfluss des Kanzlers wies der damalige Preußische Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, Robert Lucius von Ballhausen, am 15.06.1880 den Direktor der Forstakademie in Eberswalde, Bernhard Danckelmann (Abb. 1), der gleichzeitig die von ihm am 12.04.1871 gegründete Preußische Forstliche Versuchsanstalt in Eberswalde leitete (heute Landeskompentenzentrum Forst Eberswalde), an, in den Forschungen auch fremdländische Holzarten zu berücksichtigen (SCHWAPPACH 1891a, MILNIK 1999). In diesem Zusammenhang erarbeitete Danckelmann seinen ersten Arbeitsplan, der am 10.08.1881 durch den Verband Deutscher Versuchsanstalten bewilligt wurde (DANCKELMANN 1884, SCHWAPPACH 1891a). Noch im gleichen Jahr wurden die ersten Gelder bereitgestellt. Für diese anfangs auf 90 Oberförstereien begrenzte Maßnahme sollten bis 1890 insgesamt 400.000 Mark fließen (SCHWAPPACH 1891a, 1904). Mit der Beschaffung des Saatguts wurde J. Booth beauftragt.

Die intensive Beteiligung von J. Booth an der Beschaffung des Ausgangsmaterials für die Versuchsanbauten im Deutschen Reich ist ein typisches Beispiel für die große Bedeutung persönlicher Beziehungen in der sich entwickelnden, mit anderen Kontinenten in Kontakt tretenden Forstwissen-

schaft dieser Zeit. Saatgut wurde per „Packet-Schiff“ verschickt, umfangreiche Korrespondenzen und private Kontakte waren unerlässlich, um überhaupt das begehrte Vermehrungsmaterial nach Deutschland zu bekommen (Abb. 4). Die japanischen Baumarten, die seit Mitte der 1880er Jahre die nordwestamerikanischen Arten ergänzten (LUERSSSEN 1886), konnten zum Beispiel nur deshalb beschafft werden, weil mit Hasama Matzuno ein hochrangiger Beamter der kaiserlichen Verwaltung in Japan an der Forstakademie in Eberswalde ausgebildet worden war und dadurch ein „direkter Draht“ in dieses Land genutzt werden konnte (s. Poster von I. Höhne am Ende dieser Schriftenreihe).

In den ersten Jahren leitete Danckelmann persönlich die Realisierung der umfangreichen Vorhaben und führte hauptsächlich nordamerikanische Baumarten ein. 1883 bekam er mit der Besetzung der Oberförsterstelle in Freienwalde durch Forstmeister Boden (Abb. 2) eine fachliche Unterstützung vor Ort. Boden konnte bis dahin einige Jahre lang unter Oberforstmeister Mortzfeldt in dem damaligen Regierungsbezirk Posen zahlreiche Erfahrungen mit dem Anbau von ausländischen Baumarten in der von ihm geleiteten Oberförsterei Grünheide sammeln und wurde damit für Danckelmann zu einem der wertvollsten und fleißigsten Unterstützer (MILNIK 2004). Das von ihm vorgeschlagene Begründungsverfahren, mittels Mortzfeldt'scher Löcher möglichst viele Standorte mit den neuen Baumarten durchzutesten, wurde später auch von Schwappach übernommen (BODEN 1923, 1924).

Adam Schwappach übernahm die Leitung der Arbeiten in Eberswalde 1886. Er kam als junger Professor aus Gießen, wo er an der dortigen Universität seit 1881 als zweiter Lehrer der Forstwissenschaften unterrichtet hatte und nun, von Danckelmann geworben, den Wechsel nach Eberswalde wagte. Unter Schwappach wurden bis ca. 1910 fast 50 in der Mehrheit nordamerikanische und japanische Nadel- und Laubbaumarten auf über 1.300 Flächen, meistens 0,1 bis



Abb. 1: Bernhard Danckelmann, 1831-1901 (Foto: Nachruf aus ZFJW 1901)



Abb. 2: Walter Boden, 1847-1930 (Foto: ZFJW 1912, Ausschnitt)



Abb. 3: Adam Schwappach, 1851-1932 (Foto: C. F. Habermann, Eberswalde, Archiv C. Rieger, Bochum)

*Gehorsamst  
John Booth*

Abb. 4: „Gehorsamst John Booth“ – Kopie der Original-Unterschrift von J. Booth aus einem Schreiben an die Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde, 15.01.1888 (Quelle: Archiv LFE)

0,15 ha, begründet (LUERSEN 1886, SCHWAPPACH 1891a, 1891b, 1896). Damit war im Wesentlichen die Anlage-Periode abgeschlossen (SCHWAPPACH 1891a). Die in dieser Initiierungsphase in unterschiedlichsten standörtlich und klimatisch bedingten Wuchslagen begründeten Versuchsbestände waren Einzelobjekte, die, zwar noch ohne Baumnummeration und exakt festgehaltene Arealgröße, den Charakter eines Ertragsversuches aufwiesen. Die Berichte von SCHWAPPACH (1901, 1911) stützten sich im Wesentlichen auf zwei Erhebungen aus den Jahren 1900 und 1910, die durch die Praxis in dem von Schwappach vorgeschriebenen Stichprobeverfahren durchgeführt und in einem Meldeformular (Abb. 5) festgehalten wurden. Im Rahmen der dritten Erhebung, die auf Veranlassung von Wiedemann in den 30er Jahren stattfand und durch PENSCHUCK (1935, 1937) bzw. KANZOW (1937) bearbeitet und publiziert wurde, sind einige wenige Versuchsbestände als langfristige Ertragsversuche in den regulären Aufnahmeformen des Eberswalder

Versuchsflächennetzes übernommen worden. Erst unter der Leitung Ertelds wurden in den 50er Jahren in Eberswalde fast sämtliche „Ausländerhorste“ nach der Bewertung durch LEMBCKE (1959, 1973), nach exakter Vermessung und mit nummerierten Stämmen in das System der Eberswalder langfristigen Versuchsflächen übernommen. Auf das Datenmaterial dieser Versuchsanlagen gestützt, wurde in den Folgejahren aus Eberswalde über die weitere Entwicklung der durch Schwappach eingeführten „Exoten“ berichtet (FLÖHR 1956, 1958; GÖHRE 1958; WAGENKNECHT 1958; LOCKOW 2001a, 2001b, 2001c, 2002, 2004, 2007, 2015; PANKA 2014, 2016).

## 2.2 Klärung der Herkunftsfrage durch Provenienzversuche

Schon sehr bald nach der Einführung der ersten fremdländischen Baumarten erkannte man die Bedeutung ihrer Herkunft. Zur Klärung der Provenienzfrage waren entsprechende Versuche erforderlich. Der erste dieser Art in Eberswalde ist der 1910 durch Schwappach begründete Douglasienprovenienzversuch CHORIN 90, in dem 21 Herkünfte aller drei Douglasienvarietäten geprüft werden: *glauca* (Inlandsform), *caesia* (Übergangsform) und *viridis* (Küstenform) (KANZOW 1936). Ein weiterer Provenienzversuch mit Douglasie wurde in Eberswalde 1930 durch Wiedemann (Abb. 6) (FREIENWALDE 171) angelegt (ERTELD 1948, DITTMAR 1954, FLÖHR 1954).

1961 nahm Eberswalde an einem durch Prof. Schober aus Göttingen initiierten großen internationalen Provenienzversuch teil (SCHÖBER et al. 1983, 1984). So wurden allein im Frühjahr 1961 unter Erteld (Abb. 7) und Dittmar (Abb. 8) quer durch die DDR sechs Versuchsreihen (vier im Pleis-

Oberförsterei *Meissner* Regierungsbezirk *Cassel* Holzart *Alte Douglasie* Jahr der Erhebung 1910

| Distrikt (Abteilung) | Höhe über dem Meere (m) | Boden                    |             |            |              |                                 | Freistand Schirmschlag oder Löcherhieb etc. | Größe der kultivierten Fläche (ha) | Alter der Pflanzen (Jahre) | Begründung | Der Kultur |             |                                             | Bemerkenswerte Erfahrungen betreffend das Verhalten gegen Licht, Witterung, Beschädigungen durch Tiere, Pilze etc. |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------|------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------|------------|-------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      |                         | Bestandteil Grundgestein | Gründigkeit | Bindigkeit | Feuchtigkeit | Bodenklasse für Bu. El. Kl. Fl. |                                             |                                    |                            |            | Höhe       | Durchmesser | Wachstumsbeschaffenheit evtl. ob aufzugeben |                                                                                                                    |
| 1                    | 2                       | 3                        | 4           | 5          | 6            | 7                               | 8                                           | 9                                  | 10                         | 11         | 12         | 13          | 14                                          | 15                                                                                                                 |
| 135                  | 625                     | Lupf                     | st          | L          | fr.          | fr.                             | fr.                                         | 1,03                               | 24                         | 1894       | 12         | 14          | 26                                          | yümpig                                                                                                             |
| 21                   | 600                     | "                        | "           | "          | "            | "                               | "                                           | 1,03                               | 20                         | "          | 7          | 9,5         | 15                                          | "                                                                                                                  |
| 26                   | 600                     | "                        | "           | "          | "            | "                               | "                                           | 1,03                               | 24                         | "          | 8          | 13,5        | 29                                          | "                                                                                                                  |
| 63                   | 720                     | "                        | "           | "          | "            | "                               | "                                           | 1,03                               | 20                         | "          | 8          | 8           | 8                                           | "                                                                                                                  |

*Handwritten notes:*  
 Auffassung von Fünftippen  
 Der 63. ist aus einem 20-jährigen 10 J. F. in Tiffen neu gepflanzt. Einige sind wegen mit wechsellagernden Fünftippen. Es sind eine Douglasie, die in der Kimmung aufsteht, haben sie die Kimmung nicht erhalten, gelassen und abgenommen sind sie eingepflanzt, während die Tiffen für sich selbst gerumelt, 27. September 1910  
 J. R. 521  
 v. B. Schwegel

*Stamps:*  
 Königl. Forstakademie Eberswalde  
 Eing. am 25. 9. 1910  
 1615/10

*Signatures:*  
 Herrm. Prof. R. K. K.  
 Prof. Dr. Schwappach

*Bottom text:*  
 an die Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde

Abb. 5: Meldebogen der Oberförsterei Meissner von 1910 mit den Erhebungsdaten der Anbauversuche mit Douglasie.

tozän (Greifswald, Parchim, Chorin, Nedlitz) und zwei im Berg- und Hügelland (Schleiz, Kranichfeld)) mit jeweils 26 Douglasienprovenienzen in dreifacher Wiederholung begründet (SCHULSEN 1969, DITTMAR et al. 1985, 1987a, 1987b; PANKA 2000, 2018). Ebenfalls unter Erteld wurde 1957 die Versuchsblockanlage CHORIN 192 mit dreifacher Wiederholung mit sechs Herkünften der Japanischen Lärche (*Larix kaempferi*) eingerichtet (DITTMAR 1961).

### 2.3 Prüfung der waldbaulichen Behandlung: Durchforstungsversuche

Nach der Prüfung der Anbauwürdigkeit und Klärung der Provenienzfrage musste als nächster Schritt die Herausarbeitung der richtigen waldbaulichen Behandlung der in die engere Auswahl gekommenen Baumarten folgen. So wurden durch Lembcke (Abb. 9) und Niefnecker (Abb. 10) bereits in den 60er und 80er Jahren des 20. Jh. die ersten Durchforstungs- und Unterbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Eberswalde angelegt und später durch Lockow (Abb. 11) um weitere Varianten ergänzt.



Abb. 6: Eilhard Wiedemann, 1891 – 1950 (Foto: Hist. Fundus HNEE)



Abb. 7: Werner Erteld, 1907-1992 (Foto: Hist. Fundus HNEE)



Abb. 8: Otto Dittmar, 1923-2006 (Foto: privat S. Panka)



Abb. 9: Gunter Lembcke, 1928-1988 (Foto: Nachruf aus Beiträge für die Forstwirtschaft 1989)



Abb. 10: Wolfgang Niefnecker, \*1934 (Foto: privat G. Lück)

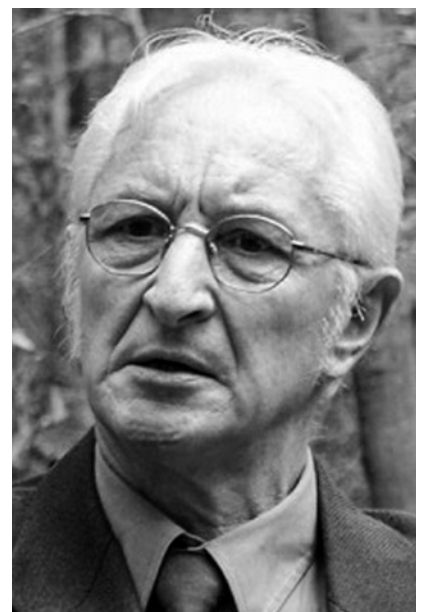


Abb. 11: Karl-Willi Lockow, \*1940 (Foto: privat S. Panka)

Zahlreiche Eberswalder Durchforstungsversuche mit Douglasie, Küsten-Tanne, Riesen-Lebensbaum oder Weymouthskiefer sind bereits aus der Literatur bekannt (LEMBCKE 1966, 1970; NIEFNECKER 1989, 1992; BERGMANN 1994; ENDTMANN 2001, HEINSDORF 2002; PANKA 2013, 2016; NOACK 2007, 2014). Es entstanden auch die ersten Versuchsflächen mit einheimischen Arten in ungleichaltriger Mischung mit geprüften Herkünften fremdländischer Baumarten, wie z. B. Kiefer/Riesen-Lebensbaum (CHORIN

96, BREITEFENN 196, GRANSEE 321), Kiefer/Douglasie (KAHLENBERG 84/4, LIEPE 37) oder Kiefer/Küsten-Tanne (KAHLENBERG 84/3, FREIENWALDE 200/1).

Insgesamt beobachten wir heute auf langfristigen forstwissenschaftlichen Versuchsflächen des LFE 26 nordamerikanische Baumarten, vier ostasiatische und jeweils eine Baumart aus dem Kaukasus, von der Balkanhalbinsel und aus Süd- und West-Europa (s. Tab. 1 und 2).

Tabelle 1.: Nichtheimische Nadelbaumarten, die aktuell in Eberswalde auf langfristigen Versuchsflächen untersucht werden.

| Art (botanisch)                                             | Art (Englisch)      | Herkunft                              |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| <i>Abies amabilis</i> (Dougl.) Forbes                       | Red fir             | Westliches Nordamerika                |
| <i>Abies concolor</i> (Gordon et Glend.) Lindl. ex Hildebr. | Colorado fir        |                                       |
| <i>Abies concolor</i> var. <i>lowiana</i> (Gordon) Lemmon   | White fir           |                                       |
| <i>Abies grandis</i> (Douglas ex D.Don) Lindl.              | Grand fir           |                                       |
| <i>Abies homolepis</i> Siebold et Zucc.                     | Nikko fir           | Japan, Insel Honshu                   |
| <i>Abies nordmaniana</i> (Steven) Spach                     | Caucasian fir       | Westlicher Kaukasus                   |
| <i>Abies procera</i> Rehder                                 | Noble fir           | Pazifikküste, Nordamerika             |
| <i>Abies veitchii</i> Lindl.                                | Veitch fir          | Japan, Insel Hondo                    |
| <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murray) Parl.           | Lawson cypress      | Westliches Nordamerika                |
| <i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold et Zucc.) Endl.      | Sawara cypress      | Japan, Insel Honshu                   |
| <i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière                     | Japanese larch      |                                       |
| <i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière                    | Sitka spruce        | Westliches Nordamerika                |
| <i>Pinus banksiana</i> Lamb.                                | Jack pine           | Nördliches Nordamerika                |
| <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold                               | Austrian pine       | Balkan, Kleinasien                    |
| <i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex Lawson et C. Lawson       | Ponderosa pine      | Nördliches und westliches Nordamerika |
| <i>Pinus rigida</i> Mill.                                   | Northern pitch pine | Östliches Nordamerika                 |
| <i>Pinus strobus</i> L.                                     | White pine          |                                       |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco                 | Douglas fir         | Westliches Nordamerika                |
| <i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don                          | Western red cedar   |                                       |
| <i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg.                      | Western Hemlock     |                                       |

Tabelle 2.: Nichtheimische Laubbaumarten, die aktuell in Eberswalde auf langfristigen Versuchsflächen untersucht werden.

| Art (botanisch)                                                                                     | Art (Englisch)                   | Herkunft                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| <i>Populus trichocarpa</i> Torr. et A.Gray ex Hook. × <i>P. maximowiczii</i> Henry („androskoggin“) | Western balsam poplar × Doronoki | Westliches Nordamerika    |
| <i>Betula alleghaniensis</i> Britton                                                                | Yellow birch                     | Östliches Nordamerika     |
| <i>Carya cordiformis</i> (Wangenh.) K.Koch                                                          | Bitternut                        | Nordamerika               |
| <i>Carya glabra</i> (Mill.) Sweet                                                                   | Sweet pignut                     | Östliches Nordamerika     |
| <i>Carya ovata</i> (Mill.) K.Koch                                                                   | Shagbark hickory                 |                           |
| <i>Carya tomentosa</i> (Poir.) Nutt.                                                                | Mockernut hickory                |                           |
| <i>Quercus rubra</i> L.                                                                             | Red oak                          |                           |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L.                                                                      | Black locust                     |                           |
| <i>Juglans nigra</i> L.                                                                             | Black walnut                     |                           |
| <i>Prunus serotina</i> Ehrh.                                                                        | Black cherry                     |                           |
| <i>Fraxinus americana</i> L.                                                                        | White ash                        | Nordöstliches Nordamerika |
| <i>Betula lenta</i> L.                                                                              | Cherry birch                     |                           |
| <i>Castanea sativa</i> Mill.                                                                        | Sweet chestnut                   | Süd- und Südwesteuropa    |

Der auf die dargestellte Geschichte aufbauende Kenntnisstand in Nordostdeutschland zu nichtheimischen Baumarten, über ihre Wechselwirkungen mit dem Standort, ihre waldbauliche Verwendbarkeit, ihre Wuchsleistungen und mögliche Risiken wurde 2002 in Kooperation zwischen der Landesforstanstalt und der damaligen Fachhochschule Eberswalde in einer Publikation zusammengefasst, die noch heute eine wichtige Referenz darstellt (MLUR 2002). Sie umfasste 16 Laub- und 13 Nadelbaumarten, die sich aus den Versuchen seit Danckelmann und Schwappach als anbauwürdig erwiesen hatten. Zu einzelnen Arten hat es auch danach noch Veröffentlichungen aus Eberswalde gegeben (Lockow 2004, 2007; Lockow und Lockow 2015; Noack 2007, 2014; PANKA 2014, 2016; LÖFFLER et al. 2017; KÄTZEL et al. 2020b). Außerdem weitete sich das Themenspektrum der Analysen nichtheimischer Arten noch einmal aus: Seit den 1990er Jahren geht es vermehrt auch um ihre Beiträge zur Herausforderung des Waldumbaus, für den Erhalt des Ökosystems und die Gewährleistung nichtmonetärer Waldfunktionen. Im Zuge abnehmender Kapazitäten sind die Intensität und die Themenvielfalt der Auseinandersetzung in den letzten zwei Jahrzehnten insgesamt jedoch zwangsläufig spürbar geringer geworden.

### 3 Aktuelle Konzepte auf Bundes- und Landesebene

Auf Ebene des Bundes und in einzelnen Ländern bzw. durch die dort tätigen Ressortforschungseinrichtungen wird dem Thema der „Exoten“ seit einigen Jahren deutlich zunehmende Aufmerksamkeit geschenkt. Das spiegelt sich zum einen in gründlichen Aufbereitungen des aktuellen Kenntnisstands zu nichtheimischen Arten (z. B. ALBRECHT et al. 2017, FVA 2021) und in publizierten Überlegungen zur Integration ausgewählter Baumarten in Strategien zur Anpassung an den Klimawandel (JANSSEN et al. 2019, SPRINGER et al. 2019, StMELF 2019). Außerdem ist mit dem „Thünen Working Paper“ 172 (LIESEBACH et al. 2021) eine Orientierung für bundesweit zu verstärkende Versuchsanbauten und ihre wissenschaftliche Begleitung erschienen, die länderspezifische Untersuchungen bzw. Ableitungen erlaubt.

Der unter anderem in Bayern verfolgte Ansatz zur Ableitung von Handlungs- und Forschungsoptionen zur Klimawandelanpassung in der Forstwirtschaft empfiehlt ein abgestuftes Vorgehen bei der Baumartenwahl (StMELF 2019). Danach besteht der erste Schritt zur Anpassung der Baumartenzusammensetzung im Zuge des Klimawandels in verstärkter Berücksichtigung von modellierten (zukünftigen) Anbau-

risiken. Dadurch verschiebt sich der Fokus von den aktuellen Standortbedingungen zu den zu erwartenden in 50-80 Jahren, wodurch sich die Vorkommen klimatoleranter Arten bzw. Herkünfte räumlich verändern bzw. verlagern („Assisted Population Migration“). Es ändert sich in vielen Fällen die projizierte Baumartenzusammensetzung, in der seltene heimische Arten verstärkt zu beteiligen sind (Schritt 2). Schritt 3 der bayerischen Strategie besteht in der Hinwendung zu alternativen Herkünften der heimischen Arten z. B. aus „Analogklimaten“, d. h. Wuchsgebieten, in denen schon heute die für die heimischen Standorte zukünftig erwarteten Bedingungen herrschen. Der vierte Schritt (wenn die bisherigen Schritte nicht als erfolgsträchtig eingeschätzt werden) besteht im Anbau von nichtheimischen Alternativbaumarten (StMELF 2019).

Das beschriebene Handlungsschema deckt sich im Wesentlichen mit dem für Brandenburg vorgestellten fünfstufigen Konzept zur Klimaanpassung hinsichtlich Baumarten- und Herkunftswahl (KÄTZEL et al. 2019):

- 1) Optimierung der Anpassungspotenziale heimischer Baumarten,
- 2) Erweiterung des Baumartenspektrums mit mehr heimischen Nebenbaumarten,
- 3) Anbauen fremder Herkünfte von heimischen Baumarten,
- 4) verstärkte Integration etablierter fremdländischer Gehölzarten, die über die zweite und dritte Generation unter heimischen Wuchsbedingungen bereits Anpassungsprozesse durchlaufen haben,
- 5) Anbauversuche mit bisher nicht geprüften fremdländischen Baumarten.

Zur Umsetzung dieses Konzept besteht sowohl hinsichtlich der grundsätzlichen Eignung einzelner Arten (Anbauversuche) als auch zur Herkunftsfrage bei bereits näher untersuchten und als anbauwürdig eingestuft Arten (Provenienzversuche) zum Teil noch erheblicher Forschungsbedarf. Dieser muss strukturiert bzw. priorisiert werden, um so schnell wie möglich zu in der Praxis anwendbaren Ergebnissen zu kommen. Für Brandenburg werden dazu die Beurteilungskriterien der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) „Forstliche Genressourcen“ (LIESEBACH et al. 2021) als zielführend angesehen. Demnach bestimmen sich die Dringlichkeit der wissenschaftlichen Befassung und der Einrichtung von Versuchsflächen aus der Befassung mit den in Abb. 12 genannten Aspekten.

Sind die vier Voraussetzungen nach Abb. 12 gegeben, dann legen die Empfehlungen der BLAG eine weitere Befassung nahe: „Baumarten, über die keine oder nur wenige Kenntnisse

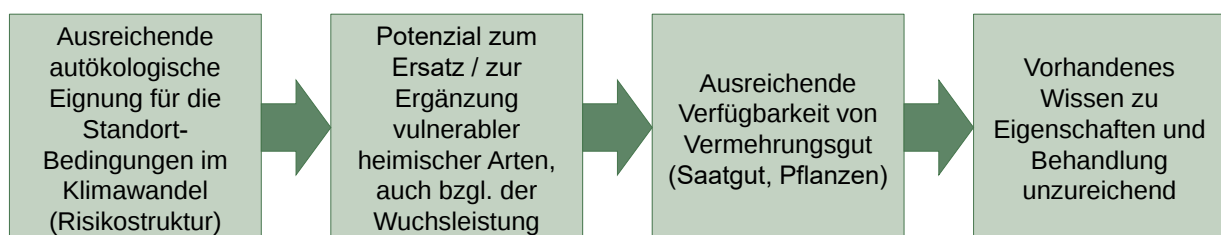


Abb. 12: Entscheidungsbaum für die Identifikation von intensiv zu untersuchenden Alternativbaumarten (nach LIESEBACH et al. 2021).



Abb. 13: Beispiele der für bundesweite Herkunftsversuche vorgeschlagenen Baumarten. Von links: *Abies nordmanniana*, *Corylus colurna* (Fotos: J. Schröder), *Fagus orientalis* (wikipedia.de)

zu den genannten Kriterien vorliegen, und die das Potenzial haben, andere Baumarten zumindest teilweise zu ersetzen oder zu ergänzen“, sind in die Planung bundesweiter Forschungsvorhaben einzubeziehen (LIESEBACH et al. 2021). Im Verlauf folgt eine weitere Klassifizierung der Arten in die Kategorien **a** (seltene heimische Baumarten), **b** (bisher nicht in Deutschland, aber in Europa heimische Arten) und **c** (außereuropäische Arten). In Abwägung all dieser Gesichtspunkte empfiehlt die BLAG folgende Arten als „vorrangig für die länderübergreifende Identifizierung von zukunftsfähigen Baumarten in den Aktivitäten des Bundes und der Länder zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel“ (a.a.O.):

- Kategorie **a**: Hainbuche (*Carpinus betulus*), Winter-Linde (*Tilia cordata*), Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*), Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*; s. Abb. 13),
- Kategorie **b**: Nordmanns-Tanne (*Abies nordmanniana*), Orient-Buche (*Fagus orientalis*), Baum-Hasel (*Corylus colurna*),
- Kategorie **c**: Atlas-Zeder (*Cedrus atlantica*).

Das Ziel der Untersuchungen bzw. Versuchsanlagen ist es, für unterschiedliche Herkunftsfälle der neun ausgewählten Arten deren Anbaueignung unter verschiedenen Standortbedingungen in Deutschland zu bestimmen. Es sollen Verwendungs- und Herkunftsempfehlungen abgeleitet und geeignete Quellen für Vermehrungsgut beschrieben werden (a.a.O.). Für die Baumarten Douglasie, Küsten-Tanne, Rot-Eiche, Robinie und Japanische Lärche liegen aus Sicht der beteiligten Expertinnen und Experten bereits hinreichende Kenntnisse zu den Kriterien der Baumartenwahl vor. Sie werden – wie auch Vertreter der Pionierbaumarten wie Birke, Aspe und Pappeln – in weiteren Anbauversuchen trotz ihrer Eignung als Alternativbaumarten nicht mehr berücksichtigt.

Die Herkunftsversuche bilden zusammen mit der Darstellung des aktuellen Kenntnisstands über die ausgewählten Arten den Kern der BLAG-Empfehlungen. Daneben bestand in der Gruppe von Expertinnen und Experten auch Konsens darüber, dass „Tannen-, Kiefern- und Eichenarten aus

dem europäischen und nicht europäischen Umfeld“ jeweils in einem Gesamtzusammenhang bearbeitet werden können, der mehrere Arten und Regionen übergreift (LIESEBACH et al. 2021). Das bedeutet, dass für regional bedeutsame Gattungen auch Versuchsanbauten auf Art-Ebene („Gattungs-Versuche“) angedacht sind, wenn dadurch Fragen der Klimawandelanpassung bzw. möglicher Ersatz- und Ergänzungspotenziale geklärt werden können.

#### 4 Ansätze für die praxisnahe Forschung in Eberswalde

Für Brandenburg haben KÄTZEL et al. (2021) im Anhalt an die Ausarbeitungen der BLAG ein Versuchskonzept für die verstärkte Untersuchung von Alternativbaumarten entwickelt. Darin wird der im BLAG-Papier vorgeschlagene Ansatz zur Identifikation von Zielarten übernommen und weiter differenziert. Der Entscheidungsbaum nach Abb. 12 wurde leicht modifiziert, so dass nach der Frage der autoökologischen Eignung die folgenden drei Themen über die Auswahl entscheiden: die möglichen Wuchseigenschaften, die Widerstandsfähigkeit gegen biotische Risiken, gekoppelt mit der Frage potenzieller Invasivität, sowie die Saatgutverfügbarkeit (auch mit Blick auf gesetzliche Grundlagen zur Herkunftssicherheit). Auf Grund von Erfahrungen in Brandenburg wird hinsichtlich des Baumartenspektrums die Atlas-Zeder nur als nachgeordnet angesehen, während zum Beispiel für Elsbeere und Flaum-Eiche bereits auf eine Reihe von Voruntersuchungen und Erkenntnissen zu physiologischen Eigenschaften zurückgegriffen werden kann (SCHRÖDER et al. 2013, KÄTZEL et al. 2014). In Bezug auf die neun oben genannten Fokusarten ist der Ausgangszustand am LFE wie folgt:

- Langfristige Versuchsflächen werden für Hainbuche (30 ha), Winter-Linde (8,7 ha), Spitz-Ahorn (4,3 ha) und in geringem Umfang für Nordmanns-Tanne (0,4 ha) geführt. Für Hainbuche ist durch Lockow und Lockow (2009) eine Ertragstafel für das nordostdeutsche Tiefland entwickelt worden.

- Ergebnisse projektbasierter Untersuchungen u. a. zu Verbreitung, Gefährdung, Genetik, Verjüngungspotenzial, Trockenstressreaktionen liegen für Elsbeere, Winter-Linde, Flaum-Eiche und Baum-Hasel vor (z. B. LÖFFLER et al. 2020).
- Einzelne Versuchs- bzw. Beobachtungsobjekte existieren für Nordmanns-Tanne, Elsbeere, Baum-Hasel und Flaum-Eiche.
- Für Orient-Buche und Atlas-Zeder liegen am LFE keine eigenen Erkenntnisse vor.

Unter Beachtung der für Brandenburg gegebenen und zu erwartenden Standortverhältnisse würde sich das Land an bundesweiten Herkunftsvorversuchen vor allem für Hainbuche, Baum-Hasel und Orient-Buche beteiligen (Priorität 1, KÄTZEL et al. 2021). Winter-Linde, Spitz-Ahorn, Elsbeere und Nordmanns-Tanne sind im Brandenburger Konzept der Priorität 2 zuzuordnen, während Flaum-Eiche und Atlas-Zeder extensiv bis gar nicht im Fokus stehen (Priorität 3). Dagegen besteht für Brandenburg ein besonderes Interesse an den geplanten „Gattungs-Versuchen“ für die Gattungen *Quercus* und *Pinus*. Aufbauend auf bisherigen Arbeiten zu heimischen und nicht-heimischen Eichenarten (z. B. KÄTZEL 2020a, 2020b) sollten vergleichende Anbauversuche mit verschiedenen Eichenarten, u. a. der Ungarischen Eiche (*Quercus frainetto*) und amerikanischer Eichen (*Q. coccinea*, *Q. texana*; *Q. macrocarpa*), vorangetrieben werden (Priorität 1, a.a.O.). Brandenburg sollte sich außerdem an einem Kiefer-Gattungs-Versuch beteiligen, der mitteleuropäische und amerikanische Kiefernarten (*Pinus halepensis*, *P. echinata*, *P. ponderosa*) mit *Pinus sylvestris* als Referenzbaumart untersucht. Dabei müssten auch bisher nicht berücksichtigte Herkünfte wie Korsika und Kalabrien der Schwarz-Kiefer (*P. nigra*) einbezogen werden (Priorität 2, alles aus KÄTZEL et al. 2021).

Die Empfehlungen der BLAG orientieren zur Umsetzung der Untersuchungsempfehlungen auf bundesweit koordinierte, wissenschaftlich intensiv begleitete und relativ groß angelegte Anbauversuche. Um für die Forstpraxis schnell zu Ergebnissen zu kommen, könnten diese Großversuche, von denen es nur eine begrenzte Zahl geben wird, effektiv durch sogenannte "Praxisanbauversuche" als "testweise Ausbringung von Pflanzgut unter praxisüblicher Bewirtschaftung" ergänzt werden (JANSSEN et al 2019). Diese Praxisversuche decken in der Regel auf kleineren Flächen nur Teile des Baumartenspektrums, nur einzelne Untersuchungsfragen und nur Ausschnitte aus den zu betrachtenden Standortbedingungen ab. Wenn es aber gelingt, eine größere Zahl von ihnen auf den Weg zu bringen, dann kann dadurch eine hinreichende Aussagekraft erreicht werden.

Das Versuchskonzept für Brandenburg (KÄTZEL et al. 2021) sieht dieses Zusammenspiel aus sorgfältig geplanten wissenschaftlichen Großversuchen und mit geringem Aufwand umsetzbaren, oft kleinteiligen Praxisanbauten ebenfalls vor. Erste Beispiele für die zweite Komponente sind z. B. in der Forstbetriebsgemeinschaft "Hohe Heide" in Nordwestbrandenburg und auf Flächen der Baumschule Wichmann im Hohen Fläming bereits etabliert worden, entscheidend unterstützt durch den privaten Waldbesitz vor Ort, für den das Thema der Alternativbaumarten häufig von dringendem Interesse ist. Im Mittelpunkt der Datenerhebung stehen gerade in der Initialphase die Überlebensraten, die Wuchsleistungen und die Reaktion auf mögliche Stress- und Schadfaktoren. Durch ein stringentes, einfach und klar gehaltenes Aufnahmedesign ist dafür Sorge zu tragen, dass die so gewonnenen Ergebnisse vergleichbar sind und zusammengeführt werden können.

In der Zusammenführung der vorhandenen Grundlagen, der Empfehlungen der BLAG und des Versuchskonzepts für Brandenburg lässt sich zusammenfassend von einem "Drei-Säulen-Ansatz" sprechen. Dieser kombiniert das vorhandene Wissen und das Versuchsflächennetz mit wissenschaftlichen Großversuchen, die in entsprechenden Verb-

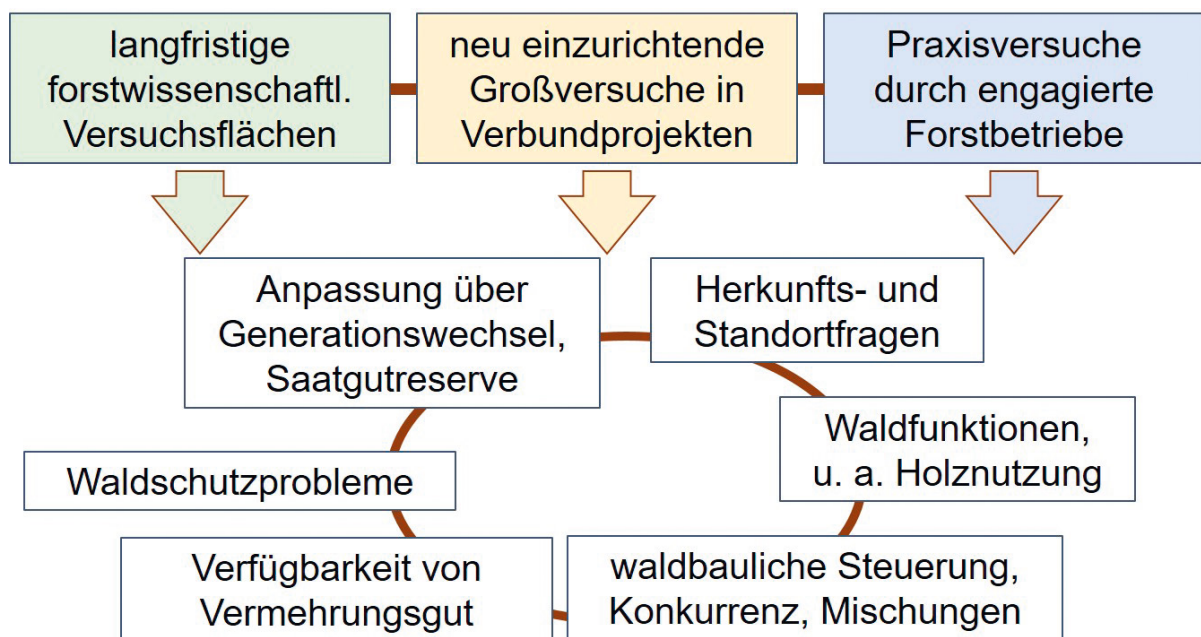


Abb. 14: Grundlegender Ansatz zur Beschäftigung mit Fragen zum Anbau von Alternativbaumarten in der angewandten forstlichen Forschung.

undvorhaben zu organisieren sind, und Praxisversuchen im Zusammenspiel zwischen angewandter Forschung (z. B. LFE) und interessierten Forstbetrieben. Die langfristigen Versuchsflächen können den großen Vorteil beisteuern, dass sie zum Teil schon eine zweite Generation der Zielbaumarten aufweisen und als Reserve für Vermehrungsgut dienen können, das eine erste Anpassungs- bzw. Auswahlstufe bereits hinter sich hat. Außerdem ermöglichen sie die Untersuchung ökologischer Fragen z. B. nach der Wuchsdynamik, dem Verhalten in Mischbeständen und möglichen Waldschutzproblemen sowie durch die lange Beobachtungszeit die Ableitung waldbaulicher Handlungsempfehlungen. Abbildung 14 fasst den Drei-Säulen-Ansatz und eine Auswahl der Fragen, zu denen gerade in der forstlichen Praxis im Zusammenhang mit "Exoten" großer Informationsbedarf besteht, zusammen.

Allen bisher aufgestellten Entwürfen zur intensiveren Beschäftigung mit seltenen und nichtheimischen Baumarten stehen vielfältige Risiken und Unwägbarkeiten gegenüber. Damit die wissenschaftliche Prüfung erfolgreich verlaufen kann und die ausgewählten Arten und Herkünfte tatsächlich den Weg in unsere Wälder finden, ist eine Reihe von Voraussetzungen notwendig:

- hinreichende materielle und personelle Ressourcen
- effektive Abstimmung und Kooperation (von Brandenburg bis international)
- verlässlicher Zugang zu ausreichend Vermehrungsgut
- Verfügbarkeit von Flächen für Versuche / Testanbauten
- deutliche Minderung der gegebenen Ungewissheiten zu Standortveränderungen und zur Anpassungsfähigkeit bzw. zur Standortamplitude der Arten
- schnelle Erweiterung des Wissens zum Verhalten der Arten in gemischten, strukturreichen Wäldern.

## 5 Fazit

Die Etablierung forstlicher Versuchsanbauten mit nichtheimischen Baumarten in Preußen vor über 130 Jahren und ihre gründliche Erforschung gründeten auf der Hoffnung, dadurch zusätzliche Optionen vor allem zur Steigerung der Holzproduktion zu erhalten (LFE 2002). Einzelne Baumarten erwiesen sich dabei als nicht anbaufähig oder anbauwürdig, andere haben sich für die Integration in die heimischen Wälder empfohlen. Diese Arten sind heute nicht nur wegen ihrer Biomasseproduktivität interessante Ergänzungen der heimischen Flora, sondern können auch andere Ökosystemleistungen fördern, indem sie z. B. das Waldinnenklima schützen, vielfältige Filterwirkungen ausüben und Habitate für andere Pflanzen und Tiere bieten.

Im Spektrum der Ökosystemleistungen, die die Wälder erbringen sollen, wird auch in Zukunft die Erzeugung von Biomasse eine wichtige Rolle spielen. Voraussichtlich nimmt die Nachfrage nach Holz sogar noch weiter zu: Der nach der „Nationalen Bioökonomiestrategie“ der Bundesregierung anstehende Übergang von einer primär fossilbasierten Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit und biobasierten Rohstoffen wird sich zu großen Teilen auch auf die Verwendung von Holz und Holzprodukten stützen müssen (BMEL 2021). Parallel zu diesem absehbaren Trend verschärfen sich jedoch die Risiken für Vitalität und Produktivität unserer Wälder. Die letzten drei Jahre haben angedeutet, wie schnell aus Witterungsextremen

großflächiges Absterben von Bäumen vieler wichtiger Arten werden kann (HENTSCH 2019). Mehrere Gründe sprechen deshalb aus unserer Sicht eindeutig für die vorbehaltlose Prüfung und Umsetzung der Potenziale, die mit der stärkeren Einbindung von Exoten in die Wälder verbunden sind:

- 1) Zur Sicherung der Waldfunktionen sind alle Möglichkeiten zu prüfen, die zur Wiederbewaldung aktueller und zukünftiger Schadflächen beitragen können. Gerade als Pionierbaumarten für extreme Standortverhältnisse können nichtheimische Arten hier wichtige Beiträge leisten.
- 2) Das Anpassungsvermögen der heimischen Baumarten wird schon jetzt gerade an den „Rändern“ ihrer physiologischen Toleranzbereiche durch die Witterungsentwicklung tendenziell überfordert. Die waldbaulichen Spielräume auf den heute gegebenen und den zukünftigen Extremstandorten können durch seltene heimische wie auch durch nichtheimische Arten erhalten oder gesteigert werden<sup>2</sup>.
- 3) Der steigenden, sich weiter diversifizierenden Nachfrage nach Ökosystemleistungen einschließlich der Nutzfunktion kann am besten durch vielfältig gemischte Wälder unter Beteiligung aller standortgerechten, an den Klimawandel anpassungsfähigen Baumarten entsprochen werden. Die Deckung des zunehmenden Ressourcenbedarfs durch höhere Importe birgt die Gefahr, in den Holzherkunftsgebieten größere soziale wie ökologische Nachteile zu produzieren (DIETER et al. 2020). Diesen Verlagerungseffekten als Folge des Ausweichens vor dem Konflikt mit zunehmenden Nutzungsrestriktionen in den heimischen Wäldern ist unbedingt entgegenzuwirken.

Brandenburg bzw. das nordostdeutsche Tiefland hat sich schon unter den Bedingungen der Vergangenheit durch die vergleichsweise schwächsten Standorte mit unterdurchschnittlicher Wasserversorgung ausgezeichnet. Die jüngste Vergangenheit weist auf einen hier besonders schnell und deutlich ablaufenden Standortwandel, vor allem hinsichtlich zunehmender Trockenheit, hin; hier ist oft bereits Realität, was sich woanders erst für die Zukunft abzeichnet. So wichtig es auch ist, die Erfahrungen und Handreichungen aus anderen Wuchsgebieten zu nutzen: Eine deutliche Intensivierung angewandter Forschung zu exotischen Baumarten gerade für die regionalen Bedingungen ist unerlässlich, wenn es auch nur annähernd gelingen soll, vitale und produktive Wälder zu gestalten. Als Leitlinie dabei soll abschließend noch einmal einer derjenigen zitiert werden, die die Grundlagen für die anstehenden Arbeiten gelegt haben:

*„Der goldene Mittelweg wird auch hier der allein einzuschlagende sein: weder vertrauensselig den ersten besten Bericht in die Praxis übertragen, noch absolut verdammen, sondern Alles prüfen und das Beste behalten“* (LUERSS 1886).

- 2 „Alternative Baumarten sind dort unverzichtbar, wo sich die Standorts- und klimatischen Verhältnisse aus den Ökogrammen heimischer Baumarten hinaus verschieben, Walderhalt folglich nur mit alternativen klimatoleranten Arten möglich ist. Sie sind aber auch dort zulässig und in Maßen sogar erforderlich, wo heimische Baumarten noch nicht komplett versagen, um z. B. die Rohstofffunktion zu gewährleisten.“ (StMELF 2019)

## 6 Literatur

- ALBRECHT, A.; DE AVILA ANGELA, L. 2019: Ein Vorschlag zur literaturbasierten Ermittlung möglicher Alternativbaumarten im Klimawandel am Beispiel der Artensteckbriefe in Baden-Württemberg. *AFJZ* 189 (7/8): 129-143.
- ANSORGE, C. 1920: Über die Einführung ausländischer Gehölze und die Beteiligung der Familie Booth daran. *Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges.* 29: 272-277.
- BERGMANN, J.-H. 1994: Ökologische Bewertung des Douglasienanbaus im Gebiet des Nordostdeutschen Pleistozäns. *Waldhygiene* 20: 161-192.
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) 2021: Nationale Bioökonomiestrategie. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/nationale-biooekonomiestrategie-1759084> (05.10.2021)
- BODEN, W. 1923: Die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten im akademischen Lehrrevier Freienwalde a. O. in den Jahren 1883/1921. *Zeitschrift für Forst und Jagdwesen* 55: 74-90.
- BODEN, W. 1924: Anbauversuche mit ausländischen Holzarten im akademischen Lehrrevier Freienwalde a. O. 1883-1921. *Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges.* 34: 32-54.
- BOLTE, A.; AMMER, A.; ANNIGHÖFER, P. ET AL. 2021: Fakten zum Thema: Wälder und Klimaschutz. *AFZ – Der Wald* 76 (11): 12-15.
- BOOTH, J.C. 1903: Die Einführung ausländischer Holzarten in die Preußischen Staatsforsten unter Bismarck und Anderes. Springer Verlag, Berlin.
- DANCKELMANN, B. 1884: Anbauversuche mit ausländischen Holzarten in den Preußischen Staatsforsten. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen* 6: 289-315 & 7: 345-371.
- DIETER, M. 2017: Die Holznutzung aus gesamtgesellschaftlicher Sicht. *AFZ – Der Wald* 72 (21): 24-25.
- DIETER, M., WEIMAR, H.; IOST, S. ET AL. 2020: Abschätzung möglicher Verlagerungseffekte durch Umsetzung der EU-KOM-Vorschläge zur EU-Biodiversitätsstrategie auf Forstwirtschaft und Wälder in Drittstaaten. Thünen Working Paper 159a, Braunschweig
- DITTMAR, O. 1954: Die Entwicklung des Douglas-Provenienzversuches aus dem Jahre 1930 in Freienwalde, Abt. 171. *Archiv für Forstwesen* 3 (5/6): 399-431.
- DITTMAR, O. 1961: Waldbaulich-ertragskundliche Ergebnisse bisheriger Provenienzversuche mit Douglasie und Japanischer Lärche und Zweckbestimmung sowie Methodik neuer Provenienzversuche mit diesen Holzarten. *Forst und Jagd* 11 (7): 295-298.
- DITTMAR, O., KNAPP, E. 1987A: Die Ergebnisse des internationalen Douglasien-Provenienzversuches 1961 für die Provenienzwahl im Tiefland der DDR. *Die sozialistische Forstwirtschaft* 37 (5): 146-148.
- DITTMAR, O., KNAPP, E. 1987B: Weitere waldbaulich-ertragskundliche Erkenntnisse für den Douglasienanbau im Tiefland der DDR aus dem bisherigen Versuchsverlauf des internationalen Douglasienprovenienzversuches von 1961. *Die sozialistische Forstwirtschaft* 37 (6): 178-181.
- DITTMAR, O.; KNAPP, E.; SCHULSEN, B. 1985: Ergebnisse des internationalen Douglasien-Provenienzversuchs 1961 im Pleistozän der DDR. *Beiträge f. d. Forstwirtschaft* 19 (1): 8-18.
- DITTMAR, O. 2001A: Adam Schwappach - ein vielseitiger Forstwissenschaftler. In: *LFE* 2001: 143-164.
- DITTMAR, O. 2001B: Eilhard Wiedemann, der bedeutendste Nachfolger Schwappachs als Leiter des Eberswalder forstlichen Versuchswesens. In: *LFE* 2001: 295-319.
- ENDTMANN, K. J. 2001: Schwappachs Anbauversuche fremdländischer Baumarten aus der Sicht des Naturschutzes. In: *LFE* 2001: 236-270.
- ERTELD, W. 1948: Bisherige Ergebnisse eines Douglas Provenienzversuches im Forstamt Freienwalde. *Forstwirtschaft-Holzwirtschaft* 2: 135-138.
- FLÖHR, W. 1954: DIE ENTWICKLUNG DES DOUGLASIENPROVENIENZVERSUCHES AUS DEM JAHRE 1910 IN CHORIN, ABTEILUNG 90E. *ARCHIV FÜR FORSTWESEN* 3(5/6): 385-399.
- FLÖHR, W. 1956: Ertragsleistung und Anbauwürdigkeit der Grünen Douglasie (*Pseudotsuga taxifolia* Britton var. *viridis*). Dissertation, Humboldt Universität, Berlin: 251 S.
- FLÖHR, W. 1958: Kennzeichnung, Varietäten und Verbreitung der Douglasie. In: Göhre K. (Hrsg.): *Die Douglasie und ihr Holz*. Akademie-Verlag, Berlin: 17 S.
- FVA (FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG; HRSG.) 2021: Artensteckbriefe 2.0. Alternative Baumarten im Klimawandel – Eine Stoffsammlung. [https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/sonstiges/2021\\_fva\\_artensteckbriefe.pdf](https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/sonstiges/2021_fva_artensteckbriefe.pdf) (05.10.2021).
- GÖHRE, K. 1958: Das Holz der Douglasie. In: Göhre K. (Hrsg.). *Die Douglasie und ihr Holz*. Akademie-Verlag, Berlin: 437-564.
- Hagen, O. v. 1867: *Die forstlichen Verhältnisse Preußens*. Berlin: Verlag von Julius Springer.
- Hanewinkel, M.; Cullmann, D. A.; Schelhaas, M.-J.; Naburs, G.-J.; Zimmermann, N. E. 2012: Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change* 3: 203-207.
- HEINSDORF, D. 2002: Zum Einfluss einiger wichtiger ausländischen Baumarten auf den Bodenzustand, dargestellt an ausgewählten Anbauversuchen in der Lehroberförsterei Freienwalde. In: *LFE* 2002: 137-160.
- HENTSCHEL, R. 2019: Waldzustand im Trockenjahr 2018 – Ergebnisse aus dem Level I Programm in Brandenburg. *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* 67: 25-32.

- JANSSEN, A.; ŠEHO, M.; SCHIRMER, R. ET AL. 2019: Praxisanbauversuche: Bewertung alternativer Baumarten in Bayern. AFZ - Der Wald 74 (5): 24-27.
- KANZOW, H. 1936: Auswertung einiger Provenienzversuche mit der Douglasie. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 48: 235-254.
- KANZOW, H. 1937: Die Douglasie. Aufstellung einer Ertrags-  
tafel auf Grund der Ergebnisse der Preußischen Probeflächen und Auswertung von Provenienzversuchen. Zeitschrift für Forst und Jagdwesen 69: 65-93, 113-139, 241-271.
- KÄTZEL, R.; KAMP, T.; HÖLTKEN, A. M. ET AL. 2014: Die Vorkommen der Flaum-Eiche und ihrer Hybriden nördlich der Alpen. Landbauforschung (Appl Agric Forestry Res) 64 (2): 73-84.
- KÄTZEL, R.; BECKER, F.; KANTER, G. ET AL. 2019: Herkunftsversuche als Bewährungsprobe bei Witterungsextremen: Südosteuropäische Herkünfte der Trauben-Eiche (*Quercus petraea* [MATT.] LIEBL.) in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 67: 81-98.
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; BECKER, F. 2020A: Untersuchungen zur Klimaanpassung südosteuropäischer Herkünfte der Trauben-Eiche (*Q. petraea*) in Brandenburg - Eine erste Auswertung. Thünen-Report 76: 23-36.
- KÄTZEL, R.; SCHRÖDER, J.; BECKER, F. ET AL. 2020B: Die Rot-Eiche: Von der Ersatzbank ins Spielfeld? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 95-106.
- KÄTZEL, R.; GRÜLL, M.; SCHRÖDER, J. 2021: Versuchskonzept für Alternativbaumarten in Brandenburg. Unveröffentlichtes Manuskript, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde.
- KEENAN, R. J. (2015): Climate change impacts and adaptation in forest management: a review. Annals of Forest Science 72: 145-167.
- LFE (LANDESFORSTANSTALT EBERSWALDE; HRSG.) 2001: Adam Schwappach. Ein Forstwissenschaftler und sein Erbe. Nimrod Verlag
- LFE (LANDESFORSTANSTALT EBERSWALDE; HRSG.) 2002: Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern. Hendrik Bäßler Verlag, Potsdam und Eberswalde: 232 S.
- LEMBCKE, G. 1959: Ertragskundliche Untersuchungen an ausländischen Holzarten in den Lehroberförstereien Freienwalde und Chorin unter besonderer Berücksichtigung von *Thuja plicata*, *Chamcecyparis lawsoniana* und *Carya*-Arten. Dissertation (Humboldt Universität, Berlin): 217 S.
- LEMBCKE, G. 1966: Richtlinien für den Anbau und die Behandlung der Sitka-Fichte, der Küsten-Tanne, der Japan-Lärche, der Weymouthskiefer und des Riesen-Lebensbaumes. In: Waldbau und Holzartenrichtlinien, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin: 223-231.
- LEMBCKE, G. 1970: Steigerung der Ertragsleistung durch Anbau raschwüchsiger und ertragsreicher ausländischer Holzarten. Soz. Forstwirtschaft, Berlin 20 (11): 344-345.
- LEMBCKE, G. 1973: Der gegenwärtige Stand der unter Schwappach begründeten Freienwalder Anbauversuche mit ausländischen Baumarten. Beiträge für die Forstwirtschaft 7 (1): 24-37.
- LIESEBACH, M.; WOLF, H.; BEEZ, J. ET AL. 2021: Identifizierung von für Deutschland relevanten Baumarten im Klimawandel und länderübergreifendes Konzept zur Anlage von Vergleichsanbauten. Thünen Working Paper 172, Braunschweig
- LOCKOW, K.-W. 2001A. WALDBAULICH-ERTRAGSKUNDLICHE ERGEBNISSE DER ANBAUVERSUCHE MIT AUSLÄNDISCHEN BAUMARTEN 1881-1890 IN BRANDENBURG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE PRAXIS. BEITRÄGE FÜR FORSTWIRTSCHAFT UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE 35 (4): 171-181.
- LOCKOW, K.-W. 2001B. ERGEBNISSE DER ANBAUVERSUCHE MIT AMERIKANISCHEN UND JAPANISCHEN BAUMARTEN. IN: LFE 2001: 191-235.
- Lockow, K.-W. 2001c: Aktuelle Versuchsflächen Schwappachs – Langzeitergebnisse und Schlussfolgerungen für den Waldumbau im nordostdeutschen Tiefland. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, Bd. 35 (2001) 3: 123-137.
- Lockow, K.-W. 2002: Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: MLUR 2002: 41-101.
- Lockow, K.-W. 2004: Eberswalder Anbauversuche mit Douglasie. AFZ/Der Wald 16: 851-854.
- Lockow, K.-W., Lockow, J. 2007: Anbau der Großen Küstentanne in Brandenburg aus ertragskundlicher Sicht. Forstarchiv 78: 158-165.
- Lockow, K.-W.; Lockow, J. 2009: Die Hainbuche im nordostdeutschen Tiefland – Wuchsverhalten und Bewirtschaftungshinweise. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 41: 129 S.
- Lockow, K.-W.; Lockow, J. 2015: Ertragstafel für die Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.). Gesellschaft zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Norddeutschland e.V.: 77 S.
- LÖFFLER, S.; LANGE, C.; KÄTZEL 2017: Der kleine Unterschied macht's – Klonprüfung zur Trockenstresstoleranz von Robinien. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 64: 37-44.
- LÖFFLER, S.; SCHMIDT, M.; BECKER, F.; KÄTZEL, R. 2020: Bisher seltene Baumarten: Gewinner im Klimawandel? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 84-92.
- LUERSSEN, C. 1886: Die Einführung japanischer Waldbäume in die deutschen Forsten. Verlag von Julius Springer, Berlin
- MILNIK, A. 1999: Bernhard Danckelmann. Leben und Leistungen eines Forstmannes. Nimmrod-Verlag: 347 S.
- MILNIK, A. 2004: Forstmeister Walter Boden 1847-1930. Schriftenreihe Forstliche Biografien, Eberswalde 12: 88 S.
- MÖRING, G.M. 1949: Die Hamburgische Familie Booth und ihre Bedeutung. Promotionsschrift (Philosophische Fakultät der Universität Hamburg).

- NIEFNECKER, W. 1989: Zur Wuchsleistung und waldbaulich-ertragskundlichen Behandlung des Riesenlebensbaumes (*Thuja plicata* D. Don). Sozialistische Forstwirtschaft, Berlin 39 (5): 149-153.
- NIEFNECKER, W. 1991: Die Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten 1884 bis 1910 im Forstamt Bad Freienwalde. Der Wald 41(10): 367-368.
- NIEFNECKER, W. 1992: Ergebnisse von Versuchsanbauten fremdländischer Nadelbaumarten mit langfristiger Schirmstellung. Forst und Holz 47 (14): 419-421.
- NOACK, M. 2007: Zur ertragskundlichen Leistungsfähigkeit ausländischer Nadelbaumarten im Nordostdeutschen Tiefland. Jahrestagung der Stiftung August Bier, Sauen 2007 <http://www.stiftung-august-bier.de/images/stories/pdf/Vortrag%202007%20Noack.pdf>: 26 S.
- NOACK, M. 2014: Waldbaulich-standortökologische Untersuchungen zur Sitka-Fichte (*Picea sitchensis* (Bongard) Carrière) im Ostseeraum des Landes Mecklenburg-Vorpommern als Beitrag für eine zukunftsgerechte forstliche Ressourcennutzung. Kovac Verl.
- PANKA, S. 2000: Internationaler Douglasien-Provenienzversuch Chorin 85 – 38 Jahre Beobachtungszeit. In: Kenk, G. (Hrsg.): Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Tagungsband der Sektion Ertragskunde, Kaiserslautern: 136-145.
- PANKA, S. 2012: Alien tree species in experimental forest plots in Brandenburg. Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, Vol. 60: 21-42.
- PANKA, S. 2013. RIESEN-LEBENSBAUM (*THUJA PLICATA* DONN EX D. DON) IN LANGFRISTIGER SCHIRMSTELLUNG. In: Klädtke, J.; Kohnle, U. (Hrsg.): Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Tagungsband der Sektion Ertragskunde, Rychnov n. Knežnou: 154-164.
- PANKA, S. 2014: Der Riesen-Lebensbaum (*Thuja plicata* Donn ex D. Don) - Wuchsleistung einer bisher unterschätzten Baumart in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 55: 77-87.
- PANKA, S. 2016. STATUS AND CHANCES OF NATURALIZATION OF WESTERN REDCEDAR (*THUJA PLICATA* DONN EX D. DON) IN EASTERN GERMANY. DISSERTATION (WARSAW UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES – SGGW): 245 S.
- PANKA, S. 2018. DIE DOUGLASIE NACH „XAVIER“ AM BEISPIEL DES INTERNATIONALEN PROVENIENZ-DURCHFÜHRUNGSVERSUCHS CHORIN 85. EBERSWALDER FORSTLICHE SCHRIFTENREIHE 65: 49-56.
- PENSCHUCK, K.E.H. 1935: Die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten unter Berücksichtigung ihrer Ertragsleistung I. Zeitschrift für Forst und Jagdwesen 67: 113-137.
- PENSCHUCK, K.E.H. 1937: Die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten unter Berücksichtigung ihrer Ertragsleistung II. Zeitschrift für Forst und Jagdwesen 69: 525-555.
- SCHOBER, R.; KLEINSCHMIT, J.; SVOLBA, J. 1983: Ergebnisse des Douglasien-Provenienzversuches von 1958 in Nordwestdeutschland, Teil I. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 154 (12): 209-236.
- SCHOBER, R.; KLEINSCHMIT, J.; SVOLBA, J. 1984: Ergebnisse des Douglasien-Provenienzversuches von 1958 in Nordwestdeutschland, Teil II. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 155 (2-3): 53-80.
- SCHÖLCH, M. 2013: Gastbaumarten. LWF aktuell 96: 15-17.
- SCHRÖDER, J.; KÄTZEL, R.; SCHULZE, T. ET AL. 2013: Seltene Baumarten in Deutschland: Zustand und Gefährdung. AFZ – Der Wald 68 (12): 4-6.
- SCHULSEN, B. 1969: Erste Ergebnisse in Kultur- und Anwuchsstadium der Internationalen Provenienzversuche mit Douglasie (1961) und Japanlärche (1959/69). Diplomarbeit (Technische Universität Dresden, Forstfakultät, Tharandt): 51 S.
- SCHWAPPACH, A. 1891A: Denkschrift betreffend die Ergebnisse der in den Jahren 1881-1890 in den Preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 23: 18-34, 81-102, 148-164.
- SCHWAPPACH, A. 1891B: Über den gegenwärtigen Stand des Anbaues fremdländischer Holzarten in den preußischen Staatsforsten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 23: 379-381.
- SCHWAPPACH, A. 1896: Ergebnisse der Anbauversuche mit japanischen und einigen neueren amerikanischen Holzarten in Preußen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen: 327-347.
- SCHWAPPACH, A. 1901: Die Ergebnisse der in den Jahren 1881-1890 in den preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 33: 137-169, 195-225, 261-292.
- SCHWAPPACH, A. 1911: Die weitere Entwicklung der Versuche mit fremdländischen Holzarten in Preußen. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 20: 3-37.
- SPELLMANN, H.; ALBERT, M.; SCHMIDT, M.; SUTMÖLLER, J.; OVERBECK, M. (2011): Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. AFZ/Der Wald 66 (11): 19 – 23.
- SPRINGER, S.; FRISCHBIER, N.; BINDER, F. (2019): Heute schon für morgen testen. LWF aktuell 123: 14-18.
- STMELF (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN; HRSG.) 2019: Baumarten für den Klimawald. Leitlinien der Bayerischen Forstverwaltung. [https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/wald/waldbesitzer\\_portal/dateien/baumartenwahl\\_klimawald\\_zukunft\\_barrierefrei.pdf](https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/wald/waldbesitzer_portal/dateien/baumartenwahl_klimawald_zukunft_barrierefrei.pdf) (05.10.21).
- WAGENKNECHT, E. 1958: Waldbauliche Eigenschaften und Behandlung der Douglasie. In: Göhre K. (Hrsg.). Die Douglasie und ihr Holz. Akademie-Verlag, Berlin: 241-306.
- WUDOWENZ, R. 2001: Aus dem Leben Adam Schwappachs. In: LFE 2001: 13-130.

# Auf dem richtigen Weg? Ergebnisse von Stichprobenaufnahmen zur Evaluierung des Waldumbaus in Brandenburg

ANNETT DEGENHARDT, FALK STÄHR

## 1. Anlass

Noch immer sind die Brandenburger Wälder durch einen hohen Anteil reiner Kiefernbestände geprägt, die insbesondere infolge des Klimawandels zunehmend durch vielfältige Naturgefahren wie Trockenstress, Sturmschäden, Waldbränden und Insektenkalamitäten gefährdet sind. Deren standortgerechter Umbau zu gemischten Nadel-Laubwäldern dient der Stabilisierung und dem Erhalt der Wälder und damit der nachhaltigen Sicherung aller seiner Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen. Seit mehr als 25 Jahren bildet daher der Waldumbau einen Schwerpunkt bei der Bewirtschaftung der Brandenburger Wälder.

Mit der im Koalitionsvertrag der Landesregierung Brandenburgs im November vereinbarten Evaluation des Landesbetriebes Forst Brandenburg war eine Standortbestimmung zu den bisherigen Waldumbaumaßnahmen verbunden. Basierend auf der Feststellung, dass zwar die strategischen Ziele hinreichend dokumentiert, bedingt durch den Klimawandel jedoch die waldbaulichen Ziele und Verfahren einer Überprüfung und Anpassung bedürfen, wurde im April 2020 das LFE mit einer Analyse zum Stand und Erfolg des Waldumbaus in Brandenburg beauftragt (MLUK 2020b). Insbesondere wurde darauf hingewiesen, dass es gegenwärtig „an einer klaren Orientierung und hinreichenden Zielsetzungen zum Waldumbau“ fehle, „erhebliche Unsicherheiten“ bei der Umsetzung bestehen und daher im Ergebnis der Evaluation konkretisierte praxistaugliche und zugleich auch quantifizierbare Empfehlungen für den zukünftigen Waldumbau erwartet würden, die die „mit dem Klimawandel einhergehenden gewandelten Erfordernisse und Herausforderungen ... grundlegend“ berücksichtigen.

## 2. Ziele des Waldumbaus (in Brandenburg)

Im Mittelpunkt der Evaluierung des Waldumbaus in Brandenburg stand die Frage, inwieweit die bisherigen Maßnahmen zum Erfolg geführt haben, die Ergebnisse den derzeitigen Anforderungen genügen bzw. ob die waldbaulichen und förderpolitischen Empfehlungen einer Überarbeitung bedürfen. Zur Bewertung des Waldumbauerfolges ist es daher erforderlich, den aktuellen Waldzustand mit den für Brandenburg formulierten Zielen des Waldumbaus zu vergleichen, aber auch die Ziele des Waldumbaus an die veränderten klimawandelbedingten Erfordernisse anzupassen.

Erstmals wurde der Waldumbau im Kabinettsbeschluss vom April 1996 politisch verankert (MELF 1996). Darin heißt es unter anderem: „Eine vordringliche Aufgabe ist der Umbau der im Land Brandenburg vorhandenen, nicht standortgerechten Kiefernbestände zu stabileren Mischwäldern.“ Insbesondere „zielt der Waldumbau ... auf eine Stabilisierung der Wälder ... durch Standortgerechtigkeit, Baumartenvielfalt, Struktureichtum, Integration der Naturschutzziele, Nachhaltigkeit der Holzerzeugung“ ab.

Etwas umfassender und konkreter sind die Ziele des Waldumbaus in den Waldbaurichtlinie 2004 formuliert (MLUR

2004): „Standortgerechte, naturnahe, klimaplastische und produktive Wälder werden erhalten, entwickelt und ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltig bewirtschaftet.“, sowie: „Stabilität und Elastizität der Wälder sind durch Erhalt und Verbesserung der Waldstrukturen und durch Sicherung der biologischen Vielfalt ... zu gewährleisten“

Eine stärkere Ausrichtung auf die Folgen des Klimawandels erfahren die Waldumbauziele im Waldprogramm 2011 (MIL 2011a) bzw. der Waldvision 2030 (MIL 2011b). Darin wird auf die Bedeutung der Entwicklung von „Waldbeständen, die eine hohe innere Stabilität aufweisen und eine dem Standort angepasste Arten- und Strukturvielfalt besitzen“, hingewiesen, wiederum aber auch die Entwicklung und Vermehrung „naturnaher und mehrschichtiger Bestände“, der „Umbau zu gemischten Beständen“ oder die „Überführung eines schlagweisen Hochwaldes in einen gestuften und gemischten Wald“ empfohlen.

Nicht zuletzt finden sich die Ansprüche an den Waldumbau ebenso in den aktuellen Förderrichtlinien (MLUL 2015) wieder. Als Ziel der Förderung sind dort neben der „Entwicklung stabiler, standortgerechter Wälder unter Berücksichtigung der ökologischen und ökonomischen Leistungsfähigkeit sowie des Klimawandels“, „die Herstellung einer standortgerechten, klimaangepassten Baumartenmischung beziehungsweise die Sicherung der Stabilität und Vitalität der Bestände“ ausgewiesen.

Ergänzen ließe sich die Liste der Ziele und Merkmale des Waldumbaus auch durch die Vorgaben des Bundes, wie sie beispielsweise in der „Waldstrategie 2020“ (BMELV 2011), der „Agenda Anpassung von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel“ (BMEL 2019), dem Positionspapier des DVFFA „Anpassung der Wälder an den Klimawandel“ (DVFFA 2019) oder auch der Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik beim BMEL zu den Eckpunkten der Waldstrategie 2050 (BMEL 2020) zu finden sind.

Viele der Richtlinien und Dokumente weisen letztlich immer wieder ähnliche Eigenschaften wie Stabilität, Naturnähe, Produktivität, Mischung, Resistenz, Resilienz, Klimawandelangepasstheit, Vitalität, Elastizität, Nachhaltigkeit, Mehrschichtigkeit, Klimatoleranz, Standortgerechtigkeit, Vielfältigkeit, Widerstandsfähigkeit, Artenreichtum, Anpassungsfähigkeit, Strukturiertheit, Risikoverringung, Leistungsstärke ... für die zukünftig anzustrebenden Wälder auf, ohne konkrete Anforderungen und Ausprägungen zu definieren.

Aus der Vielzahl der Anforderungen an den zukunftsfähigen Wald wurden für die Evaluierung des Waldumbaus in Brandenburg zunächst Merkmale ausgewählt, die relativ kurzfristig und einfach messbar waren, aber auch die wesentlichsten Erfordernisse des Waldumbaus widerspiegeln und eine quantitative Bewertung zulassen. Dazu zählen beispielsweise die Standortgerechtigkeit, der Artenreichtum, die Mischung oder die Produktivität. Für die Bewertung dieser Merkmale wurden entsprechende Indikatoren entwickelt und beurteilt.

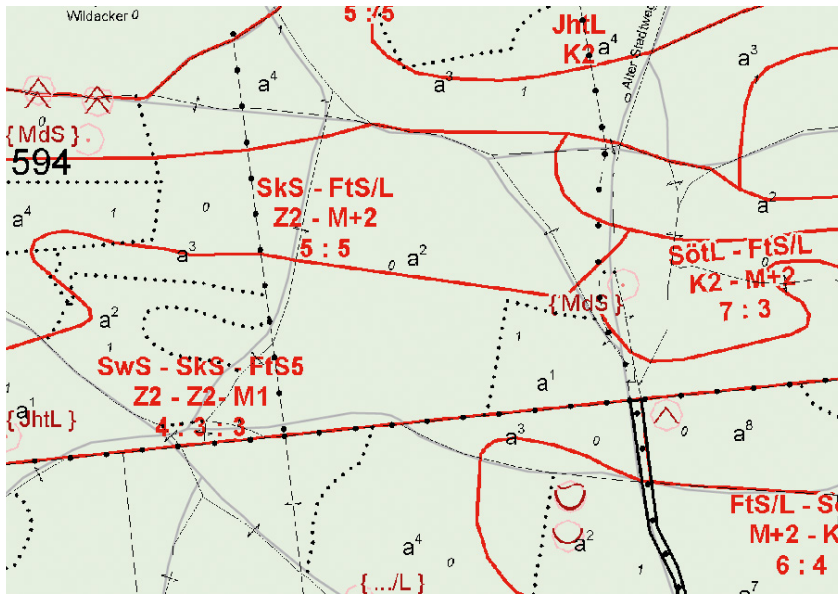


Abb.1: Ausschnitt aus der Forstgrundkarte (FGK 2021) und der digitalen Standortkarte

### 3. Methodik

#### 3.1. Fragestellung

Ein wesentlicher Schritt der Untersuchungen bestand darin, den Grad des Gelingens der erfolgten Waldumbaumaßnahmen zu quantifizieren, d. h. die Abweichungen realer existierender Waldbestände vom optimalen Waldumbauziel zu ermitteln. Dazu wurden zunächst sieben Indikatoren herausgearbeitet, die die vornehmlichen Zielvorstellungen des Waldumbaus umfassen:

- Baumarteneignung
- Baumartenvielfalt
- Laubholzanreicherung
- Etablierungsgrad
- Sicherungsgrad
- Vertikale Struktur
- Horizontale Struktur

Neben der prinzipiellen Frage nach dem Grad des Gelingens des Waldumbaus in Brandenburg sollten sich die Untersuchungen insbesondere auch auf folgende Schwerpunkte konzentrieren:

- Auf welchen Standorten gelingt der Waldumbau besonders gut?
- Welche Baumarten sind besonders geeignet?
- Welche waldbaulichen Verfahren sind erfolgreich?
- Welche Bedeutung haben Zaunschut und Bejagung?
- Mit welcher Verjüngungszeiträumen ist zu rechnen?
- Gibt es Unterschiede zwischen den Eigentumsarten?
- Wie wirken die waldbaustrategischen und forstpolitischen Instrumente?

Die Beantwortung dieser Fragen diente vor allem dazu, Ursachen des Nichtgelingens auszumachen, Konsequenzen zu ziehen und Empfehlungen für den künftigen Waldumbau abzuleiten.

#### 3.2. Parameterauswahl

Um umfassend auf die unter 3.1. dargestellten Fragestellungen eingehen zu können, waren eine Vielzahl waldbaulicher

Merkmale zu erfassen und auszuwerten. Neben der Baumartenzusammensetzung, Bestandesschichtung und Mischungsform wurden in den Waldumbaubeständen wachstumskundliche Parameter wie Altersstruktur, Mittelhöhen und Schlussgrade, aber auch forstwirtschaftlich relevante Größen wie die Bestandesentstehungsart, eventueller Wildschutz, beobachtete Schäden und der jeweilige Pflegezustand in die Untersuchungen mit einbezogen.

Die Flächenaufnahme erfolgte in Anlehnung an das für Brandenburg formulierte Forsteinrichtungsverfahren der „Einzelflächenweisen Inventur“ (LFB 2013), das geringfügig angepasst wurde.

Darüber hinaus stand eine digitale Standortkarte (FSK 2019) zur Verfügung, die eine konkrete Zuordnung forstlicher Standortdaten für jeden Untersuchungsbestand ermöglichte.

#### 3.3. Datenbasis

Die Untersuchungen sollten sich zunächst vorrangig auf Waldbestände beziehen, für die zwischen 2006 und 2015 eine finanzielle Förderung durch das Land Brandenburg erfolgte. Dabei konnte im Landeswald (LW) auf eine Liste von Beständen zurückgegriffen werden, für die nach teilweise mehrjähriger Umbauzeit zwischen 2006 und 2015 Waldumbaumaßnahme abgerechnet wurden. Insgesamt umfasst das eine Gesamtfläche von ca. 10.000 ha. Im Nicht-Landeswald (NLW) kamen hingegen Bestände zur Auswahl, für die zwischen 2008 und 2015 eine Förderung von Waldumbaumaßnahmen beantragt (ca. 6.000 ha) wurde und deren Umsetzung erst nach Genehmigung erfolgte.

Entsprechend der Flächenanteile wurden 250 Waldumbaubestände im LW und 156 Bestände im NLW durch eine Listenstichprobe für die Untersuchungen ausgewählt.

Die Aufnahme der 406 Flächen erfolgte zwischen Oktober und Dezember 2020.

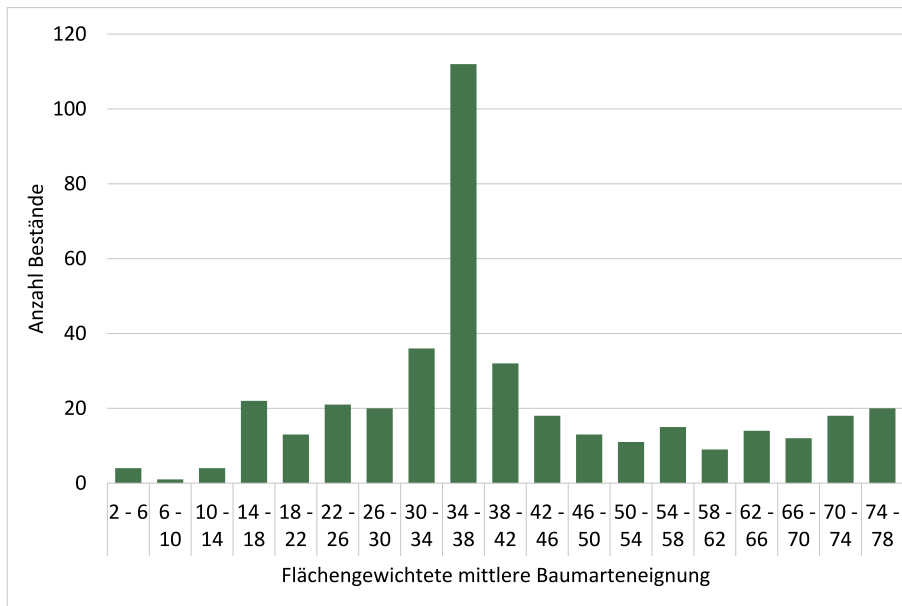


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der für die 406 Waldumbaubestände berechneten flächengewichteten mittleren Baumarteneignungen

#### 4. Definition und Bewertung der Indikatoren

Die Bewertung des Gelingens der Waldumbaumaßnahmen baut vornehmlich auf den Daten der durch die Forsteinrichtung ausgewiesenen Verjüngungsschicht auf. Um eine gewisse Objektivität und Übersichtlichkeit, aber auch Einfachheit bei der Interpretation und der Darstellung der Ergebnisse zu wahren, sollte die Bewertung der Waldumbaubestände durch geeignet definierten Bewertungsstufen erfolgen. Dazu wurden für die unter Punkt 3.1. aufgeführten Indikatoren „Baumarteneignung“, „Baumartenvielfalt“, „Laubholzanreicherung“, „Etablierungsgrad“, „Sicherungsgrad“, „Vertikale Struktur“ und „Horizontale Struktur“ geeignete Maßzahlen festgelegt und diese mit Bewertungsziffern versehen. Der Wert „1“ entspricht dabei jeweils der optimalen waldbaulichen Umsetzung. Bei einer Bewertung mit dem Wert „5“ konnte das entsprechende Merkmal dagegen nur ungenügend entwickelt werden.

Da häufig keine konkreten Zielwerte für die einzelnen Indikatoren festgelegt waren, erfolgte die Abgrenzung der einzelnen Bewertungsstufen in Abwägung zwischen waldbaulichen Erfordernissen und den tatsächlich beobachteten Wertebereichen.

##### 4.1. Baumarteneignung

Der Index „Baumarteneignung“ dient der Bewertung der Übereinstimmung der Baumarten der Verjüngungsschicht mit den standortsspezifischen Baumartenempfehlungen.

Mit ihm soll die Frage beantwortet werden, ob die für den Waldumbau verwendeten Verjüngungsbaumarten standortgerecht gewählt wurden.

Die Grundlage für die Bewertung der Standortgerechtigkeit der Baumarten bilden die nach dem Vorbild von ALDINGER und MICHIELS (1997) für Brandenburg entwickelte Baumarteneignungstabellen (RIECK et al. 2020, GRÜLL 2021), die auf der Basis der vier gleichgewichteten Merkmale „Konkurrenz“, „Stabilität“, „Leistung“ und „Pfleglichkeit“ abgeleitet wurden.

Die Baumarteneignungstabellen ordnen jeder Baumart in Abhängigkeit von der vorliegenden Standortsformengruppe und der Klimastufe eine waldbauliche Relevanz bzw. eine Anbauempfehlung zu (Tab. 1). Für die Ableitung des Indexes „Baumarteneignung“ wurde der empfohlene Baumartenanteil der Anbauempfehlung in einen Parameter „Bewertung“ als Median des Intervalls der Anbauempfehlung umgerechnet.

Einige seltene und fremdländische Baumarten, die durch die Baumartenbewertungstabellen noch nicht vollständig erfasst wurden, fallen in die Kategorie „0“. Diesen Baumarten wurde zunächst eine grundsätzliche Eignung unterstellt und daher die Bewertung 25 zugeordnet.

Die Berechnung der Bewertungsziffer für die „Baumarteneignung“ basiert auf folgendem Algorithmus:

- Zuordnung der Standorteigenschaften des Waldumbaubestandes über die Standortkarte
- Zuordnung der standortsabhängigen Bewertungen für

| Kategorie | Gesamturteil       | Waldbauliche Relevanz                                   | Anbauempfehlung | Bewertung |
|-----------|--------------------|---------------------------------------------------------|-----------------|-----------|
| 4         | vorrangig geeignet | hoch, besonders standortsangepasst                      | 51 – 100%       | 75        |
| 3         | geeignet           | mäßig, standortsangepasst                               | 21 – 50%        | 35        |
| 2         | wenig geeignet     | gering, noch standortsgerecht                           | 10 – 20%        | 15        |
| 1         | ungeeignet         | ohne waldbauliche Perspektive (kein Anbau empfohlen)    | <10%            | 5         |
| 0         | ohne Angaben       | noch nicht signiert: grundsätzliche Eignung unterstellt |                 | 25        |

Tab. 1: Codierung, waldbauliche Relevanz, Anbauempfehlung und Bewertung der Baumarteneignungsempfehlungen

alle stockenden Verjüngungsbaumarten

- Bildung eines grundflächengewichteten Mittels der Bewertungen

Bei der Klassifikation der so ermittelten Werte in fünf Bewertungsstufen gingen sowohl die Häufigkeitsverteilung der für die 406 Waldumbaubestände berechneten flächengewichteten mittleren Baumarteneignungen (Abb. 2) als auch waldbaulich begründbare Grenzen ein.

So geht man davon aus, dass eine optimale waldbauliche Umsetzung erreicht wird, wenn auf mindestens 50 % der Verjüngungsfläche vorrangig geeignete Baumarten stocken (Tab. 2). Diese Stufe erhielt den Wert „1“. Entsprechend wurde die Verjüngung mit „2“ bewertet, wenn mindestens 50 % der Verjüngungsfläche aus vorrangig geeigneten oder geeigneten Baumarten besteht. Sind mindestens 33 % der Fläche mit geeigneten und vorrangig geeigneten Verjüngungsbaumarten bestockt, erhielt der Umbaubestand die Bewertung „3“. Der Wert „4“ wurde vergeben, wenn der Anteil geeigneter und vorrangig geeigneter Baumarten < 33 % beträgt und mindestens 50 % der Verjüngung aus wenig geeigneten Baumarten bestand.

Tab. 2: Bewertungsschema des Indexes „Baumarteneignung“

| Stufe | mittlere Baumarteneignung     | Charakteristik                             |
|-------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| 1     | $\geq 55$<br>(75+35)/2        | überwiegend vorrangig geeignete Baumarten  |
| 2     | $\geq 32,5$<br>(75+35+15+5)/4 | überwiegend mindestens geeignete Baumarten |
| 3     | $\geq 18,3$<br>(35+15+5)/3    | mindestens 1/3 geeignete Baumarten         |
| 4     | $\geq 10$<br>(15+5)/2         | mindestens 1/2 wenig geeignete Baumarten   |
| 5     | sonst                         | überwiegend ungeeignete Baumarten          |

Abbildung 11 zeigt die Verteilung der untersuchten Waldumbaubestände auf die fünf Stufen der „Baumarteneignung“. Dabei fallen 94 bzw. 208 Bestände in die Stufen 1 bzw. 2, so dass man davon ausgehen kann, dass auf etwas mehr als

¼ aller erfassten Waldumbaupläche eine fachlich korrekte Wahl der Verjüngungsbaumarten erfolgte. In 64 Beständen entspricht die Baumartenzusammensetzung nicht den optimalen Zielvorgaben (Stufe 3), ist aber noch vertretbar. Dagegen waren die vorgefundenen Baumarten hinsichtlich ihrer Standortseignung und Entwicklungsperspektive wenig bis ungeeignet in 29 der 406 Bestände.

Im Rahmen der weiteren Analysen werden Baumarten auf einem Standort als „geeignet“ angesehen, wenn sie der Kategorie 4 „vorrangig geeignet“ bzw. 3 „geeignet“ zugeordnet sind (Tab. 1).

## 4.2. Baumartenvielfalt

Besonderes Augenmerk liegt beim Waldumbaugeschehen auf der Entwicklung standortangepasster, stabiler Baumartenmischungen, da diese als Schlüssel für die betriebliche Risikostreuung gesehen werden und im Falle der Schädigung oder des Verlustes einer beteiligten Baumart dem Waldökosystem Entwicklungsalternativen bieten. Die Bewertung der „Baumartenvielfalt“ erfolgte daher anhand der **Anzahl der Baumarten** bzw. der **Anzahl „geeigneter“ Baumarten** in der Verjüngungsschicht. Berücksichtigt wurden alle Baumarten mit einem Flächenanteil von mindestens 1 %.

Abbildung 3 zeigt die Häufigkeit der Waldumbaubestände nach Anzahl der Baumarten (dunkelgrüne Balken) bzw. Anzahl der geeigneten Baumarten (hellgrüne Balken). Während in den meisten Untersuchungsbeständen zwei bis vier Baumarten nachgewiesen werden konnten, treten aber auch einzelne Bestände mit mehr als zehn Baumarten auf.

Die Zahl der geeigneten Baumarten je Bestand ist erwartungsgemäß etwas geringer. In der überwiegenden Zahl der Bestände wurden ein bis vier geeignete Baumarten in der Verjüngungsschicht vorgefunden. Jedoch mussten auch Bestände beobachtet werden, die keine geeigneten Baumarten enthielten.

Insgesamt wiesen ca. 70 % der Verjüngungen mindestens drei Baumarten auf. Andererseits werden für den Waldum-

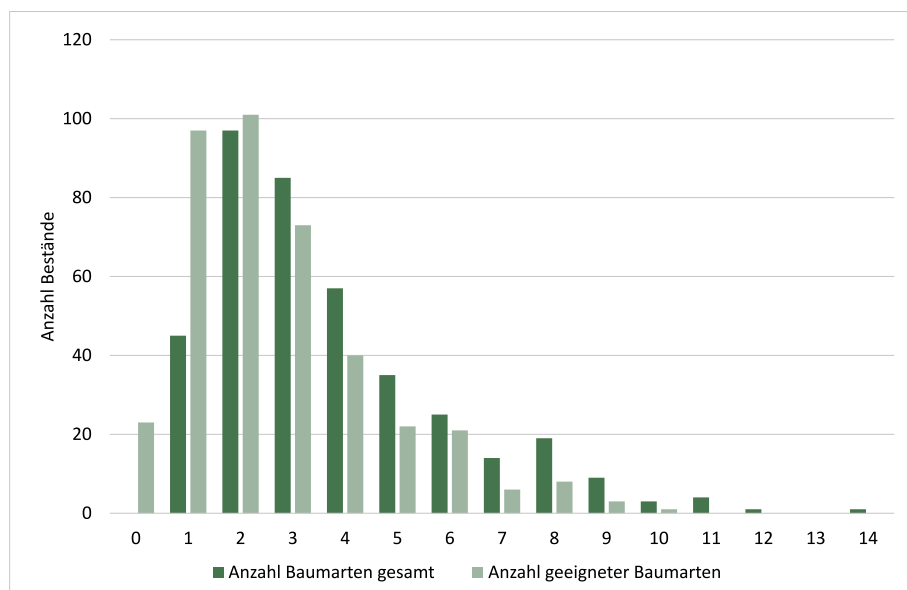


Abb. 3: Häufigkeit der Waldumbaubestände nach Anzahl der Baumarten bzw. der geeigneten Baumarten in der Verjüngungsschicht

Tab. 3: Bewertungsschema der „Baumartenvielfalt“

| Stufe | Anzahl Baumarten | Anzahl geeigneter Baumarten | Charakteristik                    |
|-------|------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1     | ≥ 4              | ≥ 3                         | Baumartenvielfalt sehr hoch       |
| 2     | ≥ 3              | ≥ 2                         | Baumartenvielfalt hoch            |
| 3     | ≥ 2              | ≥ 1                         | Baumartenvielfalt ausreichend     |
| 4     | 1                | 1                           | Baumartenvielfalt ungenügend      |
| 5     | sonst            |                             | Baumartenvielfalt nicht vorhanden |

bau in Brandenburg Baumartenmischungen mit mindestens vier überwiegend geeigneten Baumarten empfohlen (MLUK 2020a). Nach Abwägung zwischen Realität und waldbaulichen Erfordernissen wurde die Baumartenvielfalt entsprechend der in Tabelle 3 dargestellten Kriterien bewertet.

Abbildung 11 zeigt die Verteilung der untersuchten Waldumbaubestände in den fünf Stufen der „Baumartenvielfalt“. Mehr als 50 % der Waldumbaubestände weisen eine sehr hohe (134 Bestände) bzw. hohe Baumartenvielfalt (90 Bestände) auf. Darüber hinaus wurde in 111 Beständen die Baumartenvielfalt mit ausreichend bewertet, da sich deren Verjüngungsschicht aus mindestens zwei Baumarten zusammensetzt, von denen wenigstens eine geeignet ist. Insgesamt deuten die Ergebnisse damit zumeist auf eine hohe Baumartenvielfalt hin und bestätigen eine gute Ausgangslage für die zukunftsfähige Waldentwicklung.

### 4.3. Laubholzanreicherung

Neben der Verbesserung der Baumartenvielfalt stellt die „Laubholzanreicherung“ in Nadelholzreinbeständen ein weiteres zentrales Ziel der waldbaulichen Maßnahmen zur Restrukturierung von Reinbeständen dar.

Da die angestrebten Laubholzanteile standortsabhängig sind, wurden aus dem Bestandeszieltypen (BZT) - Erlass (MLUV 2006) abgeleitete standortsabhängige Mindestan-

Tab. 4: Auszug aus dem BZT-Erlass mit zugeordneten minimalen und maximalen Laubholzanteilen

| Stammstandortsformengruppe | Bestandeszieltypen                                 | Min. LBH-Anteil | Max. LBH-Anteil |
|----------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Z2 f                       | GKI-L, GKI-RBU, GKI-TEI, GKI-REI, GKI-GDG, GBI-GKI | 10              | 80              |
| Z2 m                       | GKI-L, GKI-RBU, GKI-TEI, GKI-GBI, GBI-GKI          | 10              | 60              |
| Z2 t                       | GKI-L, GKI-GBI, GKI-TEI                            | 20              | 60              |

forderungen an den Laubholzanteil (**minLBH**) für die Bewertung mit herangezogen.

Tabelle 4 zeigt beispielhaft die ermittelten minimalen und maximalen Laubholzanteile für die Stammstandortsgruppe Z2. Demnach kann der Wirtschaftler beispielsweise auf einem ziemlich nährstoffarmen mittelfrischen Standort im trockenen Tieflandklima (Tt Z2) BZT einen Laubholzanteil von 10 % bis 60 % anstreben.

Auf leistungsfähigeren Standorten (z. B. K2) sind aber auch bis zu 100 % Laubholzanteil möglich (Abb. 4).

In Abbildung 4 sind unter anderem die minimalen (roter Balken) und maximalen Laubholzanteile (gelber Balken) gemäß des BZT-Erlasses auf den elf, in der Stichprobe (SP) am häufigsten vorgefundenen Stammstandortsformen dargestellt. Darüber hinaus ist ersichtlich, dass die für die untersuchten Waldumbaubestände ermittelten mittleren Laubholzanteile (blauer Balken) weit über den Mindestvorgaben des BZT-Erlasses liegen. Gleiches gilt auch für die durchschnittlichen Anteile geeigneter Baumarten (grüner Balken).

Die Minimalwerte der Anteile geeigneter Laubbaumarten (schraffierte grüne Balken) machen aber auch deutlich, dass es einzelne Waldumbaubestände gibt, auf denen die Vorgaben des BZT hinsichtlich zu entwickelnder Laubholzanteile nicht erreicht wurden (z. B. auf Tm M2, Tm Z2g Tm Z2, Tt M2g).

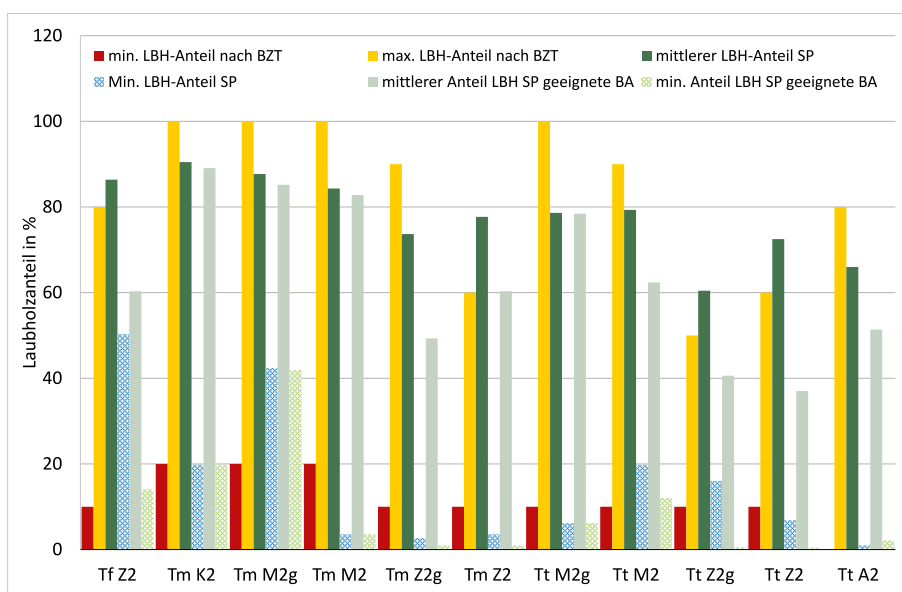


Abb. 4: Standortsspezifischer Vergleich der erfassten Laubholzanteile mit den Vorgaben des BZT-Erlasses

Tab. 5: Bewertungsschema der „Laubholzanreicherung“

| Stufe | Anteil LBH in %                          | Anteil LBH geeignete Baumarten in %      | Bewertung                     |
|-------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| 1     |                                          | $\geq 80$ oder $\geq \text{minLBH}+50\%$ | Sehr hoher Laubholzanteil     |
| 2     | $\geq 80$ oder $\geq \text{minLBH}+50\%$ | $\geq 50$ oder $\geq \text{minLBH}+30\%$ | Hoher Laubholzanteil          |
| 3     | $\geq 50$ oder $\geq \text{minLBH}+30\%$ | $\geq 30$ oder $\geq \text{minLBH}+10\%$ | Mäßiger Laubholzanteil        |
| 4     | $\geq 30$ oder $\geq \text{minLBH}$      | $\geq 10\%$ oder $\geq \text{minLBH}$    | Geringer Laubholzanteil       |
| 5     | sonst                                    |                                          | Unzureichender Laubholzanteil |

Tab. 6: Bewertungsschema des „Etablierungsgrades“

| Stufe | SG gesamt  | SG geeignete Baumarten | Bewertung               |
|-------|------------|------------------------|-------------------------|
| 1     | $\geq 0,9$ | $\geq 0,8$             | sichere Etablierung     |
| 2     | $\geq 0,8$ | $\geq 0,6$             | gute Etablierung        |
| 3     | $\geq 0,6$ | $\geq 0,4$             | Etablierung ungewiss    |
| 4     | $\geq 0,4$ |                        | ungenügende Etablierung |
| 5     | sonst      |                        | keine Etablierung       |

Bei der Bewertung der „Laubholzanreicherung“ werden schließlich beide Merkmale, der absolute Laubholzanteil und der Grad der Erfüllung der Laubholz-Mindestanforderungen des BZT (Tab. 4), berücksichtigt. Betrachtet werden dabei ähnlich wie bei der „Bauartenvielfalt“ sowohl

- der Laubholzanteil insgesamt (**Anteil LBH in %**) als auch
- der Anteil des geeigneten Laubholzes (**Anteil LBH geeignet in %**).

Aufgrund der in den Untersuchungsbeständen vorgefundenen hohen Laubholzanteile wurden bei diesem Merkmal auch vergleichsweise hohe Maßstäbe bei der Festlegung der Bewertungsstufen angesetzt (Tab. 5). Während danach mehr als 50 % der Bestände (210) einen sehr hohen und noch einmal mehr als 10 % einen hohen bzw. mäßigen Laubholzanteil in der Verjüngungsschicht aufwiesen, hatten noch mehr als 20 % der Waldumbaubestände insbesondere auf den schwächeren Standorten einen unzureichenden Laubholzanteil (Abb. 11).

#### 4.4. Etablierungsgrad

Die Dichte der Verjüngung bzw. der Schlussgrad als Maß für die Dichte sind wichtige Weiser für die Übernahmefähigkeit

von Verjüngungen als Folgegeneration. Deren Bewertung dient der Indikator „Etablierungsgrad“.

Neben dem Gesamtschlussgrad in der Verjüngungsschicht ist zudem entscheidend, welche Anteile die geeigneten und somit zukunftsfähigen Baumarten einnehmen. Zur Bewertung des Etablierungsgrades wurden daher

- der **Gesamtschlussgrad (SG gesamt)** als Summe der Schlussgrade aller Verjüngungsbaumarten und
- der **Schlussgrad der geeigneten Baumarten (SG geeignete Baumarten)** als Summe der Schlussgrade aller geeigneten Baumarten betrachtet.

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der untersuchten Waldumbaubestände auf die in Zehnteln unterteilten Schlussgradkategorien. Es zeigt sich, dass in ca. 80 % (321) der Bestände die Verjüngungsschicht einen Schlussgrad über 0,7 aufweisen (dunkelgrün). Nicht ganz so optimistisch stellen sich die Schlussgrade der geeigneten Baumarten (hellgrün) dar. Hier erreichen nur noch ca. 50 % (157) der Bestände Werte über 0,7.

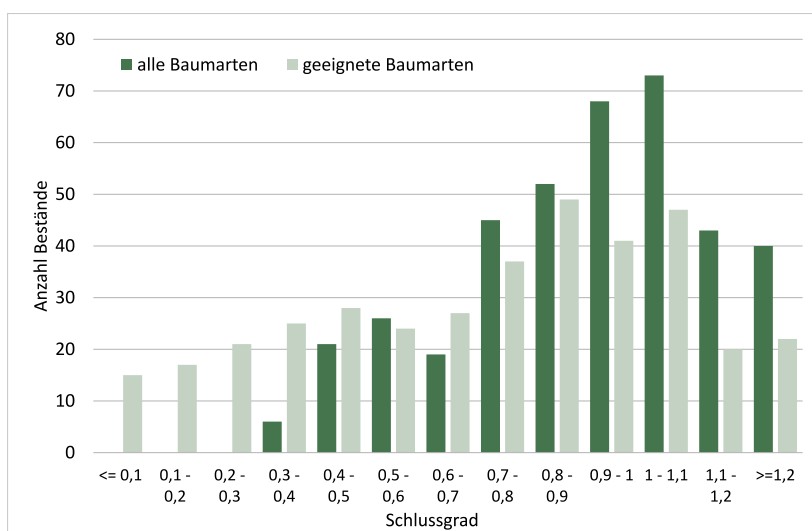


Abb. 5: Häufigkeit der Waldumbaubestände nach Gesamtschlussgrad bzw. Schlussgrad der geeigneten Baumarten in der Verjüngungsschicht

Bei der Bewertung des „Etablierungsgrades“ ließ man sich daher hauptsächlich von waldbaulichen Erfordernissen leiten. Schlussgrade der geeigneten Baumarten größer als 0,6 und einem Gesamtschlussgrad über 0,8, lassen davon ausgehen, dass sich die Verjüngung im Bestand „gut“ etabliert und bei noch höheren Schlussgraden (0,8 bzw. 0,9) „sicher“ etabliert hat (Tab. 6). Bei geringere Schlussgrade gelten die Verjüngungen dagegen als „ungewiss“ bzw. „ungenügend“ etabliert. Schlussgrade unter 0,4 sprechen eher für ein sporadisches Auftreten von Verjüngung.

Basierend auf diesen waldbaulichen Einschätzungen weisen mehr als 50 % aller erfassten Waldumbauflächen „etablierte“, entwicklungsfähige Verjüngungen mit Schlussgraden  $\geq 0,6$  bei geeigneten Baumarten und  $\geq 0,8$  über alle Baumarten auf (Abb. 11). Demgegenüber musste aber auf ca. 30 % der Flächen festgestellt werden, dass die angestrebten Schlussgrade, die für die Entwicklung einer waldwirtschaftlich und waldökologisch leistungsfähigen Folgegeneration erforderlich sind, noch nicht erreicht wurden. Hier ist langfristig eine weitere Anreicherung insbesondere auch mit geeigneten Verjüngungsbaumarten unerlässlich.

#### 4.5. Sicherungsgrad

Der Indikator „Sicherungsgrad“ dient der Bewertung, inwieweit die Verjüngung dem Äserbereich des Schalenwildes entwachsen und damit nicht mehr durch Verbiss gefährdet ist. Die Beurteilung des „Sicherungsgrades“ basiert ebenfalls auf einer Schlussgradermittlung. Einbezogen wurden aber im Unterschied zum „Etablierungsgrad“ nur Verjüngungsbaumarten, die eine mittlere Höhe von mehr als 2 m erreicht haben.

Die Verteilung der Bestände auf die in Zehnteln unterteilte Schlussgradkategorien (Abb. 6) zeigt, dass bei einer Vielzahl der untersuchten Waldumbaubestände keine der Verjüngungsbaumarten insbesondere auch der geeigneten Baumarten die Höhe von 2 m erreicht hat.

In Analogie zum „Etablierungsgrad“ wurden bei der Definition der Bewertungsstufen des „Sicherungsgrades“ sowohl

- die Summe der Schlussgrade aller Verjüngungsbaumarten mit einer mittleren Höhe über 2 m (**Schluss-**

#### grad – MHö > 2m)

als auch

- die Summe der Schlussgrade aller geeigneten Verjüngungsbaumarten mit einer mittleren Höhe über 2 m (**Schlussgrad der geeigneten Baumarten – MHö > 2m**) betrachtet, jedoch die Anforderungen an die Schlussgrade etwas herabgesetzt (Tab. 7). Bei einem Schlussgrad der geeigneten Baumarten größer als 0,6 und einem Gesamtschlussgrad über 0,8 kann davon ausgegangen werden, dass die Verjüngung im Bestand gesichert ist. In Abstufungen von jeweils 0,2 wurden die Verjüngungsbestände mit „weitgehend sicher“, „teilweise sicher“, „weitgehend nicht sicher“ bzw. „nicht sicher“ bewertet.

Tab. 7.: Bewertungsschema des „Sicherungsgrades“

| Stufe | SG<br>Höhe > 2 m | SG geeignete Baumarten<br>Höhe > 2 m | Bewertung               |
|-------|------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1     | $\geq 0,8$       | $\geq 0,6$                           | sicher                  |
| 2     | $\geq 0,6$       | $\geq 0,4$                           | weitgehend sicher       |
| 3     | $\geq 0,4$       | $\geq 0,2$                           | teilweise sicher        |
| 4     | $\geq 0,2$       |                                      | weitgehend nicht sicher |
| 5     | sonst            |                                      | nicht sicher            |

Die Verteilung der Waldumbaubestände in den Bewertungsstufen ähnelt jener des Etablierungsgrades (Abb. 11). Während ca. 47 % der erfassten Waldumbauflächen als „sicher“ bzw. „weitgehend sicher“ eingeschätzt wurden, erhalten aber noch etwa 38 % der Waldumbauflächen die Bewertungen „weitgehend nicht sicher“ und „nicht sicher“. Diese Ergebnisse machen deutlich, dass häufig generell noch zu geringe Schlussgrade erreicht werden oder ein erheblicher Anteil der erfassten Verjüngungen im Höhenbereich unter 2,0 m liegt und somit immer noch einem hohen betrieblichen (Verbiss-)Risiko ausgesetzt sind.

#### 4.6. Vertikale Struktur

Eine Erhöhung der vertikalen und horizontalen Struktur durch Waldumbauaßnahmen dient vor allem einer verbesserten Ausnutzung des Kronenraumes und der Sicherung von Dif-

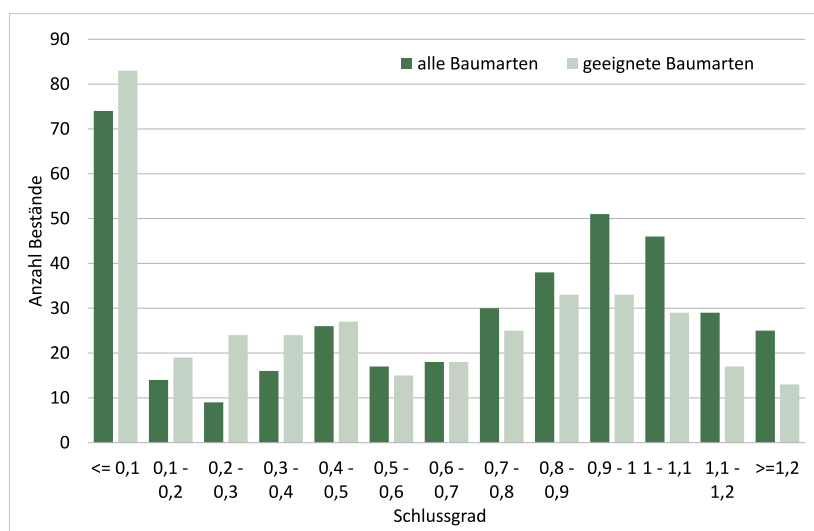


Abb. 6: Häufigkeit der Waldumbaubestände nach Schlussgrad über alle Verjüngungsbaumarten mit einer mittleren Höhe über 2 m bzw. Schlussgrad nur der geeigneten Baumarten in der Verjüngungsschicht über 2 m

ferenzierungsprozessen, führt zu positiven mikroklimatischen Effekten und unterstützt die Entwicklung vielfältiger Habitate. Die vertikale Struktur kann damit zur Erhöhung der Stabilität und Elastizität von Waldökosystemen beitragen.

Da die Höhen der einzelnen Verjüngungsbaumarten bei der Sonderinventur nur als Mittelwert angesprochen und nicht durch exakte Höhenmessungen ermittelt wurden, kann die tatsächliche vertikale Strukturierung im Bestand zunächst nur eingeschränkt wiedergegeben werden. Trotzdem wurde versucht, aus den vorliegenden Daten geeignete Bewertungsmaßzahlen abzuleiten.

Betrachtet wurden dazu

- die **Höhendifferenz** zwischen der größten und der kleinsten Höhe in der Verjüngungsschicht

sowie

- die Zahl der in der Verjüngungsschicht auftretenden 1 m - Höhenklassen (**Anzahl HKL**).

Abbildung 7 zeigt die Verteilung der untersuchten Waldumbaubestände in den dargestellten Höhendifferenzkategorien. Da die Verjüngungsbaumarten in fast 50 % der Bestände Höhendifferenzen von weniger als einem Meter aufweisen, wurde dieser Bereich in drei Kategorien geteilt: 0 – 0,25 m, 0,25 – 0,5 m (hellgrüne Balken) sowie 0,5 – 1 m (grüner Balken) Höhendifferenz. Alle weiteren Kategorien umfassen jeweils eine 1 m – Spanne (dunkelgrüne Balken).

In einer sehr hohen Zahl an Beständen (102) liegen die Höhendifferenzen unter 0,25 m, in weiteren 22 und 40 Beständen zwischen 0,25 und 0,5 m bzw. 0,5 und 1 m.

Es wurden zwar vereinzelt auch Waldumbaubestände erfasst, in denen die Baumarten der Verjüngungsschicht Höhendifferenzen von bis zu 10 m aufwiesen, insgesamt scheinen die Untersuchungsbestände jedoch eher gering vertikal strukturiert zu sein.

Ähnliche Effekte zeigen sich bei der Betrachtung der Anzahl der 1 m – Höhenklassen (Abb. 8). Auch hier überwiegen die Bestände mit nur wenigen Klassen, wobei eine genauere

Erfassung der Höhen der Verjüngungsschicht sicher ein differenzierteres Bild ergeben könnte.

Bei der Bewertung der vertikalen Struktur basierend auf diesen beiden Maßzahlen wurde vorrangig versucht, den Erwartungen an den Waldumbau im Hinblick auf die Entwicklung strukturierter Waldbestände annähernd gerecht zu werden (Tab. 8).

Tab. 8: Bewertungsschema der „Vertikalen Struktur“

| Stufe | Anzahl HKL | Höhendifferenz | Bewertung          |
|-------|------------|----------------|--------------------|
| 1     | ≥ 4        | > 5 m          | stark strukturiert |
| 2     | ≥ 3        | > 3 m          | strukturiert       |
| 3     | ≥ 2        | > 1,5 m        | mäßig strukturiert |
| 4     | ≥ 1        | > 0,25 m       | wenig strukturiert |
| 5     | sonst      |                | kaum strukturiert  |

Abbildung 11 zeigt, dass die Bewertungen der „Vertikalen Struktur“ wesentlich schlechtere Ergebnisse für die untersuchten Waldumbaubestände liefern als die vorherigen Indikatoren. Nur 20 Bestände fallen in die Stufe 1 „stark strukturiert“, mehr als ein Viertel der Bestände (102) sind dagegen „kaum strukturiert“ (Stufe 5) und mehr als die Hälfte nur „mäßig“ bzw. „wenig strukturiert“.

#### 4.7. Horizontale Struktur

Ähnlich wie bei der vertikalen Bestandesstrukturierung kann auch bei stärkerer horizontaler Gliederung der Bestände von einer Verbesserung der Stabilität und Elastizität der Waldökosysteme ausgegangen werden.

Maßzahlen zur Charakterisierung von Bestandesstrukturen basieren in der Regel auf Abstandsmessungen oder Baumfußkoordinaten. Aufgrund des damit verbundenen sehr hohen Arbeits- und Zeitaufwandes musste darauf bei den aktuellen Untersuchungen jedoch verzichtet werden. Alternativ wurde die Mischungsform für jede Baumart der Verjün-

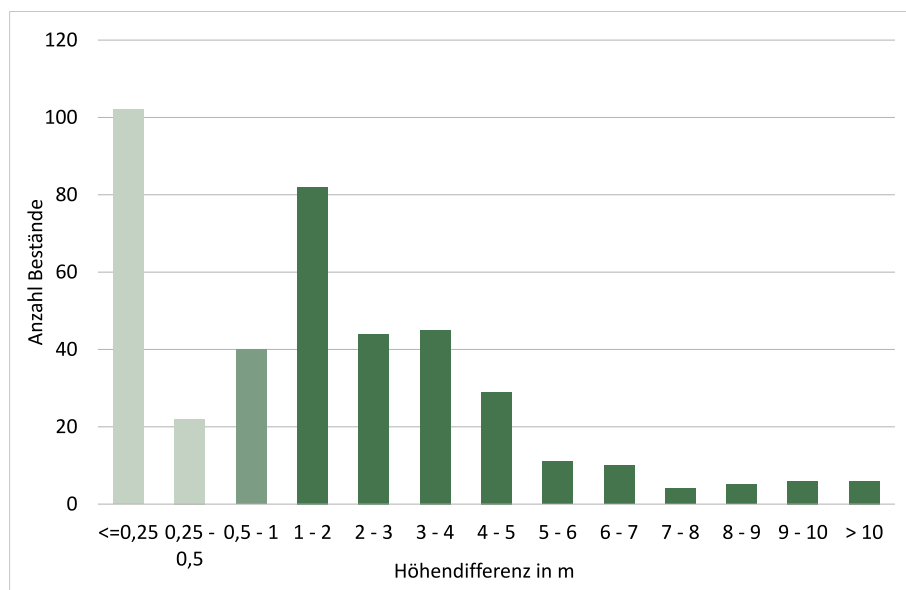


Abb. 7: Häufigkeit der Waldumbaubestände nach Differenzen der Mittelhöhen in der Verjüngung

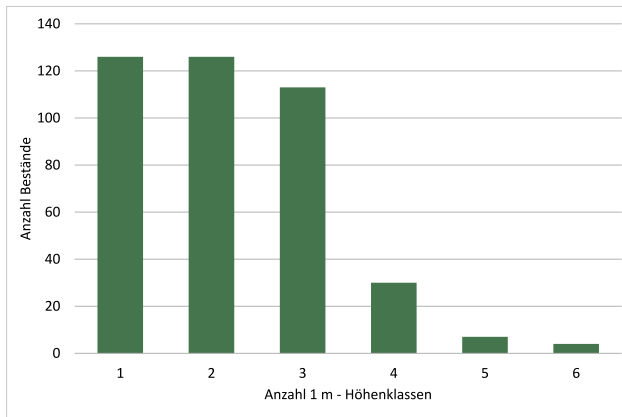


Abb. 8: Häufigkeit der Waldumbaubestände nach Anzahl der Höhenklassen in der Verjüngung

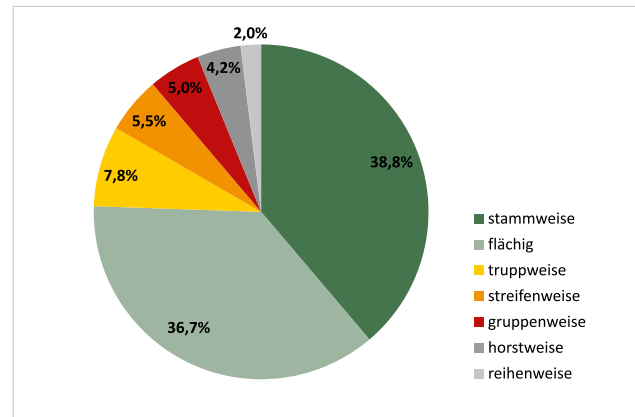


Abb. 9: Prozentuale Anteile der Mischungsformen in den Verjüngungen

gungsschicht angesprochen. Entsprechend den in Abbildung 9 dargestellten Anteilen auftretender Mischungsformen (MF) wurden am häufigsten einzelstammweise (38,8 %) und flächige Mischungen (36,7 %) registriert. Während truppweise Mischungen noch in fast 8 % der Fälle erkennbar waren, traten gruppen- und horstweise Mischungen jeweils nur noch zu etwa 5 % auf. Ähnlich geringe Anteile verzeichnen die reihen- und streifenweisen Mischungen (2 % bzw. 5,5 %).

Ein hier verwendeter erster Ansatz zur Bewertung der einzelnen Mischungsformen bzgl. ihrer Bedeutung für den Waldumbau basierte ausschließlich auf ökologischen Kriterien. Danach wurde versucht, den kleinräumigsten Mischungen die höchsten Werte zuzuordnen: stamm-, trupp-, gruppenweise = 4; streifen-, horstweise = 3; reihenweise = 2; flächig = 1.

Als Grundlage für die Bewertung der horizontalen Struktur der Waldumbaubestände diente das flächengewichtete Mittel der Mischungsformen der Baumarten in der Verjüngungsschicht. Deren Verteilung ist in Abbildung 10 dargestellt.

Die Auswertungen zeigen, dass die Verjüngungsbaumarten auf mehr als 20 % der Flächen ausschließlich flächig und auf weiteren 20 % vorwiegend flächig (1 - 1,5) eingebracht

wurden, also kaum eine horizontale Strukturierung aufweisen. Lediglich 11 % der Bestände erreichen Werte über 2,5, sind also eher kleinflächiger gemischt. Aufgrund der Rechtsschiefe der Verteilung wurden die Bewertungsstufen für die horizontale Struktur auf den Bereich bis 2,5 gleichmäßig aufgeteilt und der Bereich über 2,5 in Stufe 5 als „stark strukturiert“ zusammengefasst. Gegebenenfalls ließen sich hier aber auch strengere Maßstäbe ansetzen (Tab. 9).

Tab. 9: Bewertungsschema der „Horizontalen Struktur“

| Stufe | MW MF   | Bewertung          |
|-------|---------|--------------------|
| 1     | > 2,5   | stark strukturiert |
| 2     | 2 – 2,5 | strukturiert       |
| 3     | 1,5 – 2 | mäßig strukturiert |
| 4     | 1 – 1,5 | wenig strukturiert |
| 5     | 1       | kaum strukturiert  |

Trotz des hier gewählten, eher vorsichtigen Bewertungsansatzes bestätigen die in Abbildung 11 dargestellten Ergebnisse, dass bei den bisherigen Waldumbaumaßnahmen die

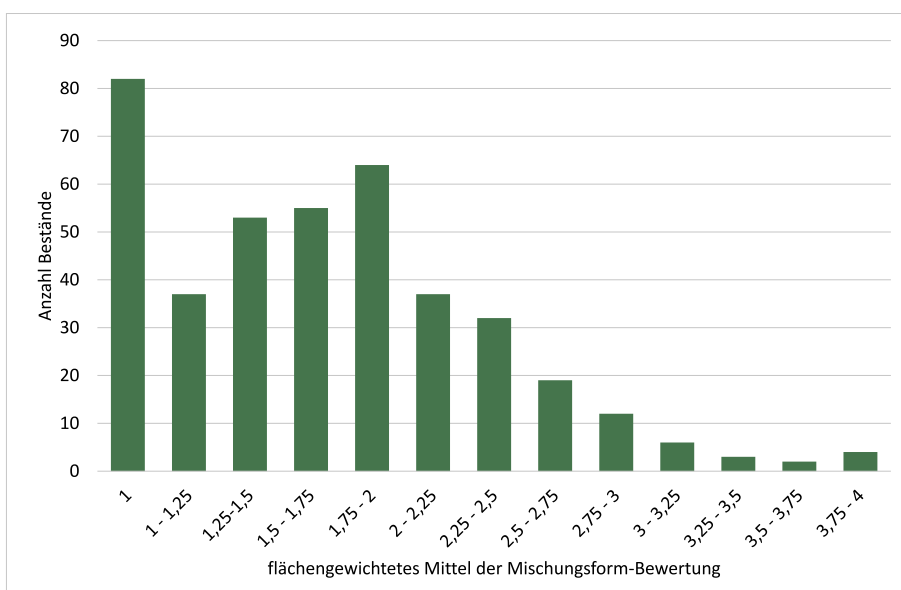


Abb. 10: Häufigkeit der Waldumbaubestände in Kategorien der flächengewichteten Mittel der Mischungsformenbewertung

horizontale Struktur offensichtlich nur geringe Beachtung fand. Klarere Aussagen wären möglich, wenn einerseits die Bestandesstruktur genauer erfasst werden könnte, andererseits die waldbaulichen Ziele bzgl. der Bestandesstruktur (MLUR 2004, NLF 2016) gegebenenfalls über die Definition von Waldentwicklungstypen (Böckmann et al. 2019, LFBW 2014) konkreter formuliert würden.

#### 4.8. Gesamtbewertung

Die Bewertung der einzelnen Indikatoren bildeten die Grundlage für eine Gesamtbewertung aller untersuchten Waldumbaubestände. Für die Gesamtbewertung eines Bestandes wurden die Bewertungsstufen der Indikatoren „Baumarteneignung“, „Baumartenvielfalt“, „Laubholzanreicherung“, „Etablierungsgrad“ und „Sicherungsgrad“ addiert. Auf die Einbeziehung der Merkmale „Vertikale Struktur“ und „Horizontale Struktur“ wurde zunächst verzichtet, da einerseits die erhobenen Strukturdaten noch zu ungenau für belastbare Aussagen waren, andererseits aber auch die Bedeutung der Waldstruktur für den Erfolg von Waldumbaumaßnahmen derzeit noch nicht konkret formuliert werden konnte.

Die für alle untersuchten Waldumbaubestände ermittelten Summenwerte decken fast vollständig den gesamten möglichen Wertebereich – fünfmal die Bewertungsstufe 1 = 5 bzw. fünfmal die Bewertungsstufe 5 = 25 – ab (Abb. 12). Obwohl die meisten Gesamtbewertungen in den Bereich zwischen 7 und 12 fallen, scheinen die Bestände gleichmäßiger verteilt zu sein als bei den Einzelmerkmalen.

Bei der Definition der fünfstufigen Gesamtbewertungsskala spielten neben waldbauliche Gesichtspunkte vor allem die Plausibilität eine Rolle. Waldumbaubestände wurden somit der Stufe 1 „ausgesprochen gelungen“ zugeordnet, wenn die mittlere Bewertung der Einzelindikatoren nicht größer als 2 war. Bei durchschnittlichen Bewertungen von 4 und schlechter, wurde der Waldumbau dagegen mit 5 „nicht gelungen“ bewertet. Die Zwischenstufen „gelungen“, „bedingt gelungen“ und „noch ungewiss“ ergaben sich in ähnlicher Weise (Tab. 10).

Entsprechend dieser Klassifikation wurde auf 62 % aller untersuchten Flächen der Waldumbau als „gelungen“ bzw. „ausgesprochen gelungen“ (87 bzw. 164) bewertet (Abb. 13). In 63 Beständen (ca. 15 %) ist der Waldumbau bislang „bedingt gelungen“. Hier liegen mutmaßlich teilflächenweise und/oder baumartenspezifische Ausfälle vor. Die Defizite ließen sich gegebenenfalls durch Nachbesserungen, Ergänzungen, waldbauliche Steuerungsmaßnahmen in der Verjüngung oder auch überfällige Auflichtungen des Oberstandes mit relativ

Tab. 10: Bewertungsschema für die Gesamtbewertung der Waldumbaubestände

| Stufe | Gesamtbewertung =<br>Summe der Einzelbewertungen | Bewertung Waldumbau<br>gesamt |
|-------|--------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1     | 5 - 10                                           | ausgesprochen gelungen        |
| 2     | 11 - 13                                          | gelungen                      |
| 3     | 14 - 16                                          | bedingt gelungen              |
| 4     | 17 - 19                                          | noch ungewiss                 |
| 5     | 20 - 25                                          | nicht gelungen                |

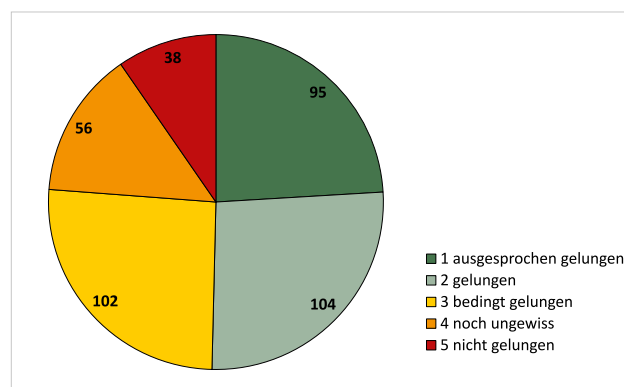


Abb. 13: Ergebnisse der Gesamtbewertung<sup>1</sup>

- 1 Im Folgenden wird die in der Legende dargestellte Farbgebung der Stufen 1 - 5 für alle folgenden Auswertungen der Waldumbaubewertung analog verwendet.

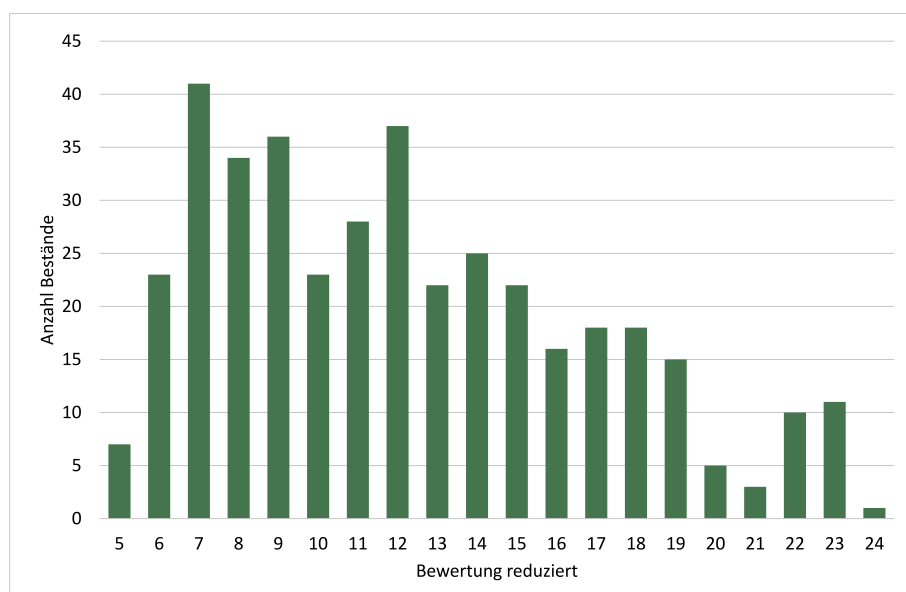


Abb. 12.: Verteilung der Waldumbaubestände entsprechend ihrer Gesamtbewertung

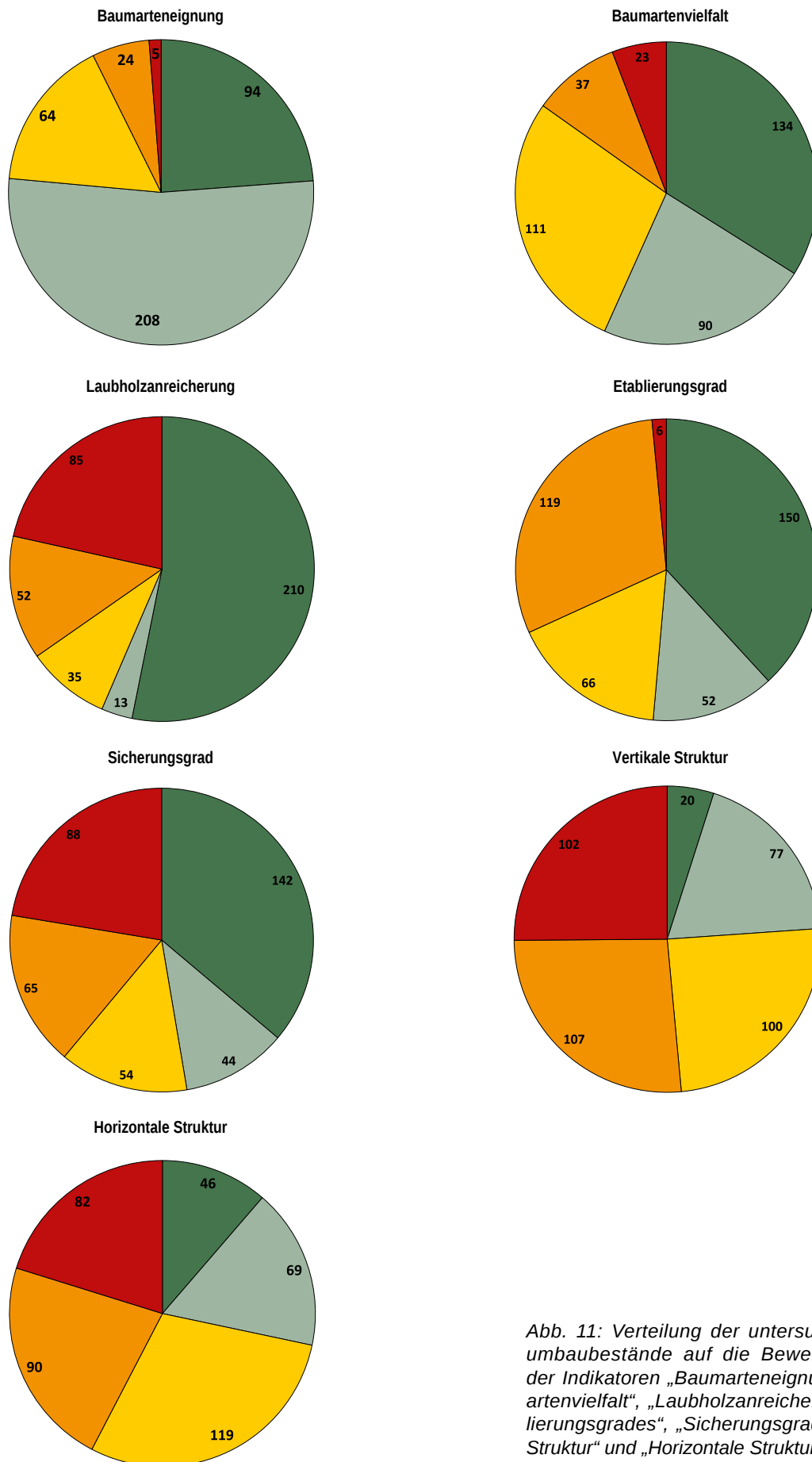


Abb. 11: Verteilung der untersuchten Waldumbaubestände auf die Bewertungsstufen der Indikatoren „Baumarteneignung“, „Baumartenvielfalt“, „Laubholzanreicherung“, „Etablierungsgrad“, „Sicherungsgrad“, „Vertikale Struktur“ und „Horizontale Struktur“

geringem Aufwand ausgleichen. 15 Bestände wiesen einen Entwicklungsstatus in der Verjüngung auf, der als „noch ungewiss“ beurteilt werden musste. In 30 Beständen ist der Walddumbau „nicht gelungen“. Im Rahmen der Walddumbauevaluierung wurde zwar nach möglichen Ursachen für den unbefriedigenden Entwicklungsstatus der in diese beiden Bewertungskategorien fallenden Walddumbaubestände gesucht (s. Abschnitt 5), jedoch konnten nicht alle möglichen Einflussfaktoren wie beispielsweise klimatische Extremereignisse (z. B. Dürre, Frost), biotische Schadfaktoren (z. B. Mäusefraß, Wildverbiss), fehlenden waldbaulichen Folgemaßnahmen (z. B. Nachbesserung) oder versäumte Kulturpflege betrachtet werden, da dazu keine geeigneten Daten vorlagen.

## 5. Ausgewählte Ergebnisse

Aus der Vielzahl der Untersuchungen, die in einem umfassenden Bericht (STÄHR et al. 2021) dargestellt wurden, sollen im Folgenden einige der wichtigsten Ergebnisse erläutert werden. Insbesondere beziehen sich die folgenden Abschnitte auf die Analyse möglicher Ursachen für das Nichtgelingen von Walddumbaumaßnahmen und den daraus resultierenden Empfehlungen für zukünftige Behandlungskonzepte.

### 5.1. Vergleich von Landeswald und Nicht-Landeswald

Aufgrund unterschiedlicher Förderregularien und waldbaulicher Verfahrensweisen im Landeswald (LW) und Nicht-Landeswald (NLW) bestand die Frage, wie sich diese auf den Walddumbauerfolg auswirken würden.

Zur Beurteilung der Differenzen zwischen diesen beiden Eigentumskategorien wurden die einzelnen Indikatoren gegenübergestellt. Die Balkendiagramme in Tabelle 11 zeigen die Verteilung der untersuchten Bestände in den Bewertungsstufen der einzelnen Indikatoren, wobei die absoluten Zahlen aus der Balkenbeschriftung und die prozentualen Anteile aus den Einheiten der x-Achse abzulesen sind. Darüber hinaus enthält die Tabelle für alle Indikatoren und Eigentumskategorien die Mittelwerte der Bewertungsstufen über alle untersuchten Bestände.

Während im LW die Baumartenvielfalt sowie die vertikale und horizontale Struktur etwas besser als im NLW bewertet wurden, zeigt der NLW vor allem höhere Etablierungs- und Sicherungsgrade. Eine der wichtigsten Ursachen dürfte sein, dass die untersuchten Walddumbaubestände des LW zu fast 2/3 aus Naturverjüngung hervorgegangen sind, dagegen die Verjüngungen im NLW zu mehr als 50 % durch Voranbau begründet wurden. Naturverjüngungen sind im Gegensatz zu künstlichen Verjüngungen durch längere Entwicklungsphasen, gegebenenfalls größere Baumartenanzahl, ungleichmäßigere Verteilungen der Verjüngung, aber teilweise auch durch Lücken bzw. Bereiche mit niedrigeren Schlussgraden gekennzeichnet.

Darüber hinaus sind die Verjüngungen im LW aufgrund der Stichprobenauswahl (Abschnitt 3.3) etwas älter als im NLW, sodass sich in diesen Beständen schon eine stärkere vertikale Strukturierung herausbilden konnte. Die Schlussgrade der lückigeren Naturverjüngungen könnten dagegen durch kleinflächige Pflanzungen erhöht werden, ohne auf die gute entwickelte Struktur verzichten zu müssen.

Darüber hinaus waren die Walddumbaubestände im NLW im Durchschnitt deutlich kleiner als im LW (NLW: Ø 1,94 ha; LW: Ø 3,91 ha), was vermutlich darin begründet liegt, dass der NLW kleinparzellierter als der LW ist.

Die geringere Flächengröße im NLW ließe sich aber auch damit begründen, dass die umzubauenden Flächen insbesondere bei künstlicher Verjüngung hinsichtlich Anlage und Pflege leistbar und trotz Förderung aufgrund der notwendigen Vorfinanzierung auch bezahlbar sein müssen. Eventuell könnten durch Änderungen in den Förderrichtlinien, wie z. B. eine Gewährung einer Vorauszahlung, die Waldbewirtschafter zum Walddumbau auf größerer Fläche motiviert werden.

### 5.2. Standort

Insgesamt wurden 66 verschiedene Stammstandortsformen auf den untersuchten Walddumbaubeständen erfasst. Am häufigsten vertreten waren die elf in Abbildung 14 aufgeführten Standortseinheiten, die mehr als die Hälfte der un-

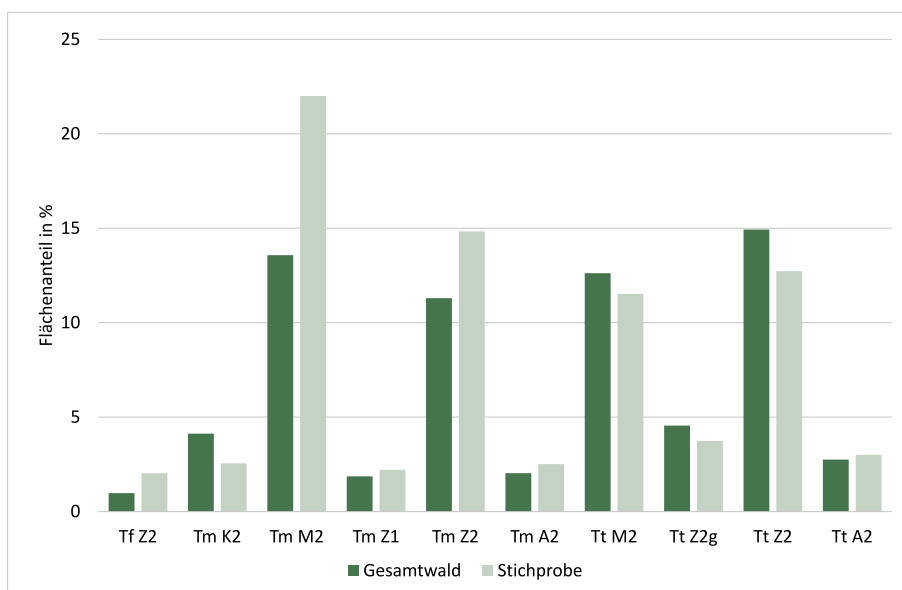


Abb. 14: Vergleich der Standortsanteile der Stichprobe mit den Anteilen im Gesamtwald Brandenburgs

Tab. 11: Prozentuale Anteile der Bestände des LW und NLW in den Bewertungsstufen der sieben Indikatoren sowie deren Mittelwerte

| Indikator            |     |  | Mittelwert |
|----------------------|-----|--|------------|
| Baumarteneignung     | NLW |  | 2,07       |
|                      | LW  |  | 2,08       |
| Baumartenvielfalt    | NLW |  | 2,35       |
|                      | LW  |  | 2,27       |
| Laubholzanreicherung | NLW |  | 2,45       |
|                      | LW  |  | 2,48       |
| Etablierungsgrad     | NLW |  | 2,29       |
|                      | LW  |  | 2,80       |
| Sicherungsgrad       | NLW |  | 2,51       |
|                      | LW  |  | 2,95       |
| Vertikale Struktur   | NLW |  | 3,59       |
|                      | LW  |  | 3,42       |
| Horizontale Struktur | NLW |  | 3,27       |
|                      | LW  |  | 3,20       |

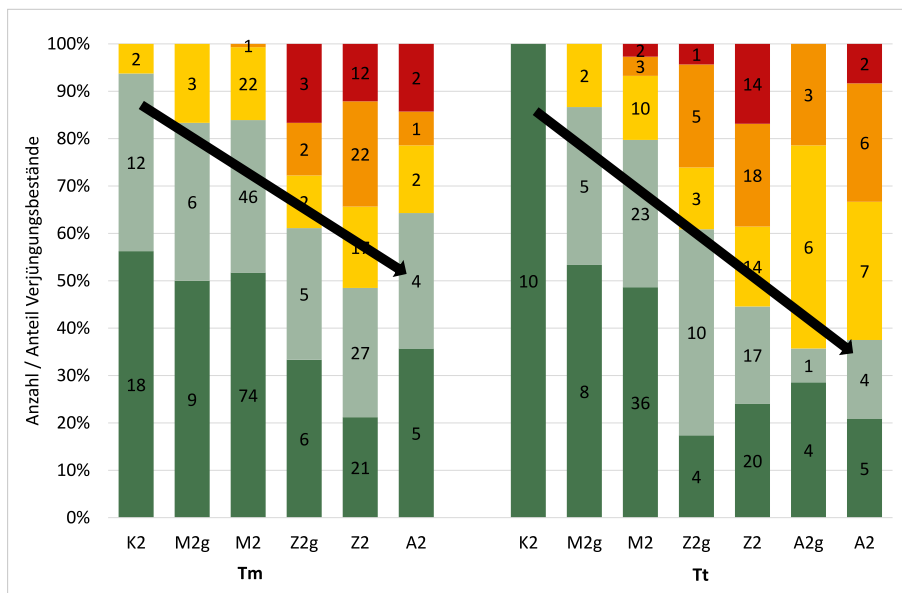


Abb. 15: Anzahl (Balkenbeschriftung) und Anteil (Beschriftung der y-Achse) der Verjüngungsbestände gegliedert nach Standortseinheiten und Bewertungskategorien

tersuchten Gesamtfläche abdecken. Vergleicht man die prozentualen Flächenanteile dieser Stammstandortsformen im Gesamtwald mit denen der Stichprobe, dann wird deutlich, dass Waldumbau überproportional häufiger in der klimatisch günstigeren Klimastufe Tm (mäßig trockenes Tieflandklima) erfolgte.

Die in Abbildung 15 beispielhaft für die Klimastufen Tm und Tt dargestellten Anteile an den fünf Bewertungsstufen deuten außerdem darauf hin, dass die Waldumbaubestände mit abnehmender Standortsnährkraft zunehmend schlechter bewertet wurden. Die Verringerung der Bewertungen „ausgesprochen gelungen“ und „gelungen“ und die Zunahme der Bewertungen „noch ungewiss“ und „nicht gelungen“ von den Z2g (g = grundwassernah) zu den Z2-Standorten verdeutlicht darüber hinaus die außerordentliche Bedeutung der Wasserverfügbarkeit für den Waldumbauerfolg.

Bei standörtlich und klimatisch ungünstigeren Bedingungen muss daher von einem höheren Erfolgsrisiko, einer schwierigeren waldbaulichen Umsetzbarkeit sowie einer zeitlichen Verlängerung der Waldumbauphase ausgegangen werden. Da die noch immer sehr hohen Anteile an Kiefernreinbeständen in den trockenen Klimabereichen (Tt) auf leistungsschwachen Standorte (Z- und A-Standorte) ein erhebliches Betriebsrisiko darstellen, besteht auf diesen Standorten ein dringender Nachholbedarf an stabilisierenden Maßnahmen.

Durch standortsabhängige Förderbeträge könnten jedoch erhöhte Risiken und größere waldbauliche Aufwände ausgeglichen und die Bewirtschafter stärker zum Umbau auch bei ungünstigen Standortbedingungen motiviert werden.

### 5.3. Standort – Baumart

Um eine Risikoverteilung durch die Entwicklung stabiler Mischbestände mit einer Vielzahl standortgerechter Baumarten(kombinationen) zu gewährleisten, ist die Zahl der vorgefundenen und damit gegebenenfalls relevanten Baumarten auf den einzelnen Standortseinheiten von besonderem Interesse (Abb. 16).

Insgesamt wurden 50 Baumarten in den Verjüngungsschichten der untersuchten Waldumbaubestände erfasst, wobei auf fast allen untersuchten Standortseinheiten eine überraschend große Zahl verschiedener Baumarten festgestellt werden konnte.

Eine eigentlich zu erwartende Verringerung der Baumartenzahl mit abnehmender trophisch-hydrischer Standortsausstattung zeichnet sich in den Waldumbaubeständen nicht ab. Insbesondere ist bemerkenswert, dass auch auf leistungsschwächeren terrestrischen Waldstandorten insgesamt ein sehr großes Baumartenspektrum aufgenommen werden konnte. So wurden in den 13 bzw. 73 untersuchten Beständen im mäßig trockenen Tieflandklima (Tm) auf den nährstoffarmen und ziemlich nährstoffarmen mittelfrischen terrestrischen Stichprobenflächen Tm A2 bzw. Tm Z2 insgesamt zwölf bzw. 20 verschiedene Baumarten angetroffen, in den 21 bzw. 65 Beständen auf den adäquaten Stammstandortsformen im trockenen Tieflandklima (Tt) sogar 15 bzw. 26. In den zwei untersuchten Beständen auf dem leistungsschwächsten und trockensten Waldstandort Tt A3 konnten immerhin noch fünf verschiedene Baumarten erfasst werden.

Das auf allen Standorten beobachtete breite Baumartenspektrum sollte damit eine solide Grundlage für den Waldumbau darstellen und vielfältige waldbauliche Handlungsoptionen zulassen.

### 5.4. Baumartenwahl

Erwartungsgemäß kristallisierten sich unter den 50 erfassten Baumarten die heimischen Eichenarten als die am häufigsten auftretende Verjüngungsbaumart heraus. 62 % aller untersuchten Umbaubestände wiesen Verjüngung mit Trauben-Eiche (TEI) auf, 12 % mit Stiel-Eiche (SEI). Ebenfalls besonders häufig erfasst wurde Verjüngung der Baumarten Gemeine Kiefer (GKI) (59 %), Rot-Buche (RBU) (55 %) und Gemeine Birke (GBI) (47 %). Daneben sind weitere Nadelbaumarten wie Grüne Douglasie (GDG) in 17 %, Gemeine Fichte (GFI) in 16 % und Europäische Lärche (ELA) in 6 % der untersuchten Verjüngungen beteiligt (Abb. 17).

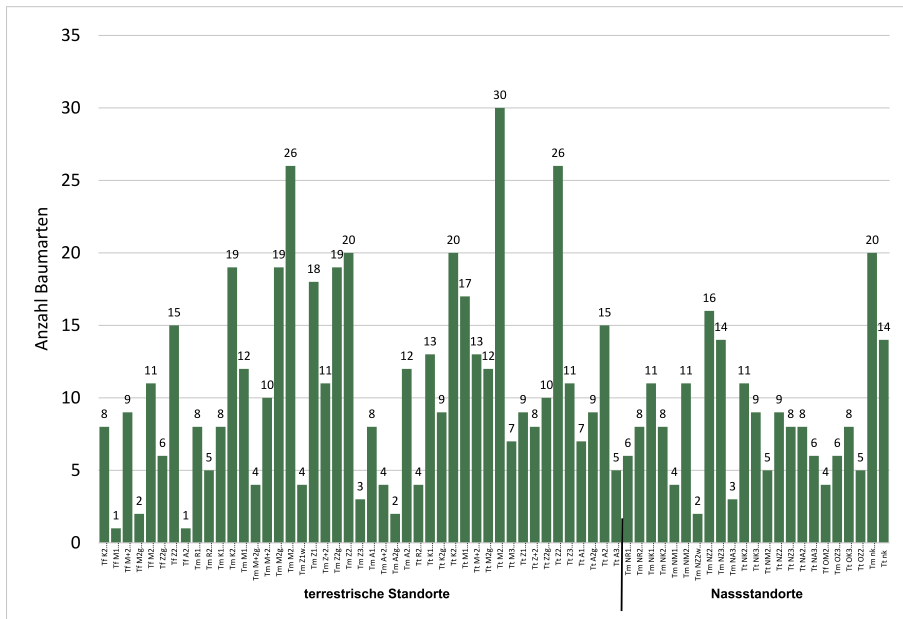


Abb. 16: Summarische Baumartenanzahl auf den erfassten Standortseinheiten

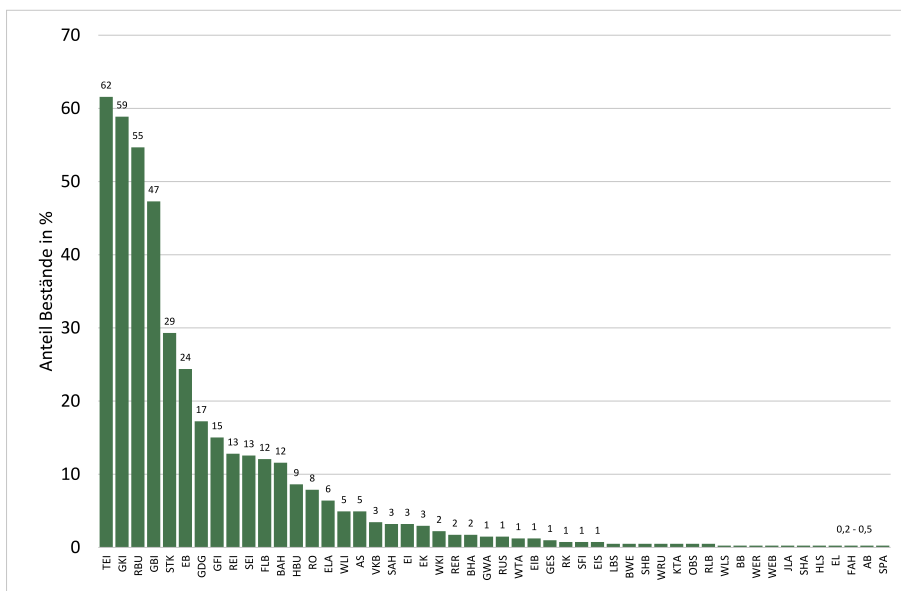


Abb. 17: Summarische Baumartenanzahl auf den erfassten Standortseinheiten

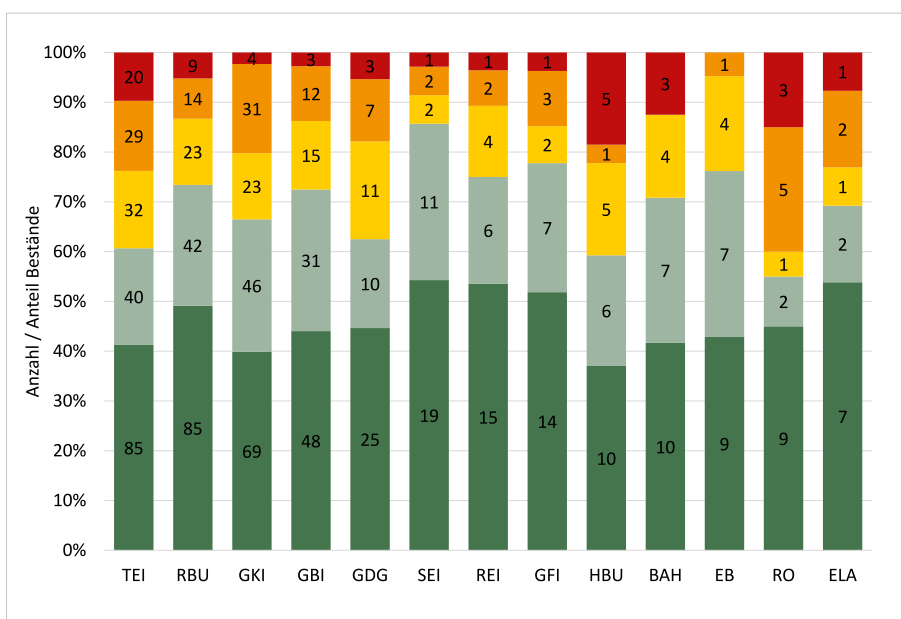


Abb. 18: Anzahl (Beschriftung der Balken) und Anteil (Beschriftung der y-Achse) der erfassten Flächen gegliedert nach Beteiligung der Verjüngungsbaumarten und Bewertungskategorien

Trotz fehlender waldbaulicher Empfehlung wurde auf 29 % der Flächen ein Vorkommen von Spätblühender Traubekirsche (STK) nachgewiesen. Weitere verjüngungsprägende Laubbaumarten sind Eberesche (EB) (24 %), Rot-Eiche (REI) (13 %), Berg-Ahorn (BAH) (12 %), Hainbuche (HBU) (9 %), Robinie (RO) (8 %) sowie mit jeweils 5 % Winter-Linde (WLI) und Aspe (AS).

Um einschätzen zu können, inwieweit die einzelnen Baumarten zum Gelingen des Waldumbaus beitragen können, wurden für die am häufigsten in den Verjüngungen auftretenden umbaurelevanten Baumarten die Gesamtbewertungen verglichen. Abbildung 18 zeigt die Anzahl (Balkenbeschriftung) und Anteile (Skala der y-Achse) der Bestände gegliedert nach Baumarten und Bewertungsstufen.

Bemerkenswert ist, dass bei der am häufigsten vertretenen Baumart TEI der Anteil der „ausgesprochen gelungenen“ und „gelungenen“ Bestände mit 60 % im Vergleich zu den anderen betrachteten Baumarten gering und der Anteil der „nicht gelungenen“ Verjüngungen mit 10 % vergleichsweise hoch ist (MW der Bewertung = 2,32). Dagegen erhalten die Baumarten SEI (1,71) und REI (1,86), aber auch die EB (1,86) und die GFI (1,89) mit sehr hohen Anteilen an „ausgesprochen gelungenen“ und „gelungenen“ Beständen die besten Bewertungen, gefolgt von der zweithäufigsten Laubbaumart, der Rot-Buche (1,96). Eher durchschnittlich sind die Verjüngungsbaumarten GBI (2,0), ELA (2,07), BAH (2,12), GDG (2,16) und GKI (2,16) einzuordnen.

Die relativ schlechten Bewertungen der TEI könnten aus einem unterschätzten oder auch aus kapazitiven Gründen nicht abdeckbaren Pflegebedarf resultieren.

Möglicherweise wurde beim Waldumbau bisher zu häufig auf TEI gesetzt und zu wenig auf SEI oder waldbaulich wenig beachtete Nebenbaumarten (z. B. GBI) vertraut. Die guten Bewertungen der REI zeigen darüber hinaus, dass auch nichtheimische Baumarten zum Gelingen des Waldumbaus beitragen können.

## 5.5. Verbiss

Da die Entwicklung der Verjüngung erheblich durch das Wild beeinflusst wird, erfolgte im Rahmen der Datenerfassung zwischen Oktober und Dezember 2020 eine Beurteilung der Verbißsschäden in Anlehnung an das Verfahren der Forsteinrichtung. Diese Daten können jedoch nur eine Momentaufnahme darstellen. Für sicherere Abschätzungen des Wildeinflusses sind detailliertere und insbesondere kontinuierlichere Aufnahmen (z. B. Verbiß- und Schälschadensmonitoring) erforderlich.

Insgesamt wiesen über 90 % der Verjüngungen auf den untersuchten Waldumbauflächen keine oder geringe Verbißsschäden auf. In der Waldumbau-Stichprobe wurden daher im Vergleich mit den Ergebnissen der LWI (MLUL 2018) und BWI (BWI 2012) deutlich höhere Anteile unverbissener Verjüngungen festgestellt. Dies kann sowohl an den unterschiedlichen Aufnahmeverfahren als auch am ungünstigen Aufnahmezeitpunkt liegen. Darüber hinaus werden geförderte bzw. aktiv verjüngte Bestände möglicherweise intensiver betreut oder vor Wildeinwirkung geschützt als durchschnittlich alle durch die Inventuren erfassten, auch spontan auftretenden Verjüngungen.

Dennoch konnten aus den erhobenen Daten einige Anhaltspunkte zum Einfluss des Wildes auf die Verjüngungsentwicklung abgeleitet werden. Wird die Verbißsdisposition der zehn am häufigsten auftretenden Baumarten betrachtet, zeigt sich, dass das Laubholz erwartungsgemäß stärker verbißen ist (Abb. 19). TEI, RBU und SEI weisen mit mehr als 25 % den höchsten Anteil verbißener Verjüngungen auf, wobei die TEI mit einem Anteil von ca. 11 % der mäßig bis sehr stark verbißenen Verjüngungen am schlechtesten abschneidet. Auch wenn die Anzahl der SEI-Verjüngungen vergleichsweise gering ist, belegen die Erhebungen eine bevorzugte Verbißsdisposition der heimischen Eichenarten. Keine oder geringe Verbißsschäden wurden dagegen an den Nadelhölzern sowie an GBI und STK festgestellt.

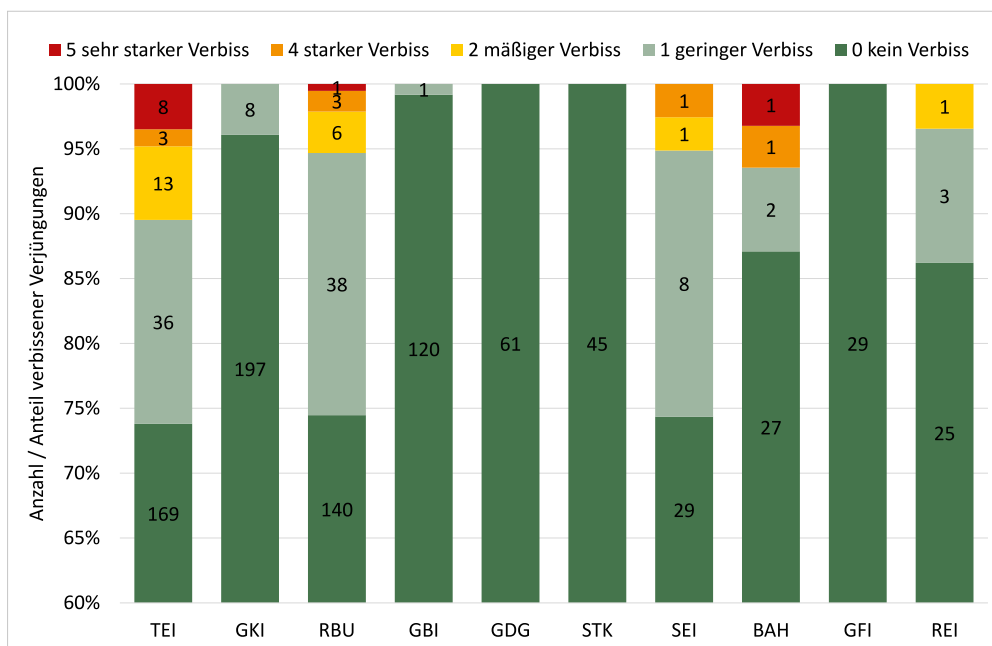


Abb. 19: Verteilung der Verbißbelastung auf die zehn häufigsten Baumarten

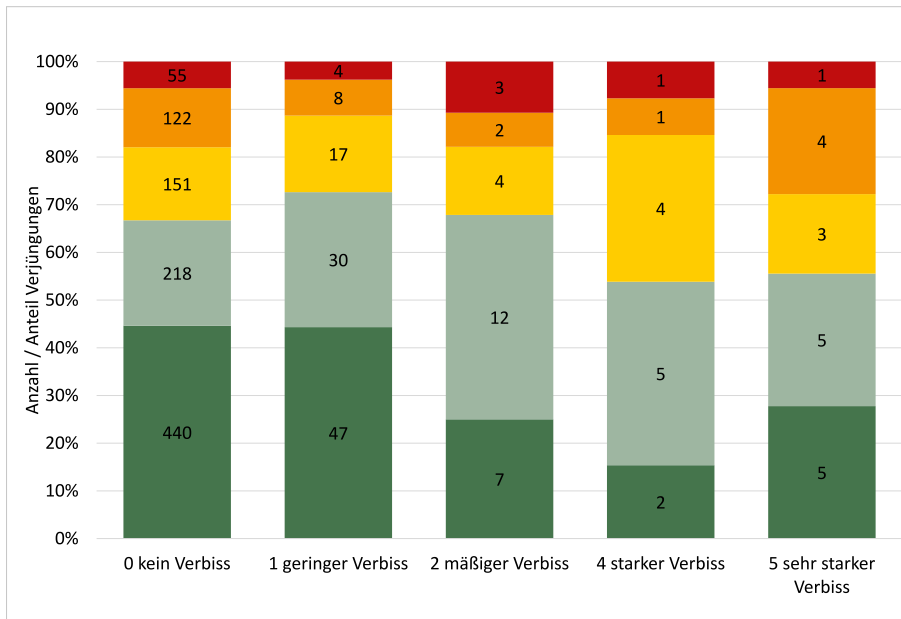


Abb. 20: Einfluss der Verbissstärke auf die Bewertung der Waldumbaubestände

Obwohl nur der aktuelle Schadenszustand, nicht jedoch die Entwicklung vor der aktuellen Aufnahme betrachtet werden kann, wurde der Einfluss des Verbisses auf das Gelingen des Waldumbaus untersucht (Abb. 20). Trotz der nicht ausreichend genauen Datenbasis zeichnet sich schon hier ein gewisser Trend dahingehend ab, dass mit zunehmender Stärke des Verbisses der Waldumbauerfolg abnimmt. Inwieweit das Erreichen der waldbaulichen Zielstellung gefährdet ist, kann nur mit Hilfe eines intensiveren Monitorings überprüft werden.

## 5.6. Zaunschutz und Pflegezustand

Um das Gelingen des Waldumbaus durch unangepasste Schalenwildbestände nicht zu gefährden, wurden in den letzten Jahrzehnten die Verjüngungen in großem Maße durch Zäune geschützt. Im Rahmen der Untersuchungen wurde daher versucht, für jeden Bestand nachzuvollziehen, ob die Verjüngungen mit oder ohne (zeitweisen) „Zaunschutz“ aufwuchsen.

Dazu wurden die Bestände „mit Zaunschutz“ eingestuft, wenn

1. bei der aktuellen Begehung der Bestände irgendetwas auf einen Zaun hinwies (von noch existierendem Zaunschutz bis Reste eines Zaunes),
2. für LW-Bestände ein Hinweis auf zeitweisen Zaunschutz im Datenspeicher Wald (DSW2 2021) gefunden oder
3. für NLW-Bestände ein Zaunschutz gefördert wurde.

Insgesamt waren danach fast 2/3 aller Bestände zeitweise gezäunt, wobei der Anteil im NLW mit ca. 80 % wesentlich höher als im LW (ca. 50 %) war.

Zwar zeigt der Vergleich der Bewertungen der Waldumbaubestände mit und ohne Zaunschutz (Abb. 21), dass der Anteil „ausgesprochen gelungener“ Bestände mit Zaunschutz höher als ohne ist, gleichfalls aber auch der Anteil der „be-

dingt“ bis „nicht gelungenen“ Verjüngungen dort die schlechteren Werte aufweisen. Ein belastbarer Zusammenhang zwischen dem Zaunschutz und der Gelungenheitsbewertung der Waldumbaufläche war gegenwärtig hingegen auch aufgrund der eher ungenauen Datenlage nicht nachweisbar.

Im Zuge der Stichprobeninventur wurde auch der Pflegezustand der Verjüngungsbestände begutachtet. Deren Einschätzung konzentriert sich dabei vornehmlich auf Maßnahmen zur Verhinderung der Entwicklung von verdämmenden Begleitfloren (z. B. Sandrohr oder Adlerfarn), auf Maßnahmen zur Standraum- und Mischungsregulierung sowie auf die Vorbeugung oder Beseitigung überlegener Konkurrenz von Baumarten, die nicht dem Verjüngungsziel entsprechen (z. B. Spätblühende Traubenkirsche). Auch in diesem Fall konnte nur die aktuelle Situation, nicht jedoch die vorhergehende Entwicklung beurteilt werden.

Insgesamt wurden ca. 83 % aller Bestände als „gepflegt“ eingeschätzt, wobei sich die Anteile im LW und NLW nicht unterscheiden. Diese hohen Werte bestätigen, dass die Waldumbaubestände von den Waldbewirtschaftern überwiegend fachlich korrekt und in ausreichender Häufigkeit gepflegt und weiterentwickelt werden.

Beim Vergleich der „gepflegten“ und „ungepflegten“ Verjüngungen bzgl. der Verteilung der Bewertungskategorien lassen sich jedoch kaum Unterschiede nachweisen (Abb. 21). Da nur 2/3 der „gepflegten“ Verjüngungen als „ausgesprochen gelungen“ und „gelungen“ bewertet wurden, muss allerdings davon ausgegangen werden, dass der Waldumbauerfolg durch weitere Faktoren wie witterungsbedingte (Dürre, Frost) oder forstsanitären (Insekten, Mäuse) Risiken während der Verjüngungsentwicklung beeinflusst wird, die im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchungen jedoch nicht ausreichend berücksichtigt werden konnten.

## 5.7. Struktur

Auch wenn die erfassten Merkmale zur „vertikalen“ und „horizontalen Struktur“, wie die Mittelhöhen der Baumarten

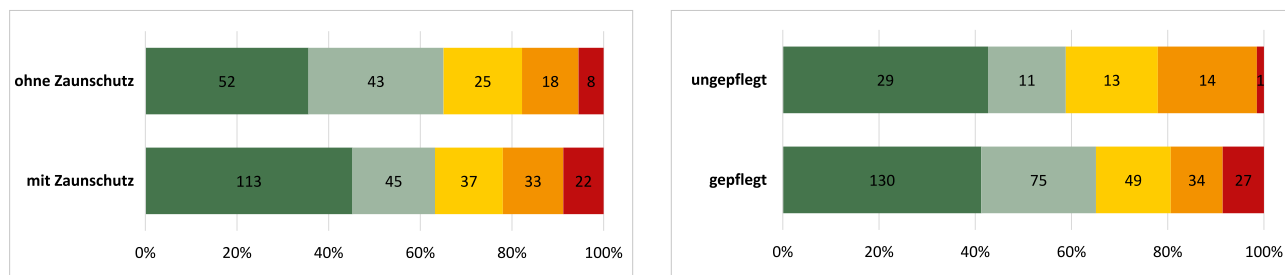


Abb. 21: Der Einfluss von Zaunschutz (links) und Pflegezustand (rechts) auf die Bewertung der Waldumbaubestände

in der Verjüngungsschicht sowie deren Mischungsformen, noch nicht vollständig den gewünschten Anforderungen genügen, wurde versucht, den Einfluss der Entstehungsart der Verjüngung – natürlich oder künstlich – auf die Bestandesstrukturen zu quantifizieren.

Ein Vergleich der Mittelwerte der Bewertungsstufen der beiden Strukturindikatoren „Vertikale“ und „Horizontale Struktur“ (Tab. 12) zeigt, dass dabei die natürlichen Verjüngungen besser als die künstlichen Verjüngungen abschneiden. Darüber hinaus sind die Baumarten insgesamt zwar häufiger durch Naturverjüngung (618) als durch künstliche Verjüngung (508) in die Fläche gebracht worden, doch deren Flächenanteil ist wesentlich geringer (43 %).

Um die Strukturierung in den Beständen zu erhöhen und trotzdem übernahmefähige Verjüngungen zu erziehen, wäre es demnach hilfreich, mehr Geduld bei der Entwicklung von Naturverjüngungen aufzubringen und die Umbauzeiträume zu verlängern oder Naturverjüngungen schrittweise durch künstliche Verjüngungen zu ergänzen und dabei verschiedene kleinräumige Verfahren (z. B. trupp- und gruppenweise Ergänzungen) intensiver zu nutzen.

Tab. 12: Kennwerte zum Vergleich von natürlicher und künstlicher Verjüngung

| Entstehungsart        | Mittelwert der Bewertungsstufen |                      | Anzahl Verjüngungsbaumarten | Flächenanteil in der Verjüngung |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|
|                       | Vertikale Struktur              | Horizontale Struktur |                             |                                 |
| Künstliche Verjüngung | 3,16                            | 2,91                 | 508                         | 57 %                            |
| Natürliche Verjüngung | 2,88                            | 2,83                 | 618                         | 43 %                            |

## 6. Fazit

Im Rahmen der durch das Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg beauftragten Waldumbauvaluierung wurde ein erster Versuch unternommen, die Wirkungen der seit mehr als 25 Jahren in Brandenburg intensiv durchgeführten Waldumbaumaßnahmen qualitativ und quantitativ zu bewerten. Die hier dargestellten Ergebnisse können die Grundlage für „klare“ (MLUK 2020b) Zielsetzungen (Kap. 1) für den zukünftig noch stärker klimawandelangepassten Waldumbau bilden.

Zur Erhöhung der Akzeptanz in der Politik, Wissenschaft und Praxis ist jedoch eine breite Diskussion und eine kontinuierliche zielgerichtete Anpassung des entwickelten Ansatzes erforderlich.

Insbesondere ist für einige Fragestellungen, wie z. B. dem Einfluss des Wildverbisses, der Notwendigkeit des Zaunschutzes oder auch der Bedeutung der Bestandesstrukturierung für den Waldumbau, die Datenbasis durch angepasste Inventur- und Monitoringverfahren zu erweitern. Darüber hinaus zeigte sich bei einigen Analysen, dass die waldbaulichen Empfehlungen wie BZT oder Baumarteneignungsbewertungen nicht mehr uneingeschränkt den aktuellen Ansprüchen genügen. In Abschnitt 4.3. wurde beispielsweise darauf hingewiesen, dass die erfassten Laubholzanteile sehr häufig weit über die Vorgaben des aktuell vorliegenden BZT-Erlasses von 2006 hinausgehen. Die kurz vor dem Abschluss stehenden aktualisierten BZT (RIEK et al. 2020) sollten neue Bewertungsmaßstäbe setzen können.

Gleichfalls musste bei den aktuellen Untersuchungen auf Bauarteneignungsbewertungen zurückgegriffen werden, die aus den Kriterien „Konkurrenz“, „Stabilität“, „Leistung“ und „Pfleghkeit“ abgeleitet wurden, jedoch noch keine „Klimawandelangepasstheit“ berücksichtigen. Auch hier wird es in naher Zukunft neue Erkenntnisse geben.

Dessen ungeachtet sollte der Einsatz des im Rahmen der Untersuchungen entwickelten „Stufensystems“ auch jetzt schon bei der Empfehlung, Begleitung und Kontrolle von Waldumbaumaßnahmen hilfreich sein. Insbesondere könnte es zur Konkretisierung von Behandlungskonzepten beitragen, aber auch Kennzahlen für die Beschreibung von Waldentwicklungstypen liefern.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass der Waldumbau auf den von 1996 bis 2020 geförderten Flächen aus heutiger Sicht gut gelungen ist. Sich ändernde Klimaprognosen und die Dynamik der Waldentwicklung erfordern jedoch eine regelmäßige Überprüfung sowohl der waldbaulichen Empfehlungen als auch der Waldentwicklungszustände.

## Literatur

ALDINGER, E.; MICHIELS, H.-G. (1997): Baumarteneignung in der forstlichen Standortskartierung Baden-Württemberg; AFZ/Der Wald 5;

BMEL (2019): Agenda. Anpassung von Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei und Aquakultur an den Klimawandel. Unter: <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Landwirtschaft/AMK-12-04-19-Agenda-Anpassung-Klimawandel.html> (abgerufen am 09.03.2021)

BMEL (2020): Eckpunkte der Waldstrategie 2050. Stellungnahme. Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (Hrsg.), Berlin, 71 S.

- BMELV (2011): Waldstrategie 2020. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung. Unter: [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Waldstrategie2020.pdf;jsessionid=5E46FDF0BAAFE7773B994650DB037529.live922?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Waldstrategie2020.pdf;jsessionid=5E46FDF0BAAFE7773B994650DB037529.live922?__blob=publicationFile&v=5) (abgerufen 24.08.2021)
- BÖCKMANN T.; HANSEN J.; HAUSKELLER-BULLERJAHN K.; JENSEN T.; NAGEL J.; NAGEL R.-V.; OVERBECK M.; PAMPE A.; PETERIT-BITTER A.; SCHMIDT M.; SCHRÖDER M.; SCHULZ C.; SPELLMANN H.; STÜBER V.; SUTMÖLLER J.; WOLLBORN P. (2019): Klimaangepasste Baumartenwahl in den Niedersächsischen Landesforsten. Aus dem Walde-Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen, Bd. 61. 170 S.
- BWI (2012): BWI-Ergebnisdatenbank. <https://bwi.info/> (abgerufen 24.08.2021)
- DSW2 (2021): Datenspeicher Wald – Version 2: die Zukunft der zentralen und dezentralen Verwaltung natürlicher Informationen über unseren Wald. Unter: <https://dsw2.de> (abgerufen am 09.03.2021)
- DVFFA (2019): Anpassung der Wälder an den Klimawandel. Positionspapier des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA). Unter: [http://www.dvffa.de/system/files/files\\_site/Waldanpassung\\_Positionspapier%20des%20DVFFA\\_09\\_2019.pdf](http://www.dvffa.de/system/files/files_site/Waldanpassung_Positionspapier%20des%20DVFFA_09_2019.pdf) (abgerufen am 09.03.2021)
- FGK (2021): Unter: <https://www.metaver.de/trefferanzeige?cmd=doShowDocument&docuuid=164D3836-8FBB-41D7-9690-0603F7056833&plugid=/ingrid-group:ige-ip-lug-BB>. (abgerufen am 09.03.2021)
- FSK (2019): Forstliche Standortkarte des Landes Brandenburg. <https://metaver.de/trefferanzeige?cmd=doShowDocument&docuuid=F5FF89BD-A4B9-4375-8838-61A4B-D2E4832&plugid=/ingrid-group:ige-iplug-bb>
- GRÜLL, M. (2021): Baumarteneignungsbewertungen. Gutachtlich, unveröffentlicht.
- LFB (2013): Betriebliche Anweisung zur Forsteinrichtung des Landeswaldes im Land Brandenburg (BA FE), Potsdam
- LFBW (2014): ForstBW PRAXIS - Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen. Herausgeber: Landesbetrieb Forst Baden-Württemberg, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
- MELF (1996): Zielstellungen für den Waldumbau im Rahmen des Landeswaldprogramms. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Kabinettsbeschluss, Feb. 1996, intern.
- MIL (2011A): Waldprogramm 2011 - Gemeinsames Handeln zum Schutz und Nutzen ländlicher Naturräume. Unter: <https://mluk.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/Waldprogramm2011.pdf> (abgerufen am 09.03.2021)
- MIL (2011B): Waldvision 2030 - Eine neue Sicht für den Wald der Bürgerinnen und Bürger. Unter: <https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/wvision2030.pdf> (abgerufen am 09.03.2021)
- MLUL (2015): Richtlinie des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg zur Gewährung von Zuwendungen für die Förderung forstwirtschaftlicher Vorhaben (EU-MLUL-Forst-RL). Unter: <https://bravors.brandenburg.de/verwaltungsvorschriften/forstl2015> (abgerufen am 16.05.2021)
- MLUK (2020A): Brandenburger Waldkonferenz 2020. Unter: <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/landwirtschaft/forst/brandenburger-waldkonferenz-2020/> (abgerufen am 09.03.2021)
- MLUK (2020B): Strukturüberprüfung 2020 des Landesforstbetriebes Brandenburg. Brief des Ministers für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Potsdam, 30.03.2020, intern.
- MLUR (2004): Waldbau-Richtlinien 2004 „Grüner Ordner“ der Landesforstverwaltung Brandenburg. Potsdam, Mai 2004
- MLUV (2006): Bestandeszieltypen für die Wälder des Landes Brandenburg – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Abteilung Forst und Naturschutz. Potsdam. 119 S.
- NLF 2016: 25 Jahre ökologische Waldentwicklung in den Niedersächsischen Landesforsten – Eine Bilanz. Aus dem Walde - Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen, Heft 60
- RIEK, W.; RUSS, A.; GRÜLL, M. (2020): Zur Abschätzung des standörtlichen Anbaurisikos von Baumarten im Klimawandel im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 69. Potsdam und Eberswalde, 49-71
- STÄHR, F.; DEGENHARDT, A.; ROSE, B. (2021): Evaluierung des Waldumbaus im Land Brandenburg. Analyse zum Stand und Erfolg des Waldumbaus im Gesamtwald des Landes Brandenburg. Abschlussbericht. Eberswalde, intern.



# Von der Waldkunde zur Ökosystemforschung

RALF KÄTZEL

## „Wie alles sich zum Ganzen webt, eins in dem anderen wirkt und lebt“<sup>1</sup>

In den letzten 150 Jahren hat sich das Wissen über Gehölze und Waldökosysteme vervielfacht. Neben der Neugier der Forschenden mehrerer Generationen und Fachdisziplinen, waren hierfür vor allem die Entwicklung neuer Methoden und Techniken, aber auch Konflikte und Katastrophen wie das Waldsterben oder aktuell der Klimawandel Ansporn, tiefer in die Geheimnisse des Waldes einzudringen.

### Von den Anfängen

Im Jahre 1804 kehrte der 35jährige Alexander von HUMBOLDT von seiner dreijährigen Südamerika-Expedition zurück. Im Gepäck hatte er nicht nur 60.000 Pflanzenproben von 6.000 Arten, sondern auch eine völlig neue Sichtweise von der Natur (WULFF, 2018, S. 149). Dass „Alles mit Allem zusammenhängt“ prägte von nun an den „Kosmos Natur“. Im 19. Jahrhundert, dem Jürgen OSTERHAMMER mit seinem Werk *„Die Verwandlung der Welt“* (2009) ein literarisches Denkmal gesetzt hat, fand die Naturkunde ihre Blütezeit und zugleich ihren Niedergang.

Die Naturkunde vereint als historische Sammelbezeichnung unsystematische Beobachtungen bezüglich verschiedener Wissensgebiete, die viele Komponenten der unbelebten (z. B. Geologie) und belebten Natur (Flora und Fauna) betrachtet. Sie war geprägt von Universalgelehrten. Zu Beginn des 19. Jahrhundert verschmolzen auch Naturwissenschaft und Kunst zu einer Gesamtbetrachtung des „Naturwesens“, was z. B. an den Schreibstilen des Naturwissenschaftlers HUMBOLDT und des Dichters GOETHE sichtbar wird.

Im Verlauf des 19. Jahrhunderts wurden die Methoden und die Instrumentierung zur Naturbetrachtung (z. B. Entwicklung der Fotografie, Statistik etc.) revolutioniert. Dies hat nicht nur den Wissenszuwachs enorm erweitert, sondern auch zur Spezialisierung innerhalb der Naturwissenschaften beigetragen. Die Etablierung und Aufsplitterung in diverse Fachdisziplinen setzten eine fortlaufende (kleinteilige) Spezialisierung in Gang, die bis heute anhält. Allein in den Biowissenschaften, die nun aus der Naturkunde heraustreten, entwickelten sich zahlreiche Fachdisziplinen mit namhaften Wissenschaftlern, die heute als Pioniere und Begründer von Fachgebieten in die Wissenschaftsgeschichte eingegangen sind (z. B. DARWIN für die Evolutionsbiologie; MENDEL für die Genetik; PASTEUR für die Mikrobiologie; SCHWANN, VIRCHOW und SCHLEIDEN für die Zytologie). Neue Erkenntnisse drangen in die Universitäten und von dort in die Praxis der Medizin, Landwirtschaft und Forstwirtschaft vor.

Die Gründung von spezialisierten Instituten und Versuchsstationen am Ende des 19. Jahrhunderts und des beginnenden 20. Jahrhunderts waren eine Folge dieser Entwicklungen. Karl GAYER (Aschaffenburg) gab 1867 mit seinem Aufsatz *„Über forstliche Versuchsstationen, insbes. in Bayern“* den Anstoß zur Begründung des organisierten Versuchswesens, der von BAUR (Hohenheim), KIRCHBACH (Sachsen) DANCKELMANN (Preußen) u. a. aufgegriffen wurde. Auf der 26.

Versammlung deutscher Land- und Forstwirte in Wien (1868) wurden hierzu auch die dringlichsten Aufgaben der Versuchsstationen zusammengefasst, die 20 forststatistischen, 18 chemisch-physiologischen und neun forstlich-meteorologischen Themen umfasste (SCHWARTZ, 1990) – vermutlich der erste Forschungsrahmenplan der forstlichen Ressortforschung.

Dies spiegelt sich auch in der ersten Struktur der 1871 gegründeten *„Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Preußen“* wider, die aus fünf Abteilungen (Forsttechnische Abt.; Meteorologische Abt., Chemisch-physikalische Abt., Pflanzenphysiologische Abt., Zoologische Abteilung) bestand (SCHWARTZ, 1990).

Mit der Spezialisierung der Fachrichtungen fokussierten sich auch die Forschungsziele – fast immer vom wirtschaftlichen und politischen Zeitgeist geprägt. Denn die fortschreitende „Technisierung“ der Forschung hatte ihren Preis. Sie wurde immer teurer und war immer mehr von wohlwollenden Geldgebern abhängig. Dies förderte vor allem jene Fachdisziplinen, deren Erkenntnisse auch einen raschen ökonomischen Mehrwert versprachen. Fachrichtungen, die sich vordergründig dem grundlegenden Verständnis der „Waldnatur“ verschrieben, hatten es deutlich schwieriger, was sich auch an dem wechselvollen Aufstieg und Niedergang einzelner Disziplinen an der Eberswalder Versuchsstation für forstliches Versuchswesen nachzeichnen lässt.

### Waldkunde als Geburtshelfer der Ökosystemforschung

Die Waldkunde mit ihrer ganzheitlichen Sichtweise der Waldnatur fußt auf dem Humboldtschen Denkgebäude der Naturkunde. In Eberswalde wird die Waldkunde in der ersten Hälfte des 20. Jahrhundert von Alfred MÖLLER geprägt. So umstritten einzelne Sicht- und Verhaltensweisen von MÖLLER auch gewesen sein mögen (vgl. MILNIK, 2001), er hat vor allem in seinem letzten Lebensjahr nicht nur den heute wieder modernen „Dauerwaldgedanken“ geprägt, sondern er hat mit seiner „Organismustheorie des Waldes“ eine intensive, kontroverse Diskussion zum „Waldverständnis“ initiiert, die auch heute noch nicht abgeschlossen scheint.

Das Lehrbuch von Erich WOHLFAARTH *„Waldkunde – Von dem Wesen und der Soziologie des Waldes“* (1953) fasst als grundlegendes Übersichtswerk den Erkenntnisstand zur Thematik dieser ersten Jahrzehnte zusammen. Zunächst setzt er sich mit der „Organismustheorie“ MÖLLERS unter Bezug auf namhafte Zeitgenossen kritisch auseinander.

Da die Diskussion auch heute immer wieder „aufflammt“, verdient die Argumentation eine nähere Betrachtung. In der Synthese der Sichtweisen wird der Wald *„als große soziale Einheit, als Einheit höherer Ordnung, als organische Einheit“* (VANSELOW, 1932; zit. in WOHLFAARTH, 1953) beschrieben. Der Wald *„ist organisch aber eben selbst nicht organismisch“* (= ein Lebewesen).

1 J.W. Goethe, Faust, 1. Teil

Es fehlt dem Wald die „*Eigengesetzlichkeit des Lebenden*“ (FABRICIUS, 1943, zit. in WOHLFARTH, 1953), denn die Biologie lehrt die Merkmale des Lebens, die sich durch die eigene Fortpflanzung (Fähigkeit zur Selbstvermehrung; Übertragung von Eigenschaften von sich selbst auf ihre Nachkommen), einen eigenen Energie- und Stoffwechsel, Reizbarkeit, die Organisation in Zellen usw. auszeichnen. Der „*Organismus entsteht durch Genese, der Wald durch Synthese*“ (SEEHOLZER, 1943; zit. in WOHLFARTH, 1953).

„Der Organismus ist ein Einzelgefüge, der Wald in seiner Umwelt aber ein Beziehungsgefüge. Der Wald ist ein Gefüge, in dem der Organismus und seine Umwelt zum harmonischen Ganzen, zu einer Gestalt, eben zum Walde ineinanderfließen.“

Prägend für die Waldkunde ist die möglichst umfassende Typisierung der Waldkompartimente („*Typologische Soziologie des Waldes*“), um in die Komplexität zu strukturieren und damit für die Forschung und forstliche Praxis gedanklich fassbarer zu machen. WOHLFAHRTS o.g. Standardwerk teilt den Wald in Lebensbezirke (Baumbestandstypen), Florentypen, Faunentypen, Waldbodentypen, Waldklimatypen, Waldtypen, Wuchstypen, Forsttypen, Baumbestandstypen, Bestockungstypen, Baumflorentypen, Bodenvegetationstypen, Waldgefügetypen usw. ein. Vieles davon hat sich bis heute erhalten und wurde z.B. durch die forstliche Vegetationskunde (ANDERS et al., 1996; HOFMANN, 1997; ANDERS et al., 2002) in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts weiterentwickelt. Auch die Idee, die Waldentwicklung mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in kategorisierte Waldentwicklungstypen (WET) zu prognostizieren, hat in der Waldkunde vor mehr als 70 Jahren seinen Ursprung.

Dabei darf nicht ganz übersehen werden, dass jede Art von Kategorisierungen zwar für das Verständnis hilfreich ist, aber immer auch eine Vereinfachung komplexer Systeme darstellt. Dies kann u.a. dann kritisch sein, wenn kategorisierte Sichtweise zu einer Einschränkung von Handlungsoptionen führen (z. B. Einschränkung waldbaulicher Handlungsoptionen durch vorgegebene WET).

## Ziele und Basis der Ökosystemforschung

Dass die „Ganzheit des Waldes“ als ein „Beziehungsgefüge“ unterschiedlicher Waldelemente betrachtet werden muss (SEEHOLZER 1943, zit. in WOHLFAHRTS 1953), das von äußeren Umwelteinflüssen bestimmt wird, geht bereits 1935 auf den englischen Biologen und Geobotaniker Arthur George TRANSLEY zurück, der den Begriff „ecosystem“ prägte. Seine Definition von Ökosystemen ist noch heute gültig und beschreibt im Wesentlichen das Beziehungsgefüge der Lebewesen untereinander (Biozönose) und mit ihrem (biotisch und abiotisch geprägten) Lebensraum (Biotop). Mit seinem Bezug auf die Systemtheorie, die interdisziplinär komplexe Phänomene und Prinzipien ihres Zusammenwirkens untersucht, war es TRANSLEY wichtig, sich von der „Organismus-Metapher“ abzugrenzen. (Anm. Die fundamentalen vorausgegangenen Arbeiten der Limnologie zum Ökosystembegriff sollen hier nicht dargestellt werden.)

Auch angesichts aktueller Diskussionen zum Ökosystembegriff ist auf drei Eigenschaften von Ökosystemen hinzuweisen. (1) Sie unterliegen immer dynamischen Veränderungen,

was statischen Betrachtungsweisen [z. B. Erhalten (resp. „Einfrieren“) von Ökosystemzuständen] zuwiderläuft. (2) Es handelt sich immer um offene Systeme, die stets Flüssen von Energie- und Stoffen von „außen“ ausgesetzt sind. Dies zeigt sich insbesondere, wenn extreme Witterungsfaktoren das Beziehungsgefüge beeinflussen oder z. B. die Strahlungsintensität bei der Entlaubung von Baumkronen akut ansteigt. (3) Ökosysteme sind skalunabhängig unbegrenzt. Wird z. B. ein Eichenwald-Ökosystem isoliert betrachtet, kann das für das bessere Verständnis von Teilsystemen gerechtfertigt sein, blendet aber die spezifischen Beziehungen zu anderen aneinandergrenzenden Teilsystemen aus, mit denen es „verzahnt“ ist und von dem es beeinflusst wird.

Jede wissenschaftliche Systembetrachtung muss werturteilsfrei erfolgen, d. h. es gibt keine „guten“ oder „schlechten“ Ökosysteme. Der Systemcharakter des Wechselgefüges gilt immer, unabhängig von der Anzahl, der Wirkungsrichtung etc. der Einzelkomponenten, kausalen Beziehungen und Faktoren. Dies gilt uneingeschränkt auch für Waldökosysteme. Bewertungsansätze für Ökosysteme, ihre Zustände und Entwicklungen sind daher immer subjektiv und stehen außerhalb der Naturwissenschaft.

Auf der Grundlage der Ökosystem-Definition beschäftigt sich die Ökosystemforschung mit der Struktur, Funktion und Veränderung von Ökosystemen, der Interaktion zwischen Organismen untereinander und mit den abiotischen Ökofaktoren sowie den innewohnenden Prozessen auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Ebenen (ODUM 1953). Das Forschungsspektrum ist weit gefasst, meist aber auf die kausalen Wechselbeziehungen zwischen den vorkommenden Organismen und den abiotischen Standortfaktoren ausgerichtet; umfasst Landschaftsstudien, Freilanduntersuchungen und Laborexperimente bis hin zur mathematischen Modellierung. Angesichts des hohen Spezialisierungsgrades und Forschungsaufwandes werden immer nur einzelne Ökosystemelemente und Teilsysteme (z. B. Stoffkreisläufe, Genetisches System) auf verschiedenen Ebenen (Molekül->Zelle-> Organismus->Biozönose) betrachtet. So untersuchen ganz unterschiedliche Fachdisziplinen einzelne Teilgebiete und Ebenen von Ökosystemen: Ökophysiologie, Ökologische Biochemie, Ökologische Genetik, Ökologische Mikrobiologie, Biogeochemie usw.. Hier zeigt sich auch das zentrale Problem der Ökosystemforschung: das mit hohen Detaillierungsgrad erworbene Spezialwissen in eine komplexe Systembetrachtung zusammenzuführen, ggf. gesetzmäßig ablaufende Beziehungen zu erkennen und in einer Theorie zu verallgemeinern.

Ein zentraler Fokus der (Wald-)Ökosystemforschung liegt auf dem Verständnis der vielfältig ablaufenden Prozesse. Diese können zum einen physikalische und chemische Prozesse sein, die ganz ohne Beteiligung von Organismen ablaufen. Zum anderen lassen sich alle biologischen Prozesse unter Beteiligungen von Organismen trophischen, sexuellen und adaptiven Zielen zuordnen. So haben z. B. alle Stoff- (und Energieflüsse), die zwischen Produzenten, Konsumenten und Destruenten ablaufen, einen trophischen Hintergrund. Ebenso beeinflussen diese Flüsse die Populationsdynamik der beteiligten Organismen, setzen diese in konkurrierende oder symbiotische Beziehungen, formen Habitate, bilden Strukturen, binden Kohlenstoff- oder setzen diesen frei usw.

Ebenso dienen alle sexuellen Prozesse innerhalb eines genetischen Systems (als Teilsystem des Ökosystems) dem genetischen Informationsaustausch zwischen Individuen, beeinflussen Blüte, und Fruchtbildung, sind von Selektion und Migration betroffen und sichern letztlich die Verjüngung einer neuen Waldgeneration.

## Ökosystemforschung aktuell: Drei Beispiele

Die Freilandlabore der Ökosystemforschung am LFE konzentrieren sich auf die Intensiv-Monitoringflächen der Forstlichen Umweltkontrolle (Abb. 1), die Naturwälder (Abb. 2) sowie speziell eingerichtete Versuchsflächen. Im Folgenden sollen beispielhaft drei Forschungsansätze der Ökosystemforschung am LFE vorgestellt werden.

### Beispiel 1: Quantitative Bewertung der Holzzersetzung und C-Freisetzung in Kiefernbeständen (Akronym: Holzdeko)

#### Forschungsziel:

Das Forschungsprojekt untersucht die Zersetzungsraten von Hölzern (Kiefer, Buche) in und auf Waldböden von Kiefernbeständen in Brandenburg hinsichtlich der (boden-) mikrobiellen Aktivität sowie des Biomasse- und Stoffumsatzes in den Ökosystemkompartimenten Boden und dem bodennahen Raum. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf dem punktuellen Einfluss von Kalkungsmaßnahmen auf die Holzzabbaukinetiken (Tab. 1).

Die Untersuchungen der mikrobiellen Abbauprozesse verfolgt folgende Teilziele (Abb. 3):

- die Erfassung der zeitlichen Dynamik und in Abhängigkeit vom bodenökologischen Zustand
- die Kombination der Enzymdaten mit den Informationen zur molekulardiagnostischen Pilzbestimmung

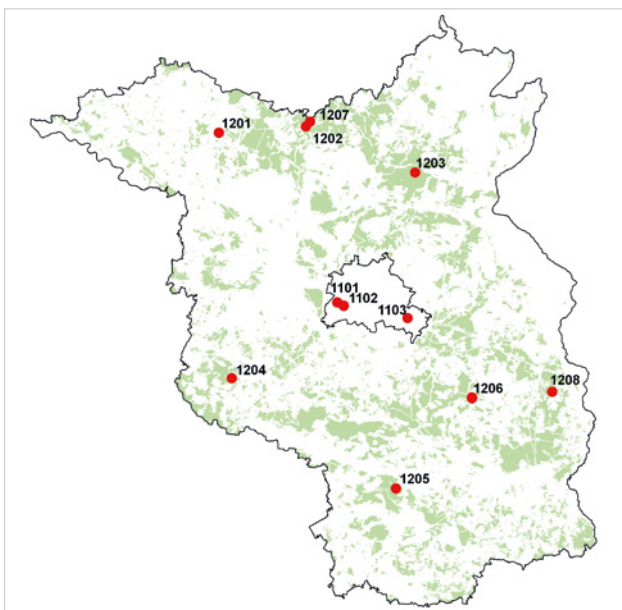


Abb. 1: Standorte der Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen des Forstlichen Umweltmonitorings (Level 2) in Brandenburg

- die Kombination der Enzymdaten mit den makro- und mikroskopischen Beschreibungen der Holzzersetzung
- die Ableitung von Indikatoren, die geeignet sind, die Zusammenhänge zwischen mikrobieller Biodiversität, Bodenzustand und Totholzabbau in andere Monitoringprogramme zu integrieren.

#### Forschungsansatz:

Mikroorganismen spielen eine zentrale Rolle für den Umsatz von Biopolymeren (Lignin, Zellulose, Hemizellulose, Polyphenole etc.) und organischer Bodensubstanz. Extrazelluläre Enzyme, die überwiegend von Pilzen und Mikroorganismen synthetisiert werden, sind dabei die unmittelbaren Akteure. Ihre Aktivität ist eng an den bodenchemischen Zustand gebunden.

Der Abbau von Totholz ist ein komplexer Prozess, der das synergistische Zusammenwirken verschiedener Abbausysteme erfordert und bisher kaum in dieser Komplexität erforscht wurde. Voraussetzung ist, dass u.a. der bodenökologische Zustand der sechs Kiefernbeständen in Brandenburg mit jeweils einer gekalkten bzw. ungekalkten Parzellen im und auf dem Boden anhand von Kinetiken extrazellulärer Enzyme aus dem C-, N-, P-, und S-Kreislaufes erfasst wird. Zur Untersuchung der mikrobiellen Abbauprozesse wurden jeweils 45 standardisierter Holzprüfkörper je Baumart (Buche, Kiefer) in den Boden eingebracht und innerhalb vorbestimmter Zeiträume einzelne Prüfkörper aus dem Boden wieder entnommen und die Zersetzung des Holzes differenziert nach verschiedenen Tiefenstufen makroskopisch und mikroskopisch untersucht. Darüber hinaus werden die beteiligten Mikroorganismengruppen qualitativ und quantitativ im Boden und im Holz bestimmt. Eine Erweiterung

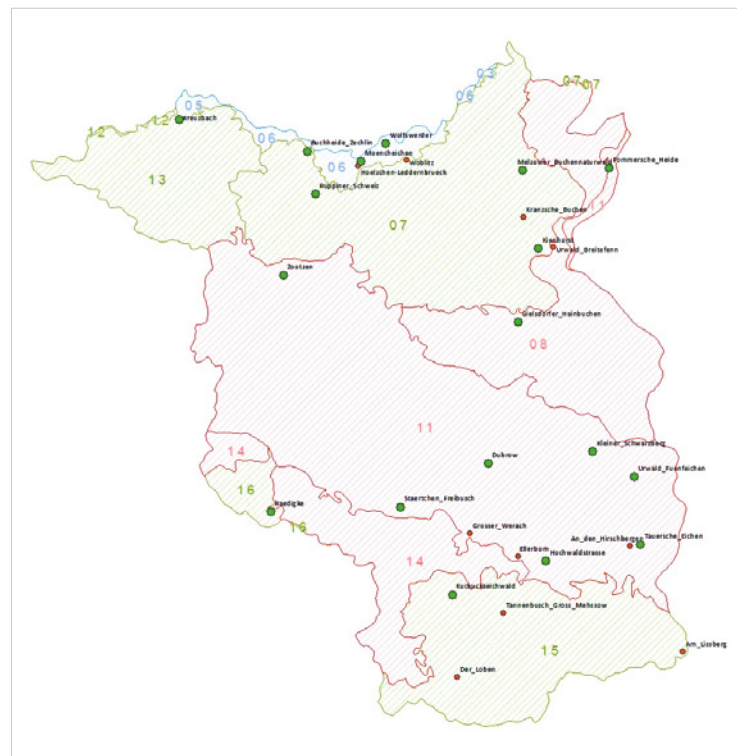


Abb. 2: Standorte der Naturwälder in Brandenburg

Tab. 1.: Kurzsteckbrief des Forschungsprojektes HolzDeko

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Forschungsthema                 | Untersuchungen zur Holzzersetzung im Mineralboden sowie in und auf der Auflage von gekalkten und ungekalkten Waldböden                                                                                                                                                       |
| Akronym                         | HolzDeko                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Untersuchungszeitraum           | 2020-2023                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Weitere Projektpartner          | Materialprüfanstalt Brandenburg GmbH Eberswalde (MPAE)<br>Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE)<br>Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTWD)<br>Institut für Holztechnologie Dresden gGmbH (IHD)<br>Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSUJ) |
| Finanzierung/<br>Förderprogramm | Waldklimafonds                                                                                                                                                                                                                                                               |
| FKZ                             | 2218WK35A4                                                                                                                                                                                                                                                                   |

der Enzymaktivitätsbestimmung auf die Untersuchung von Michaelis-Menten-Kinetiken entlang von den unterschiedlichen standörtlichen Bedingungen ermöglicht eine genauere Ableitung von Konsequenzen für Umsatzprozesse unter sich ändernden Umweltbedingungen. Die organische Substanz wird thermogravimetrische und mikromorphologisch analysiert (Abb. 3 und 4).

### Erste Ergebnisse

Die Zersetzungsrate von organischer Bodensubstanz und Holz wird von einer Vielzahl von Umweltfaktoren bestimmt. Dabei wird die Artenzusammensetzung, Populationsdichte und Aktivität des Bodenmikrobioms zu einem bedeutenden Teil durch abiotische Faktoren gesteuert. Nachdem Anfang Juni 2020 die 12 Kiefernbestände mit den 2 x 45 standardisierten Holzprofilkörper (Buche und Kiefer) senkrecht in den Waldboden eingebracht waren (Abb. 5) und auf den Bodenoberflächen Rundhölzer (Stammsegmente) ausgelegt wurden, wurde im März 2021 das erste Set der Holzprüfkörper aus dem Boden entnommen.

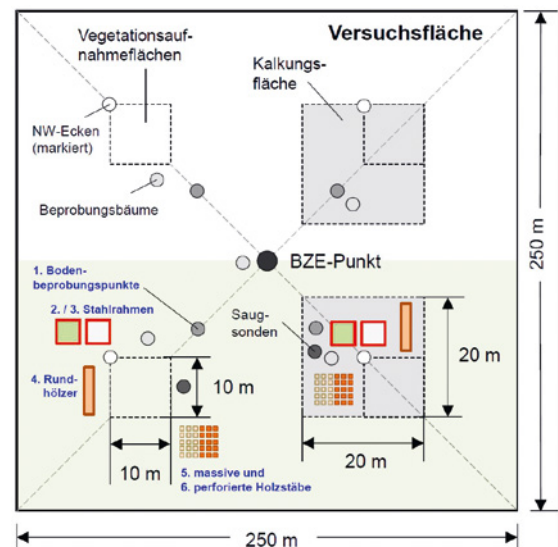


Abb. 4: Versuchsaufbau der Teilflächen (Kalkungsflächen: grau; Nullflächen) mit Holzprüfkörpern („Projekt“-Messfeld hellgrün hinterlegt). Die Platzierung der Temperatur- und Feuchtelogger sowie die Beprobung der Auflagen und des Mineralbodens erfolgt in unmittelbarer Nähe der Prüfkörper (Bildquelle: HANNEMANN schr. Mitt.)

Die ersten Ergebnisse zu den bodenchemischen Veränderungen zeigen, dass sich die pH-Werte der Auflage infolge der Kalkung um +0.7 und +1.5 pH-Wert Einheiten gegenüber den ungekalkten Vergleichsparzellen erhöht haben.

Die mikrobielle Bodenaktivität wurde inner- und außerhalb der Prüfkörper untersucht. Dies erfolgte zunächst durch die Bestimmung der koloniebildenden Einheiten (KBE) pro Gramm Probe auf zwei Anzuchtmedien. Trotz der erhöhten pH-Werte auf den gekalkten Parzellen wurde bisher hier keine signifikant gesteigerte mikrobiologische Aktivität festgestellt. Eine Ursache hierfür könnte die Bodenfeuchte sein. Das Vorkommen von Ständerpilzen (*Basidiomycota*) wurde mittels DNA-Diagnostik untersucht. Zur molekularen Diagnostik der Boden-Proben sowie deren Isolate wurden der ITS (*Internal Transcribed Spacer*)-Bereich der rRNA (riboso-

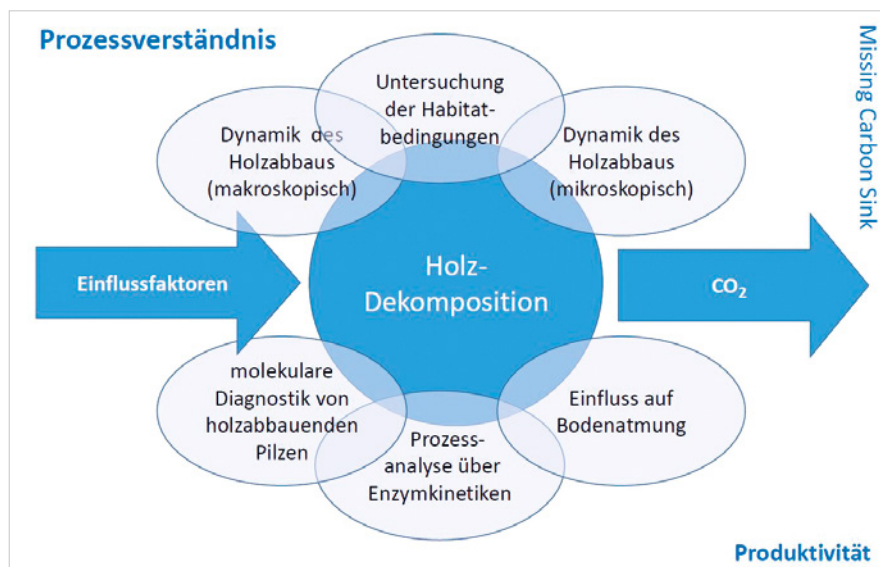


Abb. 3.: Workflow und Teilziele zum Prozessverständnis des Holzabbaus (Bildquelle: Hannemann schr. Mitt.)



Abb. 5: Untersuchungsplot der Holzprüfkörper im Juni 2020 (Foto: HANNEMANN)

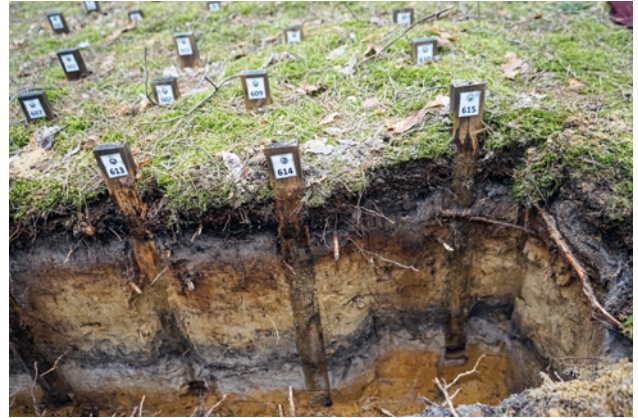


Abb. 6: Zustand der Holzprüfkörper bei der ersten Entnahme im März 2021 (Foto: HANNEMANN)

male DNA) zur Differenzierung ausgewählt, da diese Region größere Sequenzunterschiede zwischen den Gattungen und Arten aufweisen. Mit der ersten molekulardiagnostischen Analyse konnten bereits 69 Pilze und Bakterienstämme nachgewiesen werden. Am Ende der Vegetationsperiode 2021 ist die nächste Entnahme von Holzprüfkörpern geplant.

### Beispiel 2: Voranbau von Eiche und Buche unter Kiefernbeständen bei unterschiedlichem Überschirmungsgrad

#### Forschungsziel:

Mit der Abkehr von der Kahlschlagswirtschaft in den 1990er Jahren wurde die Frage, ob Lichtbaumarten wie die Eiche überhaupt unter Schirm erfolgreich zu verjüngen seien, kontrovers diskutiert. Dies wurde 1998 zum Anlass genommen, im Rahmen eines BMBF-Forschungsprojektes zu untersuchen, bei welcher Überschirmungsdichte es gelingt, Kiefern-Laubholz-Mischbestände sowohl mit der Lichtbaumart Trauben-Eiche als auch der schattentoleranten Rot-Buche unter einem Kiefernaltholzschirm unter den Standortbedingungen des nordostdeutschen Tieflandes sicher zu begründen.

Im Detail sollten u.a. folgende Fragen beantwortet werden:

1. Wie ändern sich die abiotischen Einflussfaktoren, insbesondere des Bestandesinnenklimas, durch einen unterschiedlichen Auflichtungsgrad des Kiefernoberstandes?
2. Welchen Einfluss hat die lichtgesteuerte Veränderung des abiotischen Faktorenkomplexes (Strahlung, Luft- und Bodentemperatur, Wasser- und Nährstoffhaushalt) auf den Entwicklungserfolg der Verjüngung, der konkurrierenden Bodenvegetation und auf den verbleibenden Kiefernoberstand?
3. Wo liegen die Grenzen des verminderten Strahlungsangebotes für die beiden Laubbaumarten und wie passen sie sich physiologisch an die veränderten standörtlichen Bedingungen an?

Die Erforschung bestandesklimatischer Änderungen infolge der Waldbewirtschaftung hat an der Eberswalder forstlichen Versuchsanstalt eine lange Tradition. Ab 1875 wurde unter Leitung von MÜTTRICH (1890) anhand von 17 klimatischen Doppelstationen (Freiland, Bestand) nachgewiesen, dass der Wald ein eigenes Klima hat, das sich vom Freilandklima unterscheidet.

#### Forschungsansatz

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde in zwei klimatisch unterschiedlichen Gebieten Brandenburgs (Nord: Menz, Süd: Neusorgefeld) 4 ha große, gleichaltrigen Kiefernreinbestände stufenweise (Bestockungsgrad °B=0,4; 0,6; 0,8, 1,0) aufgelichtet und mit Buche und Trauben-Eiche unterbaut. Parallel wurden Strahlungsverhältnisse, Temperatur, Feuchte der Luft und im Boden bei unterschiedlichen Tiefenstufen sowie die Windverhältnisse kontinuierlich erfasst. Eine nahegelegene, unbestockte Freifläche diente als Vergleichsfläche.

Entsprechend den Grundsätzen der Ökosystemforschung wurden parallel zur Messung der abiotischen Parameter die Wirkungen auf den Unter- und Oberstand (Vitalität, Wachstumsleistung, Chlorophyllfluoreszenz, Blattgewebedichte, Chlorophyll-, Nährelement-, Stärke und Kohlenhydratgehalte der Blätter und Wurzeln etc.) bestimmt (Abb. 7).

#### Ergebnisse

Nach den dreijährigen Untersuchungen während der Initialphase der Verjüngung (1999-2001) zeigten sich einige Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen dem Begründungserfolg der Verjüngung und dem Faktorenkomplex Licht-Temperatur-Wasser-Nährstoffversorgung sowie den Konkurrenzwirkungen der Bodenvegetation, die in mehreren Publikationen umfassend dargelegt wurden (KÄTZEL et al. 2004a, 2004b, 2005; HEUER et al. 2006). An dieser Stelle sollen daher nur beispielhaft einige Ergebnisse, die Einblicke in die ökosystemaren abiotischen und biotischen Zusammenhänge geben, dargestellt werden.

#### Der abiotische Faktorenkomplex

Mit der Überschirmung wird nicht nur die Einstrahlung auf die Verjüngung gesteuert, sondern es ändert sich zugleich ein ganzes Bündel von maßgeblichen Wachstumsfaktoren (Temperatur, Wasser- und Nährstoffangebot, Bodenfeuchtigkeit, Luftfeuchtigkeit und Evaporation sowie der Deckungsgrad konkurrierender Pflanzen). Die Regulierung des Bestockungsgrades des Oberstandes resp. des Überschirmungsgrades stellt damit eine der wenigen waldbaulichen (zulässigen) Einflussmöglichkeiten auf den abiotischen Faktorenkomplex dar.

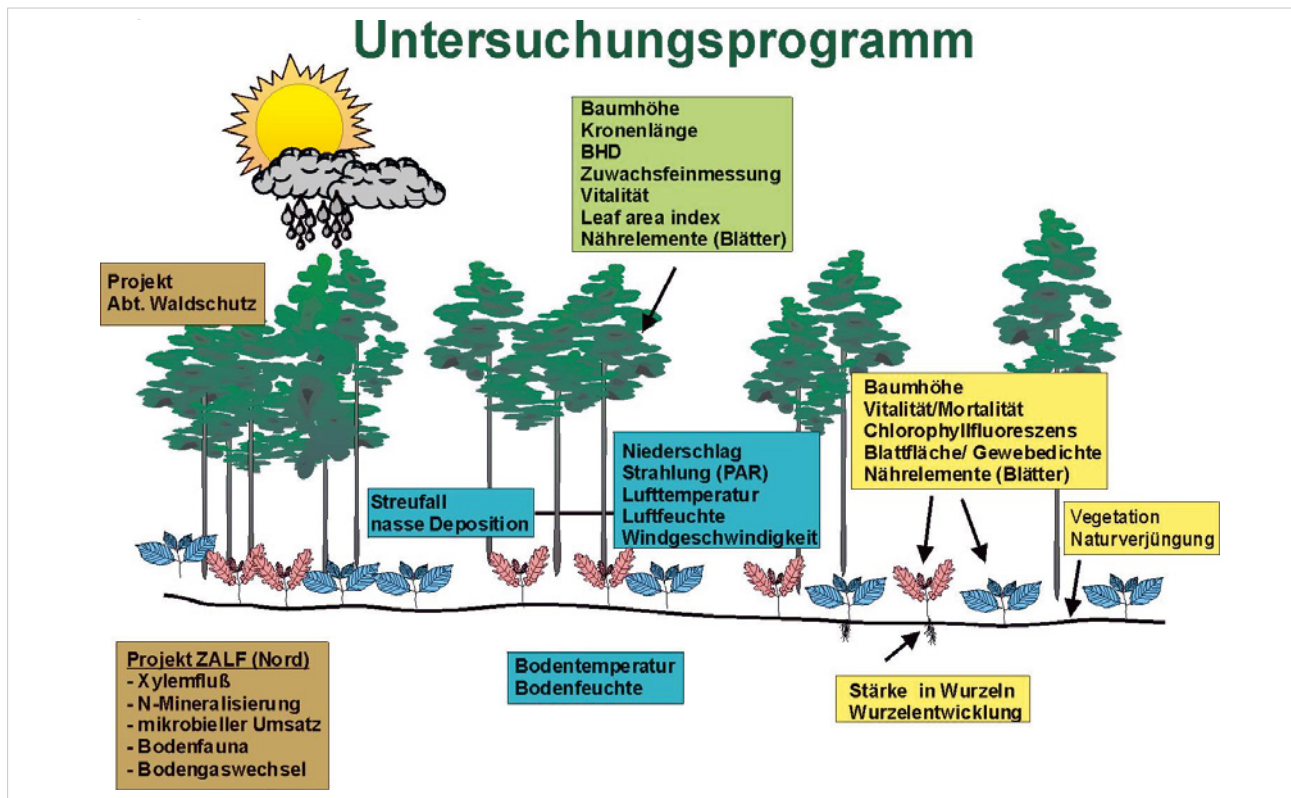


Abb. 7: Versuchsaufbau und Messkonzept auf den Einzelparzellen des Überschirmungsgardienten

Unter den heutigen Bedingungen des Klimawandels, wo es u. a. darum geht, extreme Witterungsbedingungen zu mildern, besitzt der Oberstand eine wesentliche Pufferfunktion zur Vermeidung von extremen Temperaturschwankungen im Sommer und Winter, einschließlich von Spätfrostereignissen im Frühjahr. Einerseits soll der Oberstand dichtgehalten werden, um extreme Temperaturschwankungen zu vermeiden und gleichzeitig soll das Strahlungsangebot für die Verjüngung von Lichtbaumarten hinreichend groß sein.

Das im Bestand ankommende Licht wird im Vergleich zur Freilandstrahlung als „Relativer Lichtgenuss“ (RLG) bzw. als „Relative Beleuchtungsstärke“ bezeichnet. Die relative Beleuchtungsstärke kann anhand hemisphärischer Fotos (Fish eye) für fixe Probekreise nach der Methode von WAGNER (2001) ermittelt werden. Sie ist die am häufigsten untersuchte Strahlungsgröße, so dass Vergleiche mit anderen Untersuchungen möglich sind. Da die relative Beleuchtungsstärke keine gerichtete (direkte) Strahlung berücksichtigt, wurde die *photosynthetisch aktive Strahlung* (PAR) ebenfalls ermittelt.

Die im Forschungsprojekt erfassten Kenngrößen waren u. a. eine Grundlage für die Feststellung „freilandähnlicher Verhältnisse“ (KALLWEIT und MEIER 2008). Ab einem Bestockungsgrad  $<0,4$  ergab sich eine Strahlungstransmission von 50 % der Freilandstrahlung. Der Nachweis „freilandähnlicher Verhältnisse“ dient als Nachweis für Kahlschläge, da hier klimatische Bedingungen wie im Offenland herrschen (LEIBUNDGUT 1973). Bei einem geschlossenen Kiefern- oberstand erreichen noch 25 % der Freilandstrahlung den Waldboden. Gegenüber der Freifläche wird durch einen 0,4 bestockten Kiefernbestand die Minimum-Temperatur in Bodennähe um bis zu 4 Kelvin erhöht und die Maximaltemperatur im Sommer um bis zu 5 Kelvin reduziert. Bei Vollbesto-

ckung lagen die entsprechenden Dämpfungswerte für das Winterminimum bei +8 Kelvin und das Sommermaximum bei 12 Kelvin. Die Windgeschwindigkeit stieg vom °B 1,0 von  $<10$  % auf 30 % mit weiterer Auflichtung zum °B=0,4 gegenüber den Freilandwerten ( $\approx 100$  %) an.

Mit der Auflichtung des Kronendaches ist eine deutliche Verringerung der Wasserabgabe durch Interzeption und Transpiration des Oberstandes verbunden. Folglich sollte eigentlich mehr Niederschlagswasser dem Voranbau bzw. der Bodenvegetation zur Verfügung stehen. Bei einem Vorrat von 40 % wird gegenüber dem an der Freifläche erfassten Niederschlagsmenge (600 mm) 10 % mehr Wasser am Waldboden ankommen (412 mm) als bei einem vollbestockten Bestand. Allerdings steigt mit zunehmender Auflichtung auch die potenzielle Evaporation, der Verdunstungsanspruch der Atmosphäre am Waldboden von 40 % (gegenüber der Freifläche  $\approx 100$  %) auf 60 % bei einem °B 0,4 an. Bei der Verknüpfung der Effekte zeigte sich die zunehmende Trockenstressgefährdung des Voranbaus bei °B<sub>0,4</sub>.

Gleichzeitig führen mehr Feuchtigkeit und höhere Temperaturen zu einer Beschleunigung der Mineralisierungsprozesse durch Mikroorganismen, die sich in verstärkter Bodenatmung und gleichzeitiger Freisetzung von Nährelementen äußern (BURSCHEL und HUSS 1997).

### Die Anpassung der Verjüngung an das Lichtregime

Die Ergebnisse zeigten vor 20 Jahren, dass eine Begründung der Lichtbaumart Eiche auch kahlschlagsfrei risikoarm möglich ist, was zwischenzeitlich unzählige Umbaubestände bestätigen. Für das Wachstum der Verjüngungspflanzen ist entscheidend, bereits bei niedrigem Strahlungsangebot

Kohlenstoffgewinne zu erzielen. Für die Charakterisierung der Lichteinsprüche einer Baumart ist es daher erforderlich, die artspezifische Charakteristik der Lichtausnutzung zu ermitteln.

Bei zunehmendem Licht steigt die Photosynthese zunächst linear an und erreicht später eine Sättigung. Bereits unmittelbar nach der Pflanzung und dem Austrieb im Frühjahr 1999 war die Anpassung der Blätter der (vergleichsweise einheitlichen) Baumschulpflanzen an die jeweils herrschenden Lichtverhältnisse z. B. anhand der Blattgewebedichte messbar. Die Blattgewebedichte differenzierte sich in Abhängigkeit zum Bestockungsgrad des Oberbestandes. Die Pflanzvarianten mit dem höchsten Bestockungsgrad zeichneten sich durch die geringste Blattgewebedichte aus. Die Ursachen liegen in den deutlich größeren Blattoberflächen unter dicht bestocktem Kiefernstand. Dagegen waren die Blatttrockenmassen der Eichen bei starker Überschirmung am geringsten. Folglich wiesen Pflanzen bei geringem Überschirmungsgrad ein besonders hohes Blattgewicht pro cm<sup>2</sup> Blattfläche auf.

Eichenpflanzen die unter geringerem Überschirmungsgrad aufwuchsen, zeigten tendenziell nach der Winterruhe höhere Stärkegehalte in den Wurzeln. Dass der Stärkegehalt der Wurzeln eng mit der Vitalität der Pflanzen korreliert, zeigt, dass die Eichen, die z. B. ohne Bodenbearbeitung gepflanzt wurden, die tendenziell geringsten Stärkegehalte aufwiesen. Dies ist mehrfach relevant, z. B. für den Blattaustrieb und wenn bei Frühjahrstrockenheit die Atmungsrate zugunsten der Photosynthese ansteigt. Bäume mit geringerer Vitalität wiesen tendenziell geringere Stärkegehalte in den Wurzeln auf. Dabei waren abnehmende Stärkegehalte häufig von einer Zunahme der löslichen Kohlenhydrate begleitet.

Ökophysiologisch interessant war ebenfalls, dass trotz vergleichbarer Bodenverhältnisse und einheitlichem Pflanzmaterials die Magnesiumgehalte der Blätter im Begründungsjahr 1999 in der dunklen Überschirmungsvariante weit über denen der anderen Varianten lagen, und zum °B 0,4 in beiden Versuchsregionen stetig abnahmen.

Bezüglich der Wachstumsparameter waren erwartungsgemäß das Verhältnis zwischen dem Wurzelhalsdurchmesser und der Baumlänge unter stärkerem Lichteinfluss signifikant höher als bei höherem Überschirmungsgrad. Folglich waren die Eichen bei gleichem Wurzelhalsdurchmesser länger. Hochsignifikante enge Korrelationen bestanden zwischen den Wurzelhalsdurchmesser, der Baumlänge und der Gesamtblattfläche pro Baum.

Auch bei den Buchen bestehen enge korrelative Beziehungen zwischen den Wachstumsparametern Baumlänge und Wurzelhalsdurchmesser sowie der Gesamtblattfläche und der Gesamttrockenmasse pro Baum. Diese korrelativen Beziehungen werden durch den Lichtfaktor beeinflusst. Allerdings nahmen bei abnehmendem Bestockungsgrad des Oberbestandes und bei gleichem Wurzelhalsdurchmesser die mittlere Baumhöhe und die Gesamtblattfläche pro Buche zu. Die Lichtintensität hatte keinen Einfluss auf den Blattflächenindex der Buchen. Mit abnehmender Bestockung des Oberbestandes erhöhte sich gleichfalls die Gewebedichte der Buchenblätter. Die Buchen unter dem am dichtesten bestockten Oberbestand hatten erwartungsgemäß in allen Untersuchungsjahren auch die größten Blätter.

### Beispiel 3: Das genetische System im Buchenwald

Das „genetische System“ sichert die Erzeugung, Modifikation, Bewahrung und Weitergabe der genetischen Information an die jeweils nächste Baumgeneration. Es verbindet den „Genpool“ einer Population mit dem sexuellen System der Reproduktion und sichert somit eine hohe genetische Variabilität von Populationen über Generationen hinweg. Damit sind sowohl die Grundlage für eine hohe Anpassungsfähigkeit natürlicher Populationen bei sich ändernden Umweltbedingungen als auch für ein vielfältiges genetisches Angebot nutzungsrelevanter Merkmale gegeben. Praktisch sichert die Funktionsfähigkeit des genetischen Systems als ökosystemares Teilsystem die Verjüngung des Waldes (Abb. 8).

Andererseits können Umweltfaktoren nicht nur die genetische Vielfalt der Waldbestände einschränken, sondern auch das genetische System stören. Mit ausbleibender Verjün-

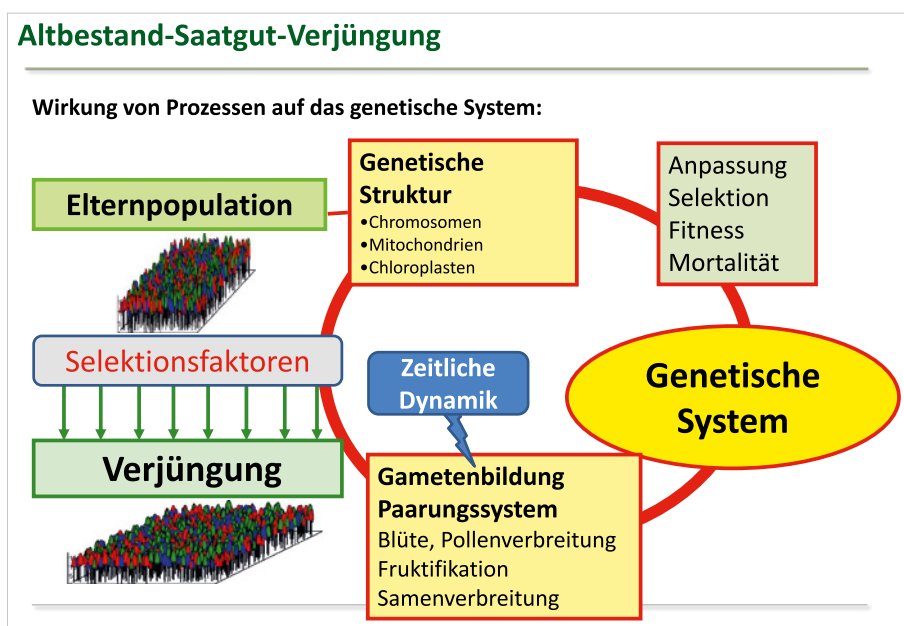


Abb. 8: Übersicht über das Genetische System innerhalb eines Ökosystems



Abb. 9: Lage der Flächen für das genetische Monitoring der Baumarten Buche und Fichte in Deutschland

gung der Populationen sinkt das Anpassungspotenzial. Das Funktionieren des genetischen Systems zu beobachten, ist Aufgabe des *Genetischen Monitorings*.

Im Rahmen des Verbundvorhabens „GenMon“ wurde erstmals ein deutschlandweites Monitoringsystem für die Baumarten Rot-Buche und Gem. Fichte eingerichtet (Tab. 3).

#### Forschungsziele:

Ziel des *Genetischen Monitorings* ist es, den Zustand und die räumlichen und zeitlichen Veränderungen genetischer Systeme von Baum- und Straucharten anhand von Kriterien, Indikatoren und Verifikatoren zu erfassen.

Im Fokus der Beobachtungen stehen sowohl die Populationsstrukturen (z. B. Populationsgröße, genetische Struktur, demografische Struktur) als auch alle o.g. Prozesse zur Speicherung, Neusynthese, Realisierung, Reparatur und Weitergabe der genetischen Informationen, die damit den eigenen Fortbestand über Generationen sichern (z. B. Blüte,

Fruchtifikation, Verjüngung). Es leistet damit einen essentiellen Beitrag zur Abschätzung und Bewertung der Wirkung von Einflussfaktoren auf die genetische Vielfalt und damit auf die Anpassungsfähigkeit von Baumpopulationen. Als Kriterium der Angepasstheit wird die Vitalität anhand des Kronenzustandes und die Phänologie des Blattaustriebs jährlich einzelbaumweise an den Monitoringplots erfasst.

Von besonderer Bedeutung ist der Vergleich der genetischen Strukturen zwischen unterschiedlichen Baumgenerationen einer Gehölzart. Veränderungen weisen auf mikroevolutionäre Prozesse (z. B. Selektion, Migration) im Rahmen der Anpassung, ggf. auf den Einfluss der Bewirtschaftung, den Genfluss innerhalb der Populationen und das Paarungssystem der Elterngeneration hin. Durch die jährliche Bonitur von Blüte und Fruktifikation (quantitativ und qualitativ) werden Rückschlüsse auf das tatsächliche natürliche Verjüngungspotential des Waldes sowie die Saatgutproduktion und Saatgutqualität in verschiedenen Erntejahren in Abhängigkeit von den regionalen witterungsspezifischen Gegebenheiten erwartet.

#### Forschungsansatz

Das genetische Monitoring ist ein Beispiel für die enge Verknüpfung von Ökosystemforschung und Dauerbeobachtung. In ganz Deutschland wurden 14 Bestände für die Buche und 10 Bestände für die Fichte nach einem definierten Flächen- und Design als forstgenetische Monitoringbestände eingerichtet (Abb. 9). Die Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ erarbeitete im Jahre 2004 im Auftrag der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ ein „Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland“ (ANONYMUS 2004), das die wissenschaftlichen Grundlagen und die methodischen Mindestanforderungen sowie Wege zur praktischen Umsetzung aufzeigt. Auf dieser Grundlage wurde der Handlungsleitfaden für die Einrichtung und Durchführung des genetischen Monitorings in Deutschland erarbeitet, der u. a. einheitliche Flächengrundlagen sowie Erfassungs- und Auswertemethoden festlegte (KÄTZEL et al. 2005, KONNERT et al. 2011). Im Land Brandenburg werden seit mehr als zehn Jahren zusätzlich zwei Trauben-Eichenbestände im Rahmen des genetischen Monitorings beobachtet (KÄTZEL et al. 2012).

Tab. 3.: Kurzsteckbrief des Forschungsprojektes

| Forschungsthema             | Einrichtung eines Genetischen Monitorings für Rot-Buche und Gem. Fichte in Deutschland zur Bewertung der genetischen Anpassungsfähigkeit der Baumarten gegenüber Umweltänderungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Akronym                     | GenMon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Untersuchungszeitraum       | 2016-2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Weitere Projektpartner      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ASP Teisendorf (BY)</li> <li>2. Forstliche Versuchsanstalt Baden-Württemberg (FVA),</li> <li>3. Landesforst Mecklenburg-Vorpommern,</li> <li>4. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)</li> <li>5. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft RP</li> <li>6. Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft,</li> <li>7. Thüringen Forst – Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha (FFK Gotha),</li> <li>8. Thünen-Institut für Forstgenetik,</li> <li>9. Firma ISOGEN, Göttingen</li> </ol> |
| Finanzierung/Förderprogramm | Waldklimafonds                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |



Abb. 10: Buchenbestand Menz (Level 2) im GenMon-Programm



Abb. 11: Buchenbestand Grumsin im GenMon-Programm mit Verjüngungsinself (Naturwald Kranzsche Buchen)

Neben den Bestandesbeschreibungen wurden jährlich einzelbaumweise folgende Parameter erhoben:

- Vitalität der Bäume des Oberstandes in der Kernfläche gem. Methoden der Waldzustandserhebung
- Phänologie des Blattaustriebs im Oberstand und der Verjüngung
- Blühintensität
- Fruktifikation

Die Altbestände, die Verjüngung und die Samen wurden mit neutralen Mikrosatellitenmarker genetisch untersucht, um die genetischen Strukturen auf Populationsebene zu analysieren. Insgesamt wurden im Projekt über 25.000 Proben in den Laboren von vier Projektpartnern genetisch analysiert.

## Ergebnisse

Nachfolgend sollen nur ausgewählte Ergebnisse der beiden Brandenburger Buchenflächen vorgestellt werden (Tab. 4)

### Vitalität

Tendenziell wies der Buchenbestand BB2 in Grumsin einen

geringeren Blattverlust auf als der Bestand BB1. In den Jahren 2017 und 2018 lagen die Unterschiede noch über der statistischen Signifikanzgrenze von 5 % (2017: 4 %, 2018: 3,75 % Punkte), 2019 hatte der Bestand BB2 einen um 9,75 Prozentpunkte geringeren Blattverlust als der Bestand BB1.

### Phänologie des Blattaustriebs

In dem Jahr 2017 trieben die beiden Buchenbestände im Vergleich zu den folgenden Beobachtungsjahren 2018 und 2019 später aus. Aufgrund des kühlen und nassen Frühjahrs 2017 wurde der Schwellwert für den *Phänologischen Index* (PI) > 75% (vgl. LÖFFLER und KALLWEIT, 2015) im Bestand BB1 am 136. Tag, im Bestand BB2 am 131. Tag überschritten. Im Jahr 2018 war dies bereits am 120. (BB1) bzw. am 114. (BB2) Tag der Fall. Nach dem sehr milden Winter 2018/19 und dem warmen Frühjahr wurde in 2019 der Schwellwert noch einmal früher erreicht, am 115. Tag für den Bestand BB1 und am 111. Tag für den Bestand BB2. Die Tendenz, dass der Bestand BB2 stets früher austreibt als der Bestand BB1, blieb in allen drei Beobachtungsjahren erhalten. Auch auf Bundesebene wurden die mittleren Ausriebstermine der Buchen-Flächen in 2018 und 2019 deutlich früher erreicht (18 bzw. 16 Tage), als im Jahr 2017.

Tab. 4: Bestandescharakteristik der beiden Brandenburger Buchenbestände im Forschungsprogramm GenMon

|                                                 | Menz                                                              | Grumsin                                                                         |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Versuchsbezeichnung im Projekt                  | BB1                                                               | BB2                                                                             |
| Forstort                                        | Hoheitsoberförsterei Neuruppin, Revier Rheinsberg<br>Abt. 4205 a2 | Hoheitsoberförsterei Milnersdorf, Revier Angermünde<br>Abt. 215 a1, Abt. 217 a1 |
| Kategorie der Fläche für die Ökosystemforschung | Monitoringfläche Level 2                                          | Naturwaldfläche                                                                 |
| Bewirtschaftungsstatus                          | Wirtschaftswald                                                   | Totalreservat                                                                   |
| Standort                                        | mäßig frisch mit ziemlich armer bis mittlerer Nährstoffversorgung | mäßig frisch mit mittlerer bis kräftiger Nährstoffversorgung                    |
| Alter des Oberstandes                           | 132 Jahre                                                         | 178 Jahre                                                                       |

### Vergleich des Blattaustriebs zwischen Altbestand und Verjüngung

Während im Jahr 2017 die Naturverjüngung tendenziell vor dem Altbestand austrieb, war dies in den warmen Jahren 2018 und 2019 nicht mehr eindeutig zu beobachten. In diesen Jahren trieb der Altbestand früher aus als die Naturverjüngung. Im Jahr 2018 schaffte es die Naturverjüngung, den Altbestand vor Beendigung des Austriebs einzuholen, 2019 war dies nur noch auf der Fläche BB1 zu beobachten. Im Bestand BB2 blieb der Austrieb der Naturverjüngung im Jahr 2019 dauerhaft hinter dem Austrieb des Altbestandes zurück.

### Blüte und Fruktifikation

Auf den beiden Buchenflächen war in den Jahren 2017 (Kennziffer im Mittel der 20 Samenbäume 2,7) und 2019 (mittlere Kennziffer 2,4) ein verstärktes Blühen zu beobachten. Allerdings folgte der Blüte nur im Jahr 2019 auch eine stärkere Fruktifikation in beiden Beständen. Diese erreichte im Bestand BB1 einen Wert von 2,3 und auf der Fläche BB2 einen Wert von 2,1. Dieser Wert liegt im Bereich zwischen Spreng- und Halbmast, während die Jahre 2017 und 2018 als Fehlmasten einzustufen sind.

### Genetische Struktur

Die genetischen Daten wurden zur Berechnung von genetischen Vielfaltsparametern in Altbeständen und deren Nachkommen verwendet, um den aktuellen genetischen Zustand der Populationen zu beschreiben und zu vergleichen. Die in den Monitoringflächen für Buche beobachtete annähernd vollständige Übertragung der genetischen Diversität vom Altbestand auf die Naturverjüngung beruht auf großen Altbaumpopulationen von deutlich mehr als 250 Bäumen, von denen jedoch nur ca. ein Drittel reproduziert. Der Verlust



Abb. 12: Vollmast der Buchen auf der Monitoringfläche Menz im Herbst 2016

an Allelen bezogen auf eine abgegrenzte Untersuchungsfläche wird durch Genfluss von außen wieder ausgeglichen, wenn der Altbestand nicht isoliert ist. Die Verjüngung geschieht zum erheblichen Teil sehr kleinräumig, ist aber immer kombiniert mit einem gewissen Anteil an größeren Ausbreitungsdistanzen von Pollen und auch Samen. Trotz unterschiedlich großer individueller Beiträge von Altbäumen zur Nachkommenschaft existieren vielfältige Kombinationen verschiedener Eltern, die bei einer Saatguternte von nur 20 Bäumen nicht erreicht werden kann.

Bemerkenswert ist der Befund, dass der Buchenbestand BB2 in der UNESCO-Weltnaturerbfäche Grumsin, trotz der Trockenheit 2018/19 die beste Vitalität und die größte genetische Vielfalt aufweist, aber gleichzeitig, entgegen der ursprünglichen Annahme, mit hoher Wahrscheinlichkeit aus einer künstlichen Verjüngung mit Baumschulpflanzen gut gemischter, fremder Genotypen hervorging, da Bäume mit einem BHD > 7cm keine typischen Verwandtschaftsbeziehungen zu den umliegenden Buchen aufwiesen (EUSEMANN, schr. Mitt.).

### Fazit und Ausblick

Mehrere Jahrhunderte waren die klimatischen Bedingungen, mit Ausnahme einiger Kälteperioden weitgehend stabil. Seit Mitte des letzten Jahrhunderts ändern sich die standörtlichen Bedingungen (insbesondere durch Fremdstoffeinträge, Klimawandel) erheblich. Ein Ende dieser Entwicklungen ist mit negativen Folgen für die Vegetationsform „Wald“ nicht absehbar. Zusätzliche Fehlentwicklungen, u. a. auf Grund waldbaulicher Fehlentscheidungen müssen unbedingt vermieden werden, da sie die Pufferkapazität der Waldökosysteme zusätzlich schwächen würden. Dies setzt ein möglichst komplexes Prozessverständnis, eine hohe intellektuelle Flexibilität und die Bereitschaft zur Anpassung voraus, da mit dem tradierten Wissen die künftigen Herausforderungen nicht zu bewältigen sein werden.

Ein solches Prozessverständnis ist nur zu erlangen, wenn einerseits eine Vielzahl von Prozessen, ihre biotischen Träger und Rahmenbedingungen bis auf die molekulare Ebene verstanden werden und wenn andererseits dieses Detailwissen zu einem Systemverständnis des Ökosystems Wald, ganz im Sinne der klassischen Waldkunde, zusammengeführt wird. Die Systembiologie für den Wald erfordert die Kombination von Freilandforschung, standardisierter Laborforschung und Modellentwicklungen. Gerade komplexe Forschungsansätze, die Modellierungen von Prozessen einschließen, brauchen eine kontinuierliche Freilandforschung und Dauerbeobachtung. Hier liegt ein wichtiges Feld der forstlichen Versuchsanstalten.

In Anlehnung an den polnisch-amerikanischen Schriftsteller und Literatur-Nobelpreisträger (1978) Isaac Bashevis Singer ist unser heutiges Wissen vergleichbar mit kleinen Inseln in einem unendlichen Ozean des Nichtwissens. Für die Ökosystemforschung werden künftig mehr „Brückenbauer“ gebraucht, die die Inseln des Wissens zu einem ganzheitlichen Wissen der Waldkunde, aber mit weitaus höherem Detailwissen, verbinden. Dies setzt eine neue Qualität der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit voraus, die es bisher so nicht gibt, bei der Forstliche Versuchsanstalten aber ein wichtiges Bindeglied darstellen. Stabile, institutionelle

Forschungsstrukturen waren bereits vor 150 Jahren ein Gründungsmotiv für die Eberswalder Forstliche Versuchsstation in Preußen. Sie bleiben auch weiterhin eine Grundvoraussetzung für ein tiefes Verständnis des Ökosystems Wald.

## Literatur

ANDERS, S.; BECK, W.; BOLTE, A.; HOFMANN, G.; JENSSEN, M.; KRAKAU, U.-K.; KÜRBIS, H.; LÜTTSCHWAGER, D.; MÜLLER, J.; POFAL, U. (1996): Waldökosystemforschung Eberswalde - Struktur, Dynamik und Stabilität von Kiefern- und Buchenwaldökosystemen unter Normal- und multiplen Streßbedingungen unterschiedlicher Ausprägung im nordostdeutschen Tiefland. Mitt. BFH Hamburg (Nr. 182).

ANDERS, S.; BECK, W.; BOLTE, A.; HOFMANN, G.; JENSSEN, M.; KRAKAU, U.K.; MÜLLER, J. (2002): Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Verlag Dr. Kessel, Oberwinter.

ANONYMUS (2004): Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland. [www.genres.de/fgrdeu/genetisches-monitoring/](http://www.genres.de/fgrdeu/genetisches-monitoring/)

BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1997). GRUNDRISS DES WALDBAUS: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Parey-Verlag, 487 S.

HEUER, E.; KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S. (2006): Wie viel Licht braucht die Eiche – unter besonderer Berücksichtigung der Initialphase des Voranbaus?; In: Kätzel, R. (Schriftleitung): Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 25: 138-145.

HOFMANN, G. (1997): Mitteleuropäische Wald- und Forst-Ökosystemtypen in Wort und Bild. Sonderheft, AFZ/ Der Wald.

KÄTZEL, R. (2008): Klimawandel - Zur genetischen und physiologischen Anpassungsfähigkeit der Waldbaumarten. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie. 42: 8-15.

KÄTZEL, R. (2010): Conservation of Forest Genetic Resources: The Basis of Adaptability in Managed Forests. In: Spathelf, P. (Hrsg.): Sustainable Forest Management in a Changing World: a European Perspective. Springer Verlag: 93-114.

KÄTZEL, R., LÖFFLER, S.; WINTER, S.; KALLWEIT, R. (2005): Zum Einfluss der Übershirmung auf den Entwicklungserfolg von Eichen- und Buchen-Voranbauten in der Initialphase. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. 23, MLUR Potsdam, Eberswalde: 79- 101.

KÄTZEL, R.; BECKER, F.; LÖFFLER, S. (2012): Zehn Jahre genetisches Monitoring in Eichenbeständen Brandenburgs. Forstarchiv 83 (1): 25-32.

KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; WINTER, S.; KALLWEIT, R. (2004A): Eichen-Voranbauten in der Initialphase. AFZ-Der Wald 5: 238-241.

KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; WINTER, S.; KALLWEIT, R. (2004B):

Untersuchungen zur Lichthanpassung von Buchen-Voranbauten bei unterschiedlicher Übershirmung. Beitr. Forstwirtschaft u. Landsch.ökol. 38/2: 74-79.

KÄTZEL, R.; MAURER, W.D.; KONNERT, M.; SCHOLZ, F. (2005): Genetisches Monitoring in Wäldern. Forst und Holz, 60. Jg., Nr. 5/2005: 179-183.

KALLWEIT, R.; MEIER, U. (2008): Was sind freiland ähnliche Verhältnisse? AFZ-Der Wald: 2-4.

KONNERT, M.; MAURER, W.; DEGEN, B., KÄTZEL, R. (2011): Genetic monitoring in forests – early warning and controlling system for ecosystemic changes. iForest 4: 77-81 (<http://www.sisef.it/forest/>)

LEIBUNDGUT, H. (1973): Zum Begriff Kahlschlag. Schweiz. Z. Forstwesen 124, 3: 200-204.

LÖFFLER, S.; KALLWEIT, R. (2015): Klimawandel lokal – Phänologische Beobachtungen in Brandenburgs Wäldern. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. 59, MLUR Potsdam, Eberswalde: 7-15.

MAURER, W. D.; GEBHARDT, K.; KÄTZEL, R.; KONNERT, M. (2007): Genetische Untersuchungen an Buchenpopulationen auf Level-II-Flächen. AFZ/Der Wald 20, 1071

MAURER, W. D.; KÄTZEL, R. (2007): Genetisches Monitoring forstlicher Genressourcen. In: Monitoring und Indikatoren der Agrobiodiversität (Tagungsband zum Symposium am 7./8. November 2006 in Königswinter [F. Begemann et al. Hrsg.]. Agrobiodiversität-Schriftenreihe des Informations- und Koordinationszentrums für Biologische Vielfalt der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) Bonn, Band-Nr. 27: 93-106.

MILNIK, A. (2001): Das Leben Alfred Möllers (1860-1922). Eberswalder forsthistorische Schriftenreihe. Eberswalde 2001, 160 S.

MÜTTICH, A. (1890): Über den Einfluss des Waldes auf die periodische Veränderung der Lufttemperatur. Z. f. Forst- und Jagdwesen 22: 385-400, 449-458, 513-526.

ODUM, E. P. (1953): Fundamental of Ecology. Verlag W.B Saunders, 574 S.

OSTERHAMMER, J. (2009): Die Verwandlung der Welt. Eine Geschichte des 19. Jahrhunderts. C. H. Beck Verlag. 1568 S.

SCHWARTZ, E. (1990): 120 Jahre Forstliches Versuchswesen in Eberswalde. Druck GmbH Potsdam. 65 S.

WAGNER, S. (2001): Relative radiance measurements and zenith angle dependent segmentation in hemispherical photography. Agricultural and Forest Meteorology 107: 103-115.

WOHLFAHRTH, E. (1953): Waldkunde - Von dem Wesen und der Soziologie des Waldes. Neumann Verlag Radebeul und Berlin. 130 S.

WULF, A. (2018): Alexander von Humboldt und die Erfindung der Natur. Penguin Verlag. 556 S.



# Anderes Wetter, Neue Methoden, gleichbleibende Herausforderungen

Rainer Hentschel

## Einleitung

Anlässlich des 150-jährigen Jubiläums forstwissenschaftlicher Forschung am Standort Eberswalde werden aktuelle Methoden und Herausforderungen der Waldökosystemanalyse vorgestellt. Neben der Bedeutung langjähriger Zeitreihen zur Einschätzung von Entwicklungstrends wichtiger Vitalitätsindikatoren soll auch der aktuelle Waldzustand Brandenburgs skizziert werden. Am Beispiel der Waldkiefer, aber auch generell (für alle in Brandenburg etablierten Baumarten) zutreffend, zeigen sich die Auswirkungen der Sommertrockenheit der Jahre 2018 bis 2020 und den damit verbundenen Herausforderungen. Eine umfassende Methodensammlung dient hierbei der Beschreibung aktueller Waldstrukturen und der Vorhersage zukünftiger Wuchsbedingungen. Der Beitrag bezieht sich auf aktuelle Forschungsaktivitäten am Standort Eberswalde im Speziellen und aktuelle Forschungsschwerpunkte der Forstwissenschaft im Allgemeinen.

## Herausforderungen

Die im Folgenden aufgeführten Herausforderungen beziehen sich auf das Aufgabenfeld einer nachhaltigen Forstwirtschaft und der hierfür benötigten wissenschaftlichen Grundlage in Zeiten des Klimawandels. Massive Waldschäden stellen private und kommunal Waldbesitzenden vor enormen Herausforderungen und erfordern umfassende Maßnahmen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel (BMEL, 2021a).

### Unterschiedliche Zielstellungen - Multifunktionale Forstwirtschaft

Der Wald als solcher unterliegt unterschiedlichsten Nutzungsformen und tlw. kontroversen Ansprüchen. Mit steigender Weltbevölkerung, aber auch mit zunehmenden Wissen um die vielseitigen Ökosystemleistungen des Waldes, steigt auch die Anzahl der Nutzungskonflikte die sich aus unterschiedlichen Wertvorstellungen und Zielstellungen verschiedener Interessengruppen ergeben. Wichtig erscheint hierbei, dass nicht jeder Wald jede Funktion und nicht jede Funktion jedes Ziel erfüllen kann.

Die Bedeutung des Waldes in Deutschland fand seine legislative Festschreibung im Bundeswaldgesetz dessen Zweck es ist, „... den Wald wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutzfunktion) und wegen seiner Bedeutung für die Umwelt, insbesondere für die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Landschaftsbild, die Agrar- und Infrastruktur und die Erholung der Bevölkerung (Schutz- und Erholungsfunktion) zu erhalten, erforderlichenfalls zu mehrten und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern“ (§ 1 Abs. 1 BWaldG).

In Zeiten des Klimawandels und zunehmenden Waldschäden gewinnen die Schutzfunktionen des Waldes an Bedeu-

tung für die Gesellschaft. Das Nationale Waldprogramm, das Klimaschutzprogramm Deutschlands und das Brandenburger Waldprogramm sowie die Beschlüsse der Forstministerkonferenz von Lissabon fordern zudem die Erhaltung und den Ausbau der Kohlenstoffspeicherung der Wälder. Daneben stellt die regulierende Wirkung auf den Landschaftswasserhaushalt aufgrund vielfältiger Wechselwirkungen die wohl wichtigste Aufgabe des Waldes dar. Gleichzeitig steigt die Nachfrage nach Holz als nachwachsender Rohstoff und auch die Bedeutung der Erholungsfunktion des Waldes rückte im pandemiebedingten Shutdown verstärkt in den Fokus. Die biologische Vielfalt wird hierbei als Grundlage für die Sicherung und Bereitstellung der verschiedenen Ökosystemleistungen angesehen (BMEL, 2021a).

Je nach räumlicher Betrachtungsebene (lokal, regional oder global) können diese und andere Waldfunktionen mehr oder weniger stark gewichtet bzw. nachgefragt sein. Im Sinne des Allgemeinwohls sollten man sich jedoch eher an großräumigeren Maßstäben orientieren. Neben der räumlichen Betrachtungsebene spielt die zeitliche Entwicklungsphase des Waldes eine entscheidende Rolle in der Erbringung der erwünschten Waldfunktionen. Die gewünschte Wirkung strukturreicher Mischwälder bspw. bezieht sich auf einen Zielzustand. Bis zum Erreichen dieses Zustandes können andere Waldfunktionen vordergründig und Zielfunktionen sogar gegenläufig sein.

Die nachhaltige, multifunktionale Waldwirtschaft hat die Aufgabe die Waldökosysteme dauerhaft zu erhalten und die vielfältigen Ökosystemleistungen auf Landschaftsebene sicherzustellen. Die Förderung der Resilienz von Waldökosystemen ist hierfür die Voraussetzung. Waldbauliche Konzepte sollten darüber hinaus sowohl regionalen Bedürfnissen gerecht werden als auch globalen Ansprüchen genügen. Das Portfolio der Waldnutzung ist hierbei zeitlich dynamisch und räumlich variabel zu betrachten.

### Komplexe Wechselwirkungen - Abiotische, biotische und anthropogene Faktoren

Die Reaktionen der Waldökosysteme auf sich wandelnde Umweltbedingungen könnten diverser kaum sein. Jedes Ökosystem hat seine eigene Dynamik und insbesondere die Wechselwirkungen von Trockenheit, Baumvitalität und Insekten (und Pilzen) beeinflussen die zu erwartende Vitalität der Wälder (Anderegg et al., 2015). Eine naturnahe Waldwirtschaft kann helfen verschiedene Anpassungsmechanismen zu fördern und die Resilienz der Wälder zu stärken (Brang et al., 2014). Hierbei ist allerdings im Einzelnen zu prüfen, welche Maßnahmen zielführend, umsetzbar und erfolgversprechend sind.

Allein die Kombination aus Baumartenmischung, Bestandesstruktur und Standorteigenschaften innerhalb Brandenburgs lässt die Anzahl an waldbaulichen Szenarien extrem hoch werden. Kiefernwald ist nicht gleich Kiefernwald und auch die Altersstruktur hat entscheidenden Einfluss darauf

welche Reaktionen auf eine Trockenheit zu erwarten und welche unterstützenden, waldbaulichen Maßnahmen möglich sind. Auch wenn die Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) als isohydrische Baumart relativ trockenheitstolerant ist, ist auch die Waldkiefer insbesondere in südexponierten Randlagen von trockenheitsbedingten Absterbeerscheinungen betroffen (Buras et al., 2018).

Die Entwicklung eines Kiefernreinbestandes hin zu einem „klimastabilen“ Mischwald wird vieler Orts mehrere Baumgenerationen dauern und anderer Orts gar nicht realisierbar sein. Die „richtige“ Baumartenwahl bzw. das künstliche Einbringen verschiedener Baumarten ist ein wichtiges Mittel die Entwicklung strukturreicherer Wälder zu unterstützen. Welche Baumarten und Begleitvegetation sich durchsetzen und langfristig etablieren werden, ist jedoch ungewiss bzw. schwer zu prognostizieren. Zu komplex sind die Wechselwirkungen von Witterungsgeschehen, Pflanzenphysiologie und Populationsdynamik. Je nach Standort, Konkurrenzsituation und Gegenspieler wird die ein oder andere Art im Vorteil sein. Forstpraktikerinnen und Forstpraktiker haben jedoch die Möglichkeit diese Entwicklung zu beeinflussen und kleinräumige Standortsunterschiede auszunutzen, um die Biodiversität und Strukturvielfalt innerhalb eines Bestandes zu erhöhen.

Beispielsweise lässt sich durch die Regulierung der Strahlungsintensität die Verjüngung eines Waldes einleiten. Zudem lassen sich im Zuge von Durchforstungen gezielt einzelne Bäume und Baumarten fördern. Gleichzeitig muss aber ein stabiles Waldinnenklima erhalten bleiben. Der hierfür optimale Bestockungsgrad muss je nach Waldentwicklungsphase und Standort mit Bedacht gewählt werden. Nur im richtigem Zusammenspiel von Licht, Wasser und Nährstoffen (in Abhängigkeit von Baumart, Altersstruktur und Konkurrenzsituation) lässt sich ein resilienter Wald entwickeln und nachhaltig nutzen. Um diese komplexen Wechselwirkungen richtig einschätzen und berücksichtigen zu können bedarf es sehr viel Wissen, Erfahrung und ein geschultes Auge.

#### **Lange Betrachtungszeiträume - Verzögerte Wirkung von Umwelteinflüssen und Waldbau**

Wie bei einem Jubiläum von 150 Jahren, fällt es schwer sich eine Zeitspanne vorzustellen, die die eigene Lebensspanne überschreitet. Basierend auf der Ausgangssituation und mit Hilfe von Modellrechnungen können zukünftige Wuchsbedingungen (z.B. Ziche et al., 2021) und Waldstrukturen (z.B. Buras and Menzel, 2019) prognostiziert werden. Ob diese Entwicklungspfade aber eintreten und in welcher Weise diese durch die Waldbewirtschaftung gelenkt werden können bleibt abzuwarten.

Was wir heute waldbaulich planen sollte den Vorstellungen und Bedürfnissen kommender Generationen entsprechen. Deshalb haben Waldbaukonzepte immer einen visionären Anspruch bei zeitgleich zutiefst konservativen Annahmen über das in unseren Augen nur träge reagierende Ökosystem Wald. Der Wechsel von Waldgenerationen dauert Jahrzehnte und der Erfolg von aktuellen Waldumbaubemühungen wird sich erst spät zeigen.

Mit dem Klimawandel mehren sich die Schadereignisse im

Wald (Allen, 2009). Auch in Brandenburg hat die Sommertrockenheit der letzten drei Jahre massive Vitalitätseinbußen bei nahezu allen etablierten Baumarten hervorgerufen (MLUK, 2020a). Die Waldbewirtschaftung hat zum Ziel langfristig die Resilienz der Waldökosysteme zu fördern, mittelfristig die Erfüllung der vielfältigen Waldfunktionen zu gewährleisten und kurzfristig mindestens den Walderhalt zu sichern. Je nach Standort, Baumartenmischung und Entwicklungsphase des Waldes sind verschiedene waldbauliche Eingriffe denkbar (inklusive Nichtstun) die sich alle in unterschiedlichen Maße auf diese drei Betrachtungszeiträume beziehen.

Die Förderung des Verjüngungsgeschehen kann den Prozess der Anpassung der Wälder beschleunigen. Durchforstungen bringen dabei das nötige Licht zum Boden und schaffen Platz für neue Bäume. Gleichzeitig muss aber das Bestandesklima erhalten bleiben und der Waldboden geschont werden. Ob sich dann die gewünschte Waldentwicklung einstellt, zeigt sich erst nach einem langen Entwicklungszeitraum von der Verjüngung, zur Zwischenschicht und schließlich zum Altbestand. Einige Entwicklungsphasen müssen hierbei ggf. wiederholt werden und nicht alle Baumarten können sich an jedem Standort etablieren. Daher muss die Waldentwicklung kontinuierlich kontrolliert, ggf. nachgebessert und evtl. auch mal umgedacht werden.

#### **Begrenzte Ressourcen - Fläche, Zeit, Geld, Personal, Wissen und Vorstellungskraft**

Der Wald in Brandenburg ist auf ca. 1,1 Mio ha Holzboden begrenzt (LFB, 2020). Die gegebene Standortpalette und die vorkommenden Waldstrukturen stellen die Basis zukünftiger Wälder dar. Der schnell voranschreitende Klimawandel macht die Vulnerabilität der Wälder (regional wie global) deutlich und erfordert interdisziplinäres Handeln um die negativen Folgen der Erderwärmung für den Wald abzumildern (Lindner et al., 2010).

Das anerkannte Ziel ist es die Resilienz der Waldökosysteme zu stärken (vgl. BMEL, 2021a). Die hierfür benötigte Entwicklungszeit misst sich an den Entwicklungszeiträumen der verschiedenen Waldgesellschaften (ggf. inklusive Vorwaldgesellschaften) sowie der waldbaulichen Maßnahmen die diese Prozesse unterstützen und fördern. Nicht zu Letzt bedarf es einer umfassenden Forschung und ausreichend Personal um das benötigte Wissen auf die Fläche zu bringen, den Prozess der Waldentwicklung kontinuierlich zu überwachen und eine dynamische Vorstellung der Wälder von morgen unter Berücksichtigung des Ist-Zustandes und der zu erwartenden Umweltbedingungen zu entwickeln.

Weite Teile des Waldes in Brandenburg befinden sich auf relativ armen, sandigen Böden und sind durch die Hauptbaumart Kiefer geprägt (Riek et al., 2015; Riek and Russ, 2019). Hinsichtlich des Klimawandels stellt die relativ trockenheitstolerante Waldkiefer eine wichtige, und aus Brandenburg nicht wegzudenkende, Baumart dar. Allerdings zeigte auch die Kiefer in den letzten Jahren deutliche Vitalitätsverlusten (MLUK, 2020a). Zudem sind die Kiefernreinbestände anfällig gegenüber Massenvermehrungen von Kieferngrößschädlingen und tragen ein hohes Waldbrandrisiko (MLUK, 2020b). Daher ist es wichtig die bestehenden Kiefernreinbestände mit anderen Baumarten anzureichern und langfristig in resilientere Mischbestände zu überführen.

Wie die jüngsten Ergebnisse der Waldumbauvaluierung zeigen (s. Kapitel Degenhardt et al.) ist aber insbesondere der Waldumbau auf den ärmeren Standorten von Problemen bzw. Ausfällen begleitet. Allerdings sind es gerade diese Standorte die als besonders strukturarm bzw. vulnerable anzusehen sind und wo die Einbringung weiterer Baumarten besonders wichtig wäre. Die Ausnutzung kleinräumiger Standortsunterschiede, bspw. eine etwas höhere Bodenwasserspeicherkapazität, kann diesen Prozess unterstützen, allerdings setzt dies eine sehr hohe Informationsdichte auf der Fläche voraus.

Nach der dringlichsten Aufgabe, dem Walderhalt, müssen die Prozesse einer vielfältigen Waldentwicklung gefördert werden, wobei der Zielzustand heute noch nicht abschließend vorhergesagt werden kann. Der Wald muss sich entwickeln und während einige waldbaulichen Maßnahmen diesen Prozess unterstützen, werden andere scheitern. Die Zeit einer Vorwaldgesellschaft und einer natürlichen Sukzession steht dabei dem Bedürfnis der schnellen Klimaanpassung der Wälder gegenüber.

Die Vorstellungskraft von der heutigen Ausgangssituation die Wälder in 50, 100 und 150 Jahren beschreiben und flächenmäßig quantifizieren zu können stellt eine sehr große Herausforderung dar. In Verbindung von menschlichen Erfahrungen und computergestützten Vorhersagen lässt sich jedoch ein Waldbild von morgen erahnen. Die hierfür benötigte Infrastruktur benötigt sowohl die Rechenleistung moderner Informationstechnik als auch die Expertise geschulten Personals.

## Methoden

Damit eine nachhaltige Nutzung der Waldökosystemleistungen möglich ist müssen Stoffflüsse bilanziert, Prozesse

nachvollzogen und Reaktionen vorhergesagt werden. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden hat sich über die letzten 150 Jahre eine sehr breite Methodensammlung in der Forstwissenschaft entwickelt. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit werden im Folgenden bedeutsame Methoden vorgestellt und in vier Säulen forstwissenschaftlicher Forschung gruppiert (Abbildung 1).

## Messung & Experiment - Zahlen und Fakten

Dieser Abschnitt muss mit einem Verweis auf die forstliche Ertragstafel, beispielsweise der Ertragstafel für die Waldkiefer im Nordostdeutschen Tiefland von 1976 (Lembcke et al., 2000), beginnen. Was wäre die Forstwirtschaft, und damit auch die Baubranche und nicht zuletzt die Häuser in denen wir wohnen, wenn sich das Erntevolumen nicht abschätzen ließe? Die Messung des Brusthöhendurchmessers hat sich in der Forstwirtschaft und Forstwissenschaft als praktikable Größe herausgestellt um Aussagen über die Dimensionen eines Waldbestandes treffen zu können. Und nicht nur das, durch die Vermessung von Waldbeständen unterschiedlichen Alters an verschiedenen Standorten können Aussagen über regionale Wuchsleistungen und den zu erwartenden Zuwächsen getroffen werden. Auch wenn diese Orientierungshilfe mit zunehmenden Anteilen von Mischbeständen - Ertragstafeln beziehen sich immer auf einen Reinbestand - an Aussagekraft verliert, ist es immer noch die schnellste und kostengünstigste Methode sich einen Überblick über die herrschenden Wuchsbedingungen zu verschaffen.

„Wer viel misst, misst Mist“ aber „wer die Welt nur anhand von Bildern erklärt hat auch nicht viel verstanden“. Zumindest kann nicht deutlich genug betont werden, wie wichtig die langen Versuchsreihen in der Forstwissenschaft sind um Reaktionen von Waldökosystemen auf sich verändernde Umweltbedingungen abschätzen zu können.

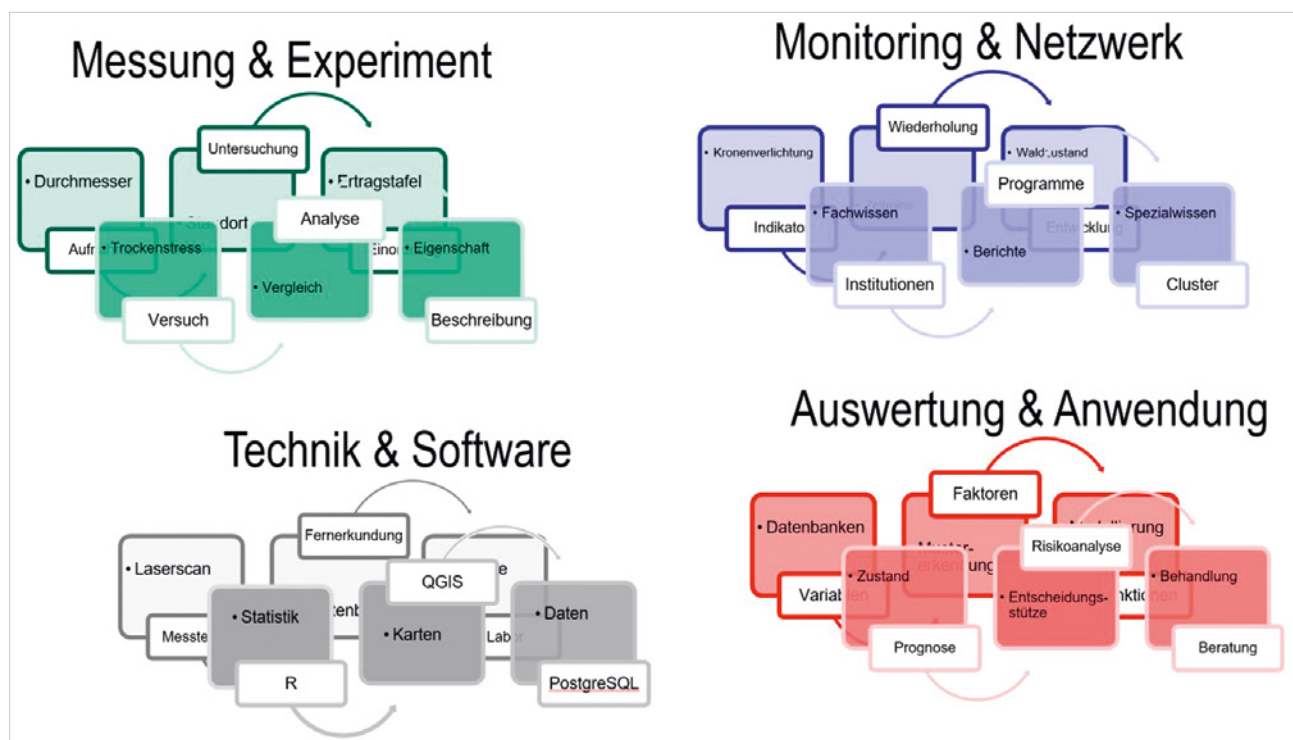


Abbildung 1: Methodensammlung der Forstwissenschaft (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Was hierbei Messung und was Schätzung ist, ist nicht immer klar zu trennen. Sobald eine Fehlerspanne angegeben wird, was in seriösen Veröffentlichungen immer der Fall sein sollte, können wir von einer Schätzung sprechen. Dieses deutet nicht auf eine mangelnde Präzision, sondern lediglich auf eine wissenschaftlich korrekte Einordnung der zu erwartenden Genauigkeit hin.

Neben dem Messen einer Sache zum Zwecke der Inventarisierung oder schlicht weg zur Erfassung einer Größe von Interesse, sind in der Naturwissenschaft seit je her Experimente ein probates Mittel um eine Theorie zu überprüfen. In der Forstwissenschaft beschreiben diese Theorien zumeist das Wuchsverhalten von Bäumen, dem Abwehrvermögen gegenüber Pathogenen oder dem Vermögen Extrem- oder Mangelsituationen zu trotzen.

So wundert es nicht, dass sich in heutiger Zeit Trockenstressversuche größter Beliebtheit erfreuen um unter kontrollierten Bedingungen zu überprüfen wie viel wenig ein Pflänzlein aushält. Problematisch ist hierbei jedoch oft, dass die erforderlichen kontrollierten Bedingungen sich meist nur in einem Gewächshaus realisieren lassen, weshalb zumeist eben Pflänzlein und nicht große Bäume untersucht werden. Es gibt jedoch auch Freilandversuche in denen unter realen Bedingungen Versuchsdesigns angepasst werden können um die Reaktionen von Altbäumen zu messen.

Auch bei Messungen und Versuchsaufbauten gilt, nur im Ganzen betrachtet können wir unsere Ergebnisse richtig einordnen und sinnvoll interpretieren. Auch wenn die Reaktion des kleinen Baumes Rückschlüsse auf die Entwicklung des großen Baumes zulassen, haben wir doch nur den kleinen Baum untersucht und müssen den Großen weiter beobachten um die physiologischen Mechanismen hinter der Reaktion zu verstehen.

In Anbetracht der vielen kleinräumigen Standortsunterschiede auf regionaler Ebene, den zu erwartenden Veränderungen im Wetterregime und der aktuell zur Verfügung stehenden Baumartenpalette stellt diese Säule der Methodensammlung den wohl arbeitsintensivsten und aufwendigsten Teil der Forschungsaufgaben im Klimawandel dar.

### **Monitoring & Netzwerk - Zeitreihen und Fachwissen**

Als Reaktion auf das Waldsterben Ende der 80er wurde ein forstliche Umweltmonitoring mit bundesweit einheitlich verpflichtenden Standards eingeführt. In Hinblick auf die heutige Situation und den mit Trockenheit in Zusammenhang gebrachten Waldschäden zeigt sich die große Stärke der langen, einheitlich erhobenen Zeitreihen. Heute können wir auf Grundlage der Waldzustandserhebung die Reaktion der Waldbäume quantifizieren und den beobachteten Vitalitätsverlust beurteilen. ICP-Forests erweitert diesen Standard auf Europäische Ebene und so kann die Entwicklung des Waldzustands dokumentiert und objektiv bewertet werden.

Neben flächenrepräsentativen Stichprobenverfahren zur Erfassung des Waldes wie die Waldzustandserhebung (WZE), die Bodenzustandserhebung (BZE) oder die Bundeswaldinventur (BWI), ist auch die Überwachung von Insektenpopulationen Teil des Monitorings. Um die aktuelle Waldschutzsituation einschätzen zu können werden z.T.

stufige Überwachungsverfahren eingesetzt. Im Falle einer sich anbahnenden Massenvermehrung von Schadinsekten können so Überwachungsmethoden intensiviert und kleinräumig Prognosen über die Gefährdungssituation erstellt werden. Auch der Wildeinfluss auf die Waldverjüngung bzw. der regional herrschende Verbissdruck kann mit Hilfe eines Monitorings erfasst werden.

Des Weiteren zählen langjährige Versuchsflächen zum Monitoring. Zum einen gibt es das landeseigene Versuchsflächenwesen der Brandenburgischen Forstverwaltung was auf langjährige Anbau- und Durchforstungsversuche im Landeswald zurückgreift. Zum anderen gibt es das Level II Programm welches ebenfalls im Zuge der Waldschadensdiskussion ins Leben gerufen und zur Anlage von aktuell 68 Dauerbeobachtungsflächen in ganz Deutschland führte. Auf solchen Dauerbeobachtungsflächen werden Wechselwirkungen von Waldökosystemen detailliert untersucht und für die Herleitung von Gesetzmäßigkeiten bzw. zur Entwicklung von Modellen genutzt.

Im Austausch zwischen den forstlichen Versuchsanstalten auf Deutscher und Europäischer Ebene (DVFFA und IUFRO) und den Universitäten und Fachhochschulen wird dieses Wissen gebündelt und stetig weiterentwickelt. Sonderprogramme komplementieren dieses gewachsene Fachwissen mit weiterem Spezialwissen und ermöglichen tiefe Einblicke in komplexe Wirkzusammenhänge im Waldökosystem und sich hieraus ergebenden Stoffflüssen. Diese Säule der Methodensammlung steht für die Nachhaltigkeit der forstwissenschaftlichen Forschung und der ausdauernden Beobachtung und Interpretation von langsam ablaufenden, tlw. über mehrere Jahrzehnte anhaltenden Prozesse des Waldes.

### **Technik & Software - Analog und digital**

Wie in allen anderen Bereichen der Arbeitswelt hat der Fortschritt auch in der Forstwissenschaft in den letzten Jahrzehnten zu einer enormen, extrem rasant ablaufenden Neu- oder Weiterentwicklung von technischen Hilfsmitteln geführt. Während sich die Sensortechnik bis Mitte des letzten Jahrhunderts noch weitgehend auf das menschliche Auge beschränkte, bestehen heute Möglichkeiten aus der Luft, im Boden, oder innerhalb von Pflanzen Stoffflüsse zu detektieren und sichtbar zu machen.

Neben der Erfassung von elektrischen Signalen und der Interpretation von Messwerten, hier sollte man sich immer vergegenwärtigen, dass jedes Instrument einer Kalibrierung bedarf die den Fehlerrahmen der Messung definiert, besteht ein gewaltiger Bedarf diese Informationen zu verarbeiten.

Für die Umsetzung einer zweckmäßigen Datenhaltung und -verarbeitung stehen unterschiedlichste Softwarelösungen zu Verfügung. Größter Beliebtheit erfreuen sich hierbei verschiedenste Open-Source Anwendungen da diese durch eine mehr oder weniger große Nutzergemeinschaft unterstützt werden, was das Erlernen und die Fehlersuche erheblich erleichtert.

Des Weiteren ist es notwendig eigene Berechnungsroutinen an unterschiedliche Fragestellungen und Datenformate anzupassen, weshalb die Nutzung einer Programmiersprache für die meisten komplexen Datenanalysen unumgänglich ist.

Während eine Software mit graphischer Benutzeroberfläche eine komfortable Anwendung von Standardoperationen ermöglicht, lassen sich anhand selbst programmierter Auswertungsalgorithmen sehr spezifische Lösungen entwickeln.

Für die meisten (forst-)wissenschaftlichen Untersuchungen ist es heutzutage notwendig Datenbankmanagement, (geo-) statistische Analyse und graphische Darstellung der Ergebnisse effizient umzusetzen. Hierbei bietet die Verknüpfung der drei Open-Source Produkte PostgreSQL, QGIS und Rstudio alle erdenklichen Möglichkeiten. PostgreSQL bietet in Verbindung mit der Erweiterung PostGIS eine umfassende objektrelationale Datenbankumgebung welche anhand von SQL Befehlen die Speicherung und Analyse von Geo-, Sach- und Metadaten ermöglicht. QGIS wiederum kommt mit einer eigenen Schnittstelle zu der PostgreSQL Datenbank daher und realisiert eine sehr schnelle kartenmäßige Darstellung von Geo-Objekten und ermöglicht neben einer GUI basierten Anwendung von Rechenoperationen auch die Erstellung eigener Rechenroutinen mit Hilfe von Python. Die Programmiersprache R ermöglicht weiterführend einen sehr schnellen Zugriff auf Datenbanken, die statistische Auswertung und graphische Darstellung von Ergebnissen. Aufgrund der kontinuierlichen Entwicklung neuer R-Pakete (Programmbibliotheken) durch die riesige Nutzergemeinschaft stehen zudem sehr fach- bzw. forstspezifische Auswertungsfunktionen zur freien Verfügung.

Diese Säule der Methodensammlung ist essentiell um die steigende Datenmenge effizient verarbeiten zu können. Gleichzeitig handelt es sich hierbei um den sich am schnellsten entwickelnden Bereich, der jedoch fachfremd ist. So tun sich nicht nur Förster/-innen im Speziellen, sondern auch Naturwissenschaftler/-innen im Allgemeinen schwer den rasanten Entwicklungen zu folgen. Hier gilt es den gutachterlichen, analogen Blick in den Wald mit den technischen Errungenschaften der Digitalisierung zu verbinden.

### Auswertung & Anwendung - Verstehen und Begreifen

Die Auswertung einer jeden Untersuchung folgt der Überprüfung einer wissenschaftlichen Hypothese. Entsprechend der immer schon wichtigen Waldfunktion der Holzlieferung standen oft Wuchseistung und Holzqualität im Interesse forstwissenschaftlicher Forschung. Mit zunehmenden Störungen und Schäden von Waldbeständen steht die Reaktionen des Waldes gegenüber sich wandelnden Umweltbedingungen im Vordergrund des Interesses.

Neben der Frage wie ein Waldbestand beispielsweise auf Wassermangel reagiert, muss vorhergesagt werden welche Auswirkungen zu erwarten sind und ob sich der bestehende Baumbestand davon wieder erholen kann. Zusammen mit der räumlichen Vorhersage (Regionalisierung) müssen zeitliche Vorhersagen (Szenarienanalyse) getroffen werden. In Abhängigkeit verschiedener Klimaszenarien, gegebenen Standortbedingungen, aktuellen Bestockungsverhältnissen und zu erwartenden Waldentwicklungen ist für jeden Waldstandort bestehendes Wissen anzuwenden.

Auch ohne sich wandelnden klimatischen Bedingungen ist unser Wissen um die Waldentwicklung begrenzt. Die meisten unserer Beobachtungen beziehen sich auf Reinbestände in relativ übersichtlichen räumlichen Einheiten.

Die seit Jahrzehnten geförderten strukturreicheren Mischwälder erfordern eine sehr viel detailliertere Beschreibung der Wuchskonstellationen. In Abhängigkeit vom Standort müssen die Wuchseigenschaften der verschiedenen Baumarten charakterisiert und in der strategischen Waldbauplanung berücksichtigt werden. Das theoretische Wissen muss hierbei auf die Fläche gebracht und den Forstleuten zugänglich gemacht werden.

Neben der Veröffentlichung wissenschaftlicher Ergebnisse kommt der Modellierung und der kartenmäßigen Darstellung eine besondere Bedeutung in der Anwendung forstwissenschaftlicher Forschung zu. Im Zuge des Risikomanagements können Risiko-Hotspots dargestellt und Entwicklungstrends aufgezeigt werden. Vorort sollten mit Hilfe gängiger Technik aktuelle Umweltbedingungen, permanente Standortdaten und waldbauliche Empfehlungen abrufbar sein und als Entscheidungsstütze dienen.

### Wetter

In Zeiten des Klimawandels besteht ein besonderes Augenmerk auf Untersuchungen über die Auswirkungen des Witterungsgeschehen auf die Vitalität der Wälder. Hierzu ist es notwendig verfügbare Messwerte von Klimakennwerten zu regionalisieren und das Witterungsgeschehen auf Landschaftsebene darzustellen. Gleichzeitig ist zu prüfen welche Klimagrößen sich zu welcher Periode des Jahres mit der Vitalität des Waldes in Zusammenhang bringen lassen.

### Regionalisierung

Als zentrale Stelle für Wetteraufzeichnungen verfügt der Deutsche Wetterdienst über ein umfassendes Messnetz verschiedener Klimastationen und stellt die hier erhobenen meteorologischen Messwerte kostenfrei zur Verfügung (CDC, 2018). Auch wenn die verfügbaren Klimakennwerte mit unterschiedlicher räumlicher Auflösung erfasst werden und auch eine scheinbar einfach zu messende Größe wie der Niederschlag nicht fehlerfrei erfasst werden kann (z.B. Richter, 1995) bilden diese Daten die wichtigste Grundlage für die Klimafolgenforschung in Deutschland.

Um den Zugriff auf aktuelle Witterungsdaten zu operationalisieren wurde an der NW-FVA eine Download-Funktion der DWD Daten durch das R-Paket „vegperiod“ (Nuske, 2017) bereitgestellt. Weiterführend wurden zwei R-Pakete entwickelt die es ermöglichen Klimakennwerte zu regionalisieren (Schmidt-Walter, 2019, 2018). Hierzu werden die Tagesstationswerten von ganz Deutschland genutzt um die Großwetterlage zu modellieren und wesentliche meteorologische Parameter in Abhängigkeit ihrer geographischen Lage vorherzusagen.

Am LFE wurden diese Arbeiten genutzt um einen Workflow zu entwickeln (Abbildung 2) der es erlaubt tagesaktuell (in Abhängigkeit der DWD Datenbereitstellung) das Witterungsgeschehen auf Landschaftsebene darzustellen. Basierend auf einem 1-x-1-km weiten Raster werden Tageswerte wichtiger Messgrößen regionalisiert, weitere meteorologische Größen simuliert (z.B. pot. Evapotranspiration nach Allen et al., 1998) und verschiedenen Klimakennwerte berechnet (z.B. klimatische Wasserbilanz).

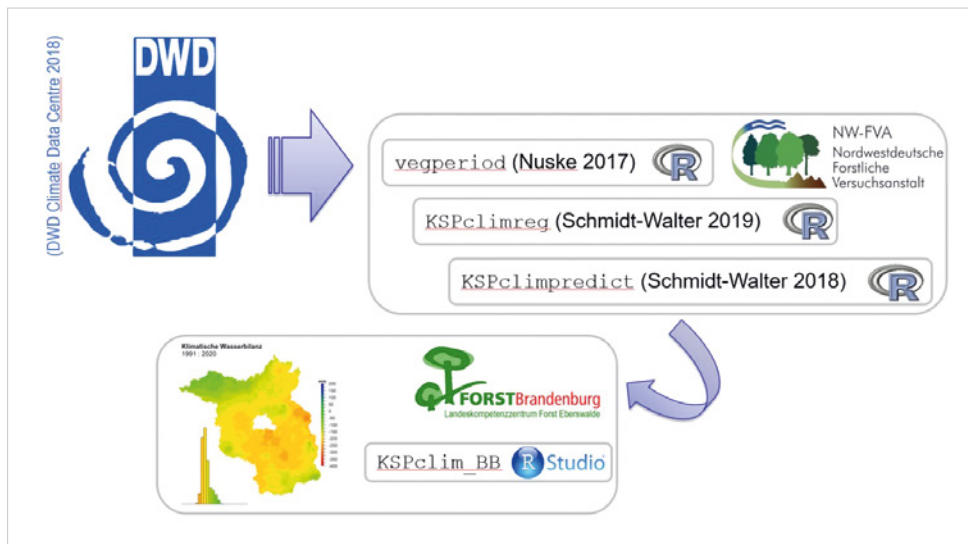


Abbildung 2: Klimaregionalisierung auf Grundlage der frei verfügbaren Witterungsdaten des Deutschen Wetterdienstes, den an der NW-FVA zu diesem Zweck entwickelten R-Paketen und den am LFE operationalisierten Vorhersage für Brandenburg

## Wirkanalyse

Um die Auswirkungen des Witterungsgeschehens beurteilen zu können, müssen die zur Verfügung stehenden Klimakennwerte hinsichtlich ihrer Wirkung auf eine Zielgröße untersucht werden. Je länger die Zeitreihe der Zielgröße dabei ist, desto mehr Witterungskonstellationen und Wechselwirkungen zur Vitalität können beschrieben werden und umso besser können diese als statistische Zusammenhänge innerhalb eines Datensatzes herausgearbeitet werden. Auch deshalb bietet die Waldzustandserhebung einen unvergleichbar wertvollen Datensatz und wir können exemplarisch das Witterungsgeschehen seit 1991 mit den Beobachtungen der mittleren Kronenverlichtung der Kiefer in Beziehung setzen (Abbildung 1; oben links).

Neben der Variabilität des Witterungsgeschehens innerhalb der Zeitreihe kann eine räumliche Differenzierung des Witterungseinflusses auf Grundlage der systematisch verteilten Stichprobenpunkte der WZE innerhalb Brandenburgs vorgenommen werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Anzahl an Probepunkte (schwarze Zahlen in der Grafik) über die Zeit nicht konstant ist. Das Konfidenzintervall der Einzeljahre zeigt jedoch, dass die mittlere jährliche Kronenverlichtung auch mit wechselndem Stichprobenumfang sehr gut vorhergesagt werden kann und eine deutliche Variabilität zwischen den Jahren erkennbar ist. Ein vergleichbarer Entwicklungstrend des mittleren Nadelverlustes der Kiefer ist auch in Ergebnissen auf Bundesebene ersichtlich (BMEL, 2021b).

Um zu untersuchen welche Witterungsvariablen einen Einfluss auf die Entwicklung der Kronenverlichtung genommen haben, stehen unterschiedliche statistische Methoden zur Verfügung. Dass das Wetter Einfluss auf die Kronenverlichtung genommen hat ist sowohl sachlogisch zu begründen als auch im deutlichen Anstieg des Nadelverlustes in den letzten beiden Jahren ersichtlich, wobei das vorangegangene Trockenjahr 2018 als initiale Vitalitätsschwächung verstanden werden kann. Das andere Faktoren gleichzeitig (oder auch entgegen) wirken können ist ebenso offenkundig und wird beispielsweise mit den hohen Kronenverlichtung zu Beginn der Zeitreihe und den noch damals herrschenden Luftverunreinigungen zu erklären. Des Weiteren hat natürlich der Standort und die Bewirtschaftung einen Einfluss

auf die individuelle Entwicklung eines Waldbestandes. Im Rahmen eines flächenrepräsentativen Monitorings ist jedoch von über die Zeit relativ konstanten Standortsbedingungen und gleichmäßigen Störungen auszugehen, weshalb die jährlichen Veränderungen des Vitalitätszustandes im Wesentlichen durch Schwankungen des Witterungsgeschehens und/oder dem Auftretenden biotischer Schadfaktoren (Pilze oder Insekten) zu erklären ist.

Auf Grundlage einer effektiven Datenhaltung können neben verschiedenen Zielgrößen unterschiedlichste Klimakennwerte bzw. Witterungsvariablen bereitgestellt werden. Neben gängigen zeitlichen Aggregationen des Witterungsgeschehens (z.B. Monatsmittel) wurden auch gewichtete mehrjährige Klimarepräsentationen in Anlehnung an Klap et al. (2000) berechnet und in der Analyse berücksichtigt. Des Weiteren wurde neben der Berechnung der potenziellen Grasreferenzverdunstung (Allen et al., 1998) und der sich hieraus ergebenden klimatischen Wasserbilanz (Differenz aus Niederschlag und Verdunstung) auch einige wichtige von Riek et al. (2013) herausgearbeitete Kenngrößen des Wärmehaushaltes der Wälder Brandenburgs berücksichtigt.

Um die Bedeutung einzelner Witterungsvariablen in Hinblick auf die Zielvariable quantifizieren können wurde ein Verfahren genutzt welches bereits in einer anderen Untersuchung erfolgreich für die Identifizierung physiologisch sensibler Zeitfenster für die Entwicklung von Kieferngroßschädlingen eingesetzt wurde (Hentschel et al., 2018). Der „Random Forest“ Ansatz (Breiman, 2001) nutzt hierbei eine Vielzahl statistisch unabhängiger Entscheidungsbäume um den Erklärungsbeitrag unterschiedlicher Variablen zu bewerten. Genuer et al. (2012) haben diesen Ansatz in einen Algorithmus zur Variablenselektion eingebunden und ein sehr recheneffizientes R-Paket veröffentlicht (Genuer et al., 2019).

Die auf diesem Wege ausgewählten Witterungsvariablen wurden in einem nächsten Schritt in ein Raum-Zeit-Modell eingebunden und hinsichtlich ihrer Wirkung untersucht. Den Ansatz zur Modellierung der räumlich-zeitlichen Verteilung von Kronenverlichtungsdaten lieferten erstmalig Augustin et al. (2009). Zur Implementierung des verwendeten verallgemeinerten additiven gemischten Modells (GAMM) wurde das von einem Co-Autor dieser Arbeit herausgegebenen R-Pa-

ket „mgcv“ (Wood, 2017) genutzt. Näheres zum Modellansatz und insbesondere des berücksichtigten Alterseffektes der Kronenverlichtung wurde zuletzt von Eickenscheidt et al. (2019) diskutiert.

Um die Auswirkungen des Witterungseinflusses beschreiben zu können wurde dieser Modellansatz um die zuvor ausgewählten Klimakennwerte erweitert. Hierbei wurden die Variablen sowohl einzeln als auch Tensorprodukt im Modell berücksichtigt und untersucht. Als hoch signifikant und relativ hohem Erklärungsbeitrag zeigte sich beispielsweise die Wechselwirkung der Niederschlagsmenge im April und der 3-jährigen gewichteten Grünlandtemperatur-Summe (Abbildung 3; rechts). Letztere beschreibt die gewichtete Temperatursumme bis zum 15. April (s. Riek et al., 2013) der letzten drei Jahre (s. Klap et al., 2000). Farblich sind in der Grafik die simulierte Kronenverlichtung und die Beobachtungen der letzten vier Jahre dargestellt. Die Jahre mit der höchsten Kronenverlichtung der Kiefer (2019 und 2020) zeichnen sich hierbei durch sehr geringe Aprilniederschläge und sehr hohe (Frühjahrs-) Temperatursummen der drei vorangegangenen Jahre aus.

Die Evaluierung des klimasensitiven Raum-Zeit-Modells der Kronenverlichtung der Kiefer zeigt, dass ca. 40 % der Abweichungen durch die Raum-Zeit-Komponente (jährliche räumliche Verteilung der Kronenverlichtung der Kiefer in Brandenburg) und den Alterseffekt erklärt werden. Nur etwa 2 % werden zusätzlich durch den Klima-Tensor erklärt. Aufgrund der hiervon unabhängig berücksichtigten Raum-Zeit-Komponente können wir jedoch den beobachteten Modelleffekt als kausalen Effekt betrachten. Mehrere aufeinander folgende warme Frühjahre in Kombination mit einem trockenen April begünstigen einen (unabhängig vom Alter) erhöhten Nadelverlust der Kiefer.

Die hier vorgestellte Untersuchung stellt einen vorläufigen Arbeitsstand dar und Bedarf einer weiterführenden Evaluierung (auch für andere Baumarten). Es zeigt aber bereits wie auf Grundlage von Monitoringdaten, regionalisierten Klimadaten, Fachwissen aus dem Netzwerk der forstlichen Versuchsanstalten, statistischen Methoden und geeigneter Software die Auswirkungen der Klimaveränderung nachvollzogen werden können. Auch die als trockenheitstolerante Baumart bekannte Waldkiefer reagierte auf anhaltend warmen Frühjahre und geringen Aprilniederschläge mit Vitalitätseinbußen.

## Fazit

Eine umfassende Methodensammlung ermöglicht es die Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldgesundheit zu quantifizieren, physiologische Reaktionen verschiedener Baumarten und Waldstrukturen vorherzusagen und Handlungsoptionen abzuleiten. Erfahrungen von Forstleuten werden durch Datenbanken komplementiert und statistische Zusammenhänge beschreiben wesentliche Prozesse des Waldökosystems.

Eine besondere Schwierigkeit besteht darin die vielfältigen Wechselwirkungen zu berücksichtigen und bspw. im Rahmen einer forstlichen Behandlung weder zu viel noch zu wenig Licht auf den Waldboden zu bringen. Auch sind die langen Betrachtungszeiträume an sich eine große Herausforderung, da das Geplante immer wieder angepasst werden muss und die Entwicklung einer natürlichen oder künstlichen Verjüngung hin zum „klimastabilen“ Altbestand mehrere Menschenleben dauern kann. Dass das Klima aktuell nicht stabil ist, ist die größte Herausforderung (nicht nur) für die Forstwirtschaft.

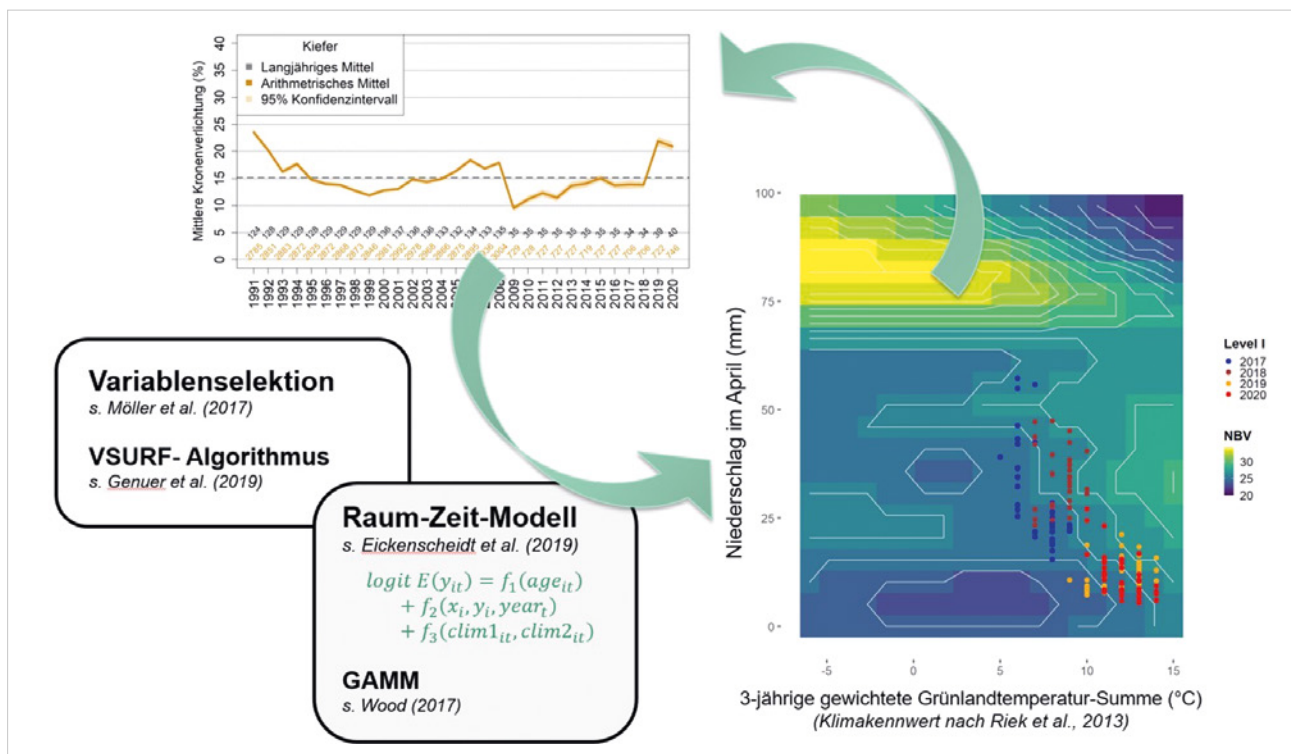


Abbildung 3: Untersuchungsverlauf zum Witterungseinfluss auf die Kronenverlichtung der Kiefer in der WZE-Stichprobe Brandenburg

In Zusammenhang mit interdisziplinären Forschungsansätzen, anspruchsvollen statistischen Auswertungsmethoden und einem gesamtheitlichen Ökosystemverständnis steigt die Bedeutung empirischer Evidenz. Terrestrische Aufnahmen werden hierbei nicht durch hochaufgelöste Fernerkundungsdaten ersetzt werden können. Vielmehr steigt die Bedeutung von Messwerten jeglicher Art um Computermodelle entwickeln und evaluieren zu können.

Die Kontinuität von Monitoringprogramme, die neuen Erkenntnisse aus Drittmittelforschung und die Zusammenarbeit der Forschungseinrichtungen bilden gute Voraussetzungen die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald erfassen und verstehen zu können. Die hieran anschließende Politikberatung kann maßgeblich dazu beitragen die Multifunktionalität des Waldes zu fördern und die Auswirkungen der Klimakrise zu mindern. Die hierfür benötigte Infrastruktur muss die benötigten Ressourcen langfristig bereitstellen und ein Risikomanagement vom Baum und Waldbestand bis zur Landschaftsebene beinhalten.

## Literatur

- ALLEN, C., 2009: Climate-induced forest dieback: an escalating global phenomenon. *Unasylva* 60, 43–49.
- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., OTHERS, 1998: Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome 300, D05109.
- ANDEREGG, W.R.L., HICKE, J.A., FISHER, R.A., ALLEN, C.D., AUKEMA, J., BENTZ, B., HOOD, S., LICHSTEIN, J.W., MACALADY, A.K., MCDOWELL, N., PAN, Y., RAFFA, K., SALA, A., SHAW, J.D., STEPHENSON, N.L., TAGUE, C., ZEPPEL, M., 2015: Tree mortality from drought, insects, and their interactions in a changing climate. *New Phytol.* 208, 674–683. <https://doi.org/10.1111/nph.13477>
- AUGUSTIN, N.H., MUSIO, M., VON WILPERT, K., KUBLIN, E., WOOD, S.N., SCHUMACHER, M., 2009: Modeling spatiotemporal forest health monitoring data. *J. Am. Stat. Assoc.* 104, 899–911. <https://doi.org/10.1198/jasa.2009.ap07058>
- BMEL, 2021A: Waldbericht der Bundesregierung 2021. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) - Referat 513 – Nationale Waldpolitik, Jagd, Kompetenzzentrum Wald und Holz, Bonn.
- BMEL, 2021B: Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2020. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) Referat 515 – Nachhaltige Waldbewirtschaftung, Bonn.
- BRANG, P., SPATHELF, P., LARSEN, J.B., BAUHAUS, J., BONCINA, A., CHAUVIN, C., DROSSLER, L., GARCIA-GUEMES, C., HEIRI, C., KERR, G., LEXER, M.J., MASON, B., MOHREN, F., MUHLETHALER, U., NOCENTINI, S., SVOBODA, M., 2014: Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87, 492–503. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018>
- BREIMAN, L., 2001: Random Forests. *Mach. Learn.* 45, 1–33. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- BURAS, A., MENZEL, A., 2019: Projecting tree species composition changes of European forests for 2061–2090 under RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios. *Front. Plant Sci.* 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01986>
- BURAS, A., SCHUNK, C., ZEITRG, C., HERRMANN, C., KAISER, L., LEMME, H., STRAUB, C., TAEGER, S., GÖSSWEIN, S., KLEMMT, H.J., MENZEL, A., 2018: Are Scots pine forest edges particularly prone to drought-induced mortality? *Environ. Res. Lett.* 13. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa0b4>
- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC), 2018: Historical daily station observations (temperature, pressure, precipitation, sunshine duration, etc.) for Germany, version v006.
- EICKENSCHIEDT, N., AUGUSTIN, N.H., WELLBROCK, N., 2019: Spatio-temporal modelling of forest monitoring data: Modelling German tree defoliation data collected between 1989 and 2015 for trend estimation and survey grid examination using GAMMs. *IForest* 12, 338–348. <https://doi.org/10.3832/for2932-012>
- GENUER, R., POGGI, J.-M., TULEAU-MALOT, C., 2019: VSURF: Variable Selection Using Random Forests. R package version 1.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=VSURF>
- GENUER, R., POGGI, J., TULEAU-MALOT, C., GENUER, R., POGGI, J., VARIABLE, C.T., FORESTS, R., GENUER, R., POGGI, J., TULEAU-MALOT, C., TULEAU, C., POGGI, J., TULEAU-MALOT, C., 2012: Variable selection using Random Forests. *Pattern Recognition Lett.* 31, 2225–2236. <https://doi.org/hal.archives-ouvertes.fr/hal-00755489/file/PRLv4.pdf>
- HENTSCHER, R., MÖLLER, K., WENNING, A., DEGENHARDT, A., SCHRÖDER, J., 2018: Importance of Ecological Variables in Explaining Population Dynamics of Three Important Pine Pest Insects. *Front. Plant Sci.* 9, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01667>
- KLAP, J.M., OUDE VOSHAAR, J.H., DE VRIES, W., ERISMAN, J.W., 2000: Effects of environmental stress on forest crown condition in Europe. Part IV: Statistical analysis of relationships. *Water. Air. Soil Pollut.* 119, 387–420. <https://doi.org/10.1023/A:1005157208701>
- LEMBCKE, G., KNAPP, E., DITTMAR, O., 2000: Ertragstafel für die Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) im nordostdeutschen Tiefland., 2nd ed. Landesforstanstalt Eberswalde, Eberswalde.
- LFB, 2020: Geschäftsbericht 2019 Landesbetrieb Forst Brandenburg - Auszug der vielfältigen Arbeit des Landesbetriebes Forst Brandenburg. Landesbetrieb Forst Brandenburg (LFB), Potsdam.
- LINDNER, M., MAROSCHEK, M., NETHERER, S., KREMER, A., BARBATI, A., GARCIA-GONZALO, J., SEIDL, R., DELZON, S., CORONA, P., KOLSTRÖM, M., LEXER, M.J., MARCHETTI, M., 2010: Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For. Ecol. Manage.* 259, 698–709. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>
- MLUK, 2020A: Waldzustandsbericht 2020 des Landes Brandenburg. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK).

MLUK, 2020b: Waldschutzbericht 2019 - Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Fachbereich Waldschutz und Wildökologie. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK).

NUSKE, R., 2017: vegperiod: Determine Thermal Vegetation Periods [Software]. Zenodo. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.1466541>

RICHTER, D., 1995: Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers (Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 194). Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main.

RIEK, W., KALLWEIT, R., RUSS, A., 2013: Principal components of the heat balance of forest ecosystems in the state Brandenburg – Regionalization of risk areas and areas suitable for climate monitoring on the basis of regional climate scenarios. *Waldökologie, Landschaftsforsch. und Naturschutz* 13, 17–32.

RIEK, W., RUSS, A., 2019: Waldbodenbericht Brandenburg (Band 2) - Weitere Ergebnisse der landesweite Bodenzustandserhebung und Folgerung für die nachhaltige Waldnutzung, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MLUK), Landesbetrieb Forst Brandenburg (LFB), Potsdam.

RIEK, W., RUSS, A., KÜHN, D., 2015: Waldbodenbericht Brandenburg (Band 1) - Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebung BZE-2 und BZE-2a, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (MLUL) des Landes Brandenburg (MLUL), Landesbetrieb Forst Brandenburg (LFB), Potsdam.

SCHMIDT-WALTER, P., 2019: KSPclimreg: Routines for interpolating daily climatic variables. R package version 0.1.0.

SCHMIDT-WALTER, P., 2018: KSPclimpredict: Predict daily climate parameters from saved ModelObjects and Data. R package version 0.1.0.

WOOD, S.N., 2017: Generalized Additive Models: An Introduction with R., 2nd ed. Chapman and Hall/CRC.

ZICHE, D., RIEK, W., RUSS, A., HENTSCHEL, R., MARTIN, J., 2021: Water budgets of managed forests in northeast Germany under climate change—Results from a model study on forest monitoring sites. *Appl. Sci.* 11, 1–19. <https://doi.org/10.3390/app11052403>



# Wie geht das zusammen? Zur Integration von Ökosystemleistungen im Waldschutzrisikomanagement

Julia Kaplick, Christoph Thieme, Anne Zimdars

Wälder sind von globaler Bedeutung, um dem Klimawandel etwas entgegen zu setzen. Sie gehören gemeinsam mit den Böden zu den größten terrestrischen Kohlenstoffspeichern. Terrestrische Ökosysteme im Allgemeinen sind aktuell in der Lage, etwa 30 % der menschlich verursachten Emissionen zu absorbieren (FRIEDLINGSTEIN et al. 2019). Wälder im Speziellen gehören zu den sogenannten „Natural Climate Solutions“ und können den Klimawandel abmildern (GRISCOM et al. 2017). Zudem speichern Wälder nicht nur Kohlenstoff, sondern zeichnen sich durch viele weitere Ökosystemleistungen aus (Abb. 1). Sie sind wichtiger Lebensraum für Pflanzen und Tiere, aber auch Erholungsort für uns Menschen, stellen Holz, Pilze, auch Waldbeeren bereit und sind in der Lage, lokal Immissionen zu filtern sowie Temperaturen zu puffern.

## Effekte von Störungen auf Waldökosysteme

Allerdings sind auch Wälder durch die steigenden Temperaturen anfälliger geworden. Weltweit wird schon heute eine erhöhte Mortalität bei Bäumen bis hin zum Absterben ganzer Waldflächen beobachtet. Natur- und Wirtschaftswälder sind davon gleichermaßen betroffen. Grund dafür ist eine Zunahme abiotischer und biotischer Störungen (ANDEREGG et al. 2020; MILLAR und STEPHENSON 2015).

Störungen sind Teil der natürlichen Entwicklung und können langfristig positive Effekte auf Waldökosysteme haben. Oft führen sie zu diverseren und resilienteren Systemen. Aufgrund der globalen Klimaerwärmung ist in Zukunft aber deut-

lich häufiger mit abiotischen Störungen wie Dürren, extremen Niederschlägen oder Stürmen zu rechnen (IPCC 2018). Auch biotische Störungen werden zunehmen. SEIDL et al. (2017) prognostizieren zum Beispiel für zentraleuropäische Wälder einen fast 80-prozentigen Anstieg von durch Insekten verursachten Störungen. Insbesondere klimatische Einflussgrößen und ihre Veränderungen im Zuge des Klimawandels wirken sich entscheidend auf den Massenwechsel von Schadorganismen im Wald sowie die Vitalität und die Abwehrfähigkeit der Wirtsbäume aus. Klimakennwerte können Indizien für die Progradation oder auch den Zusammenbruch von Insektenpopulationen sein (HENTSCHEL et al. 2018). Die Kenntnis über vergangene und aktuelle Klimadaten müssen daher in die Überwachung mit einfließen, um Gefährdungen frühzeitig erkennen zu können. Am Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde wurde daher intensiv, im Rahmen des Projektes Artemis, auch an der Regionalisierung von Klimadaten gearbeitet und eine Wetterregionalisierung für die wichtigsten forstmeteorologischen Kenngrößen implementiert. Eine erste Datenvisualisierung zeigt deutlich den durch den Klimawandel hervorgerufenen Anstieg der Jahresmitteltemperatur in Brandenburg im Vergleich zur Referenzperiode (Abb. 3).

Störungen, egal ob biotisch oder abiotisch, wirken sich kurzfristig vornehmlich negativ auf Waldfunktionen und Ökosystemleistungen aus. Langfristig und langsam, teilweise erst nach Jahrzehnten, erholen sich die Wälder mit ihren Ökosystemleistungen meist wieder (THOM und SEIDL 2016). Im Fall von Insekten-Massenvermehrungen ist im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes als „ulti-



Abb. 1: Wälder erfüllen zahlreiche Ökosystemleistungen. Sie sind Teil der globalen Stoffkreisläufe (z. B. Kohlenstoff und Sauerstoff) und regulieren über die CO<sub>2</sub>-Bindung das Klima. Auf lokaler Ebene filtern sie Regenwasser und schützen die Böden vor Erosion. Außerdem schaffen sie ein waldtypisches Mikroklima, kühlen die Umgebung und bieten Sicht- und Immissionsschutz. Sie liefern Holz und weitere Waldprodukte, im besonderen auch Wildprodukte, und sind wichtiger Lebensraum für Pflanzen und Tiere sowie ein ganz besonderer Erholungsort für die Menschen.

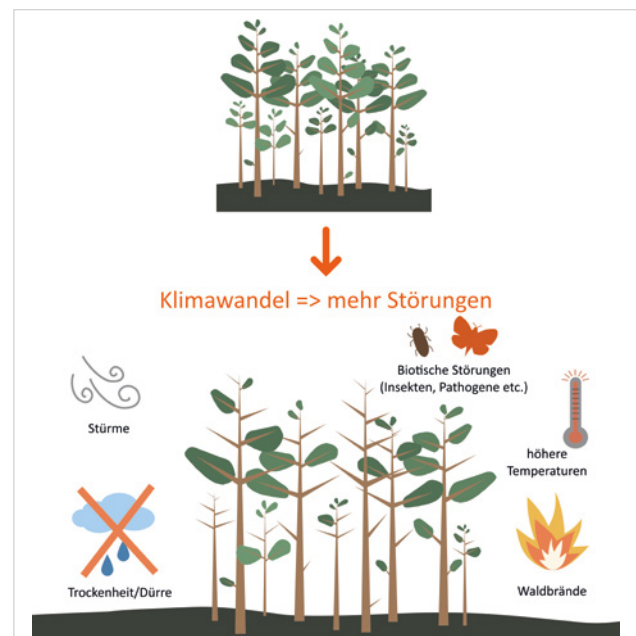


Abb. 2: Wälder sind durch die globale Klimaerwärmung und deren Folgen immer stärker gefährdet, denn Häufigkeit und Intensität abiotischer und biotischer Störungen nehmen zu

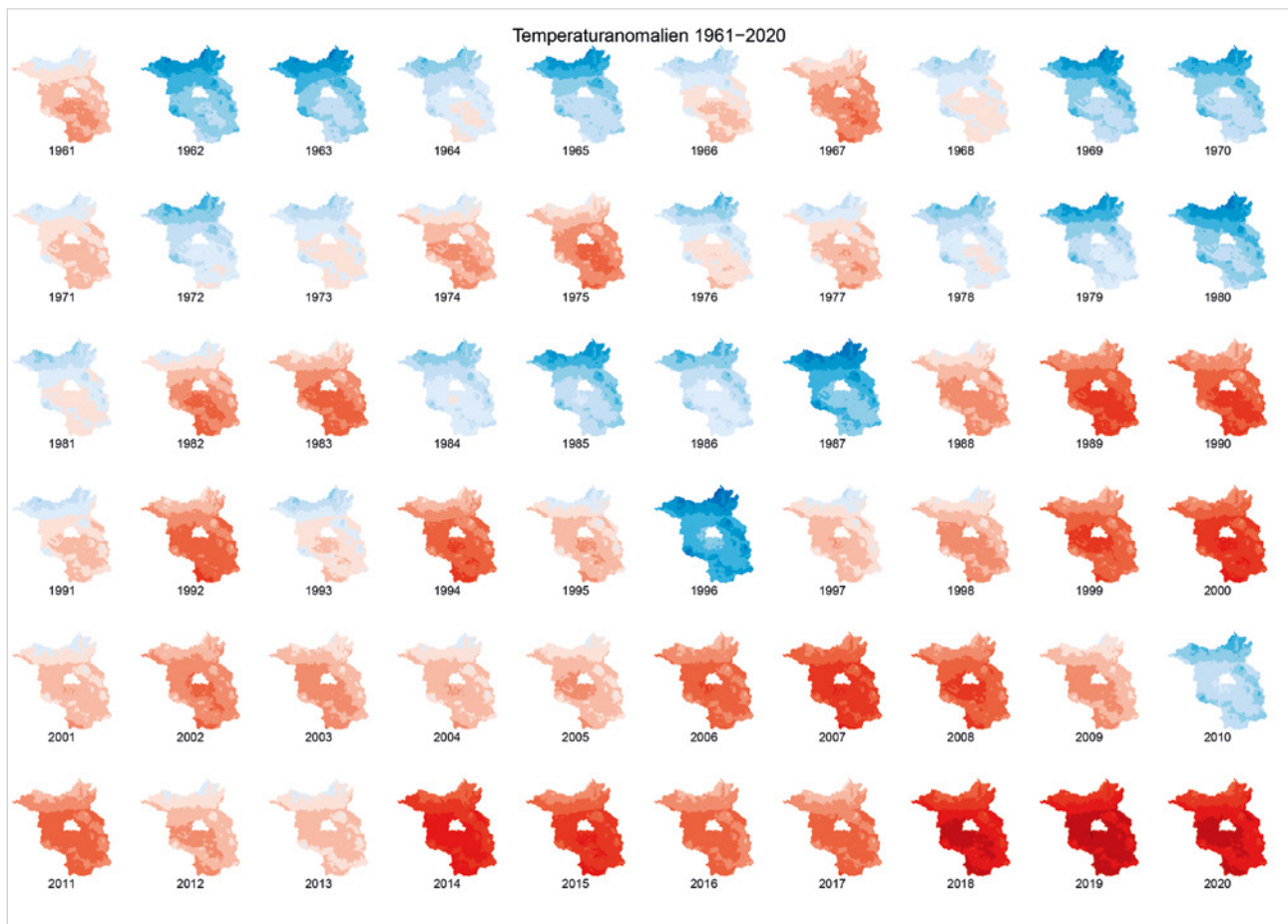


Abb. 3: Temperaturanomalien in Brandenburg von 1961 bis 2020. Blaue Farbtöne zeigen negative und rote Farbtöne positive Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen. Referenztemperatur ist die Klimanormalperiode von 1961 bis 1990. Die Datengrundlage besteht aus Regionalisierungen von Punktdaten (DWD, 2021), die mit Hilfe der R-Pakete KSPclim, KSPclimpredict und KSPclimBB am LFE berechnet wurden.

ma ratio“ die Möglichkeit gegeben, durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) eine akute Bedrohung und damit in der Folge ein flächiges Absterben von Waldbeständen zu verhindern. Aus Sicht von Forstverwaltungen und Waldbesitzenden liegen die aktuellen Schadschwellen für die Einsätze damit sehr hoch. Erst im Fall eines prognostizierten flächigen Verlusts von Baumbeständen werden in der Regel kurative Gegenmaßnahmen angewandt. Häufig widerspricht dies dem übergeordneten Ziel der Sicherung vielfältiger, lokal und regional differenzierter Waldfunktionen im Sinne einer nachhaltigen Forstwirtschaft, die schon bei geringerem Schadensausmaß signifikant gefährdet sein können.

## Ziele & Aufgaben im Verbundprojekt Artemis

Biotische Schaderreger führen allein und im Komplex mit anderen Faktoren nicht nur zum Absterben von Bäumen und Wachstumsverlusten, sondern auch zu Vergrasung, verzögerter Waldverjüngung, Blattmasseverlusten, Störungen des Waldinnenklimas, Wasserhaushaltsproblemen bis hin zum Ausfall der Kohlenstoffsenken-Funktion der Wälder sowie zu einem temporären oder langfristigen Lebensraumverlust für Waldarten, sowohl bei Tieren als auch bei Pflanzen. Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich das Verbundprojekt Artemis mit folgenden Fragen:

1. Sind für unsere Gesellschaft signifikante biotische Waldschäden vor dem Hintergrund vielfältiger Ansprüche an die Wald-Ökosystemleistungen auch zukünftig hinnehmbar?
2. Wieviel Leistungsverlust ist – funktionsbezogen und regional differenziert – tolerierbar, und ab wann sind kurative Gegenmaßnahmen in Bezug auf die Wald-Ökosystemleistungen sinnvoll?
3. Nach welchen Kriterien können Schadschwellen funktions- und situationsabhängig an gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Ziele angepasst werden?

Fragen wie diese sind weder vom Waldschutzspezialisten, von der Forstwirtschaft oder vom Naturschutz allein zu beantworten. Es bedarf überregionaler und partizipativer Forschungsarbeit, um hier 1. zu einer vergleichbaren Wissensgrundlage zu kommen, 2. einheitliche Bewertungsstandards aufzustellen und 3. regional bzw. funktionsbezogen differenzierte Handlungsvorschläge formulieren zu können. Das Ziel der geplanten Arbeiten ist es, die methodischen und inhaltlichen Fortschritte der letzten Jahre im Waldschutz zu systematisieren und neue Verfahren zur Erfassung sowohl von biotischen Schäden und ihren Folgen, als auch von Stakeholder-Ansprüchen an den Wald in ein weiterentwickeltes System des Waldschutzrisikomanagements zu integrieren.

Die Ergebnisse kommen dem Schutz der Wälder für alle Eigentumsarten zugute und tragen so zur Sicherung einer nachhaltigen, multifunktionalen Forstwirtschaft auf großer Fläche bei.

Die fünf Projektpartner in Artemis arbeiten in ihren Bundesländern an spezifischen Fragestellungen (siehe Tab. 1), die mit Daten zu ausgewählten Schadinsekten aus den jeweiligen Referenzgebieten untermauert werden. Die Gebiete repräsentieren dabei gegenüber Trockenheit und biotischen Schäden besonders exponierte Eichen- und Kiefernwälder.

## Fachlich begründete Konsequenzanalyse

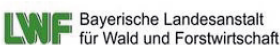
Ein alle Teilvorhaben umfassendes Arbeitspaket bei Artemis ist die wissenschaftliche Analyse der Konsequenzen der Behandlung (Insektizideinsatz) und Nicht-Behandlung von durch Massenvermehrungen gefährdeten Waldflächen, d. h. die Auswirkungen des menschlichen Handelns bzw. Nicht-Eingreifens auf die Ökosystemleistungen. Allzu oft wird beim Risikomanagement der Fokus auf einige wenige herausragende Ökosystemleistungen gelegt (BOYD et al. 2013). Im Rahmen des Projektes sollen möglichst alle Ökosystemleistungen differenziert und tiefgehend betrachtet sowie die potentiellen Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen in das Risikomanagement nachvollziehbarer integriert werden.

Hierfür werden zahlreiche nationale und internationale wissenschaftliche Studien zu den kurz, mittel- und langfristigen Folgen eines PSM-Einsatzes bzw. eines Verzichts auf die Ökosystemleistungen gesichtet und ausgewertet. Eine Vielzahl an Informationen wurde bereits herausgefiltert. Von den Projektmitarbeitenden wird nach objektiven, wissenschaftlichen Kriterien bewertet, ob die Konsequenzen des Einsatzes von PSM oder Insektenfraß positiv, negativ oder neutral sind. Als Systematisierungsbasis dient der im Projektteam entworfene Konsequenzbaum (Abb. 4). Die Informationen aus den Studien werden dann in eine komplexe Tabellenstruktur und schließlich in einen teilautomatisier-

ten Auswertungsprozess überführt. Die wissenschaftlich fundierten Informationen sollen die Basis für ein adaptives Risikomanagement und einen faktenbasierten Dialog der Interessengruppen sein.

Der Wissenstransfer in die Praxis, die Informationsbereitstellung und die Kommunikation mit den beteiligten Stakeholdern sind entscheidende Weichen im fachlichen wie öffentlichen Diskurs. Daher sollen die aggregierten Daten der fachlich begründeten Konsequenzanalyse in eine anwenderfreundliche Webanwendung mit anschaulichen Visualisierungen münden, damit dieses Wissen für alle Interessengruppen als Entscheidungshilfe für oder gegen einen potentiellen Pflanzenschutzmitteleinsatz genutzt werden kann. Diese Webanwendung - respektive Informationsplattform - als verständliche, ergebnisoffene und interaktive Aufbereitung der im Projekt gesammelten Informationen stellt neben den effektiven Verfahren zum Monitoring und zur Prävention relevanter Insektenarten einen wesentlichen Bestandteil zur regional- und situationsdifferenzierten Anpassung der Schadschwellen dar. Das Kernziel des Projektes ist vor dem Hintergrund der klimatischen sowie gesellschaftlichen Entwicklungen und in Abhängigkeit von den Ökosystemleistungen, den vielfältigen Nutzungsansprüchen und den aktuellen Erkenntnissen zur Populationsdynamik der Schadorganismen die Definition flexibler Schadschwellen. An die Stelle der bisher pauschal gültigen Schadschwellen „Bestandesverlust“ tritt also eine dynamische Bewertung als Grundlage für oder gegen einen PSM-Einsatz, die das regionalspezifische Schadpotential in seinen ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimensionen berücksichtigt.

Im Falle einer Massenvermehrung blatt- und nadelfressender Insekten gibt es zwei Möglichkeiten (Abb. 4): entweder, der Insektenfraß wird zugelassen und es kommt zu mehr oder weniger starkem Blatt- oder Nadelverlust oder es werden Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Je nach klimatischen und standörtlichen Bedingungen sowie dem Auftreten von Sekundärschäden, als auch in Anhängigkeit vom Anteil der verbleibenden Restbenadelung bzw. -belaubung kann der Fraß zum Absterben einzelner Bäume bis hin zum

| Institution                                                                         |                                                                                  | Teilvorhaben                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Landesbetrieb Forst Brandenburg<br>Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) | Waldschutzmanagement mit variablen Schadschwellen für Bestandesschädlinge von Eiche und Kiefer im Nordostdeutschen Tiefland                  |
|  | agrathaer GmbH                                                                   | Kommunikation, Transfer, Stakeholder-Partizipation im Waldschutzrisikomanagement                                                             |
|  | Landesforst Mecklenburg-Vorpommern AöR                                           | Fernerkundung als Unterstützung eines Waldschutzrisikomanagement mit variablen Schadschwellen für Schädlinge der Kiefer                      |
|  | Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)                      | Waldschutzrisikomanagement mit variablen Schadschwellen für ausgewählte Bestandesschädlinge der Eiche in Südwestdeutschland                  |
|  | Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA)               | Bewertung und Prognose der Risiken der phylophagen Eichenschadinsekten und Differenzierung des Schadpotenzials des Eichenprozessionsspinners |

Tab. 1: Übersicht der Artemis Projektpartner und der inhaltlichen Schwerpunkte in den Teilvorhaben

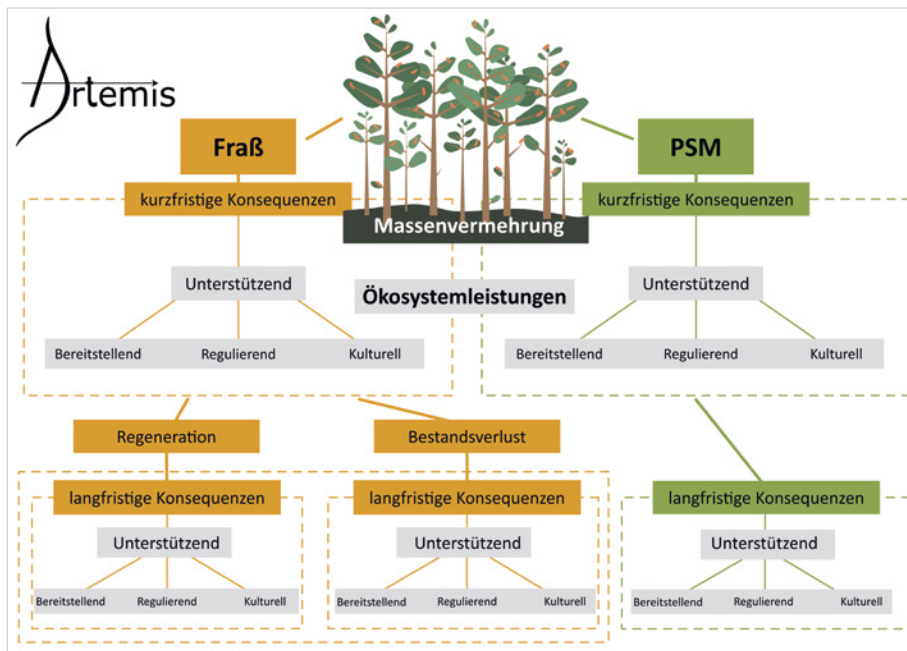


Abb. 4: Der Artemis „Konsequenzbaum“. Vereinfachte Darstellung der kurz- und langfristigen Auswirkungen von Fraß oder PSM bei Insektenmassenvermehrung in Eichen- und Kiefernwäldern auf verschiedene Ökosystemleistungen. Die Ökosystemleistungen sind unterteilt in unterstützende (grundlegende Prozesse des Ökosystems Wald, wie z. B. Photosynthese und die daraus resultierende Biomasseproduktion), bereitstellende (z. B. Holz, Wild), regulierende (z. B. Nährstoffregulation, Wasserreinigung) und kulturelle (z. B. Erholung, Bildung) Ökosystemleistungen.

Absterben kompletter Bestände führen. Auch die vollständige Regeneration der Bestände nach kurzer Zeit oder einigen Jahren ist möglich. Natürlich kann es auch immer zu einer Mischung dieser beiden Szenarien „Fraß zulassen“ und „PSM einsetzen“ kommen. Weiterhin wird im Rahmen der Konsequenzanalyse im Projekt Artemis zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Konsequenzen unterschieden. Im Folgenden sollen für die drei Szenarien Fraß mit und ohne Regeneration des Bestandes sowie PSM-Behandlung beispielhaft drei Studien vorgestellt werden, die Eingang in die Konsequenzanalyse gefunden haben.

### Beispielstudien zu den Auswirkungen von Fraß und PSM auf Ökosystemleistungen

Im ersten Szenario wird der Insektenfraß zugelassen und es kommt im Laufe der Zeit zu großflächigen Absterbeerscheinungen. Ein Beispiel für dieses Szenario findet sich bei MÖLLER et al. (2008), einer Studie aus der Schorfheide in Brandenburg. Nach teilweise zweimaligem Fraß der Nonne (*Lymantria monacha*) in den Jahren 2003 und 2004 kam es zu einem deutlichen Anstieg der Mortalität, abhängig von der Restbenadelung der Kiefern, der Witterung und vom Befallsdrucks des Blauen Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea*) in den Folgejahren. Außerdem wurden nachhaltige Zuwachsverluste beobachtet. Weiterhin kam es durch die erhöhte Mortalität zu Veränderungen der Bestandesstruktur und des Mikroklimas in den Beständen sowie zu einer stärkeren Erwärmung des Bodens. Daraus resultierte wiederum eine Veränderung des Wasser- und Nährstoffhaushaltes, der Bodenchemie, der Bodenvegetation und der Bodenfauna. Auch die Resilienz des Bestandes gegenüber Stürmen und Witterungsextremen nahm ab. Im Großen und Ganzen sind die Auswirkungen auf die meisten Ökosystemleistungen sowohl kurz- als auch langfristig als negativ zu bewerten. Der typische Waldcharakter ging in den betroffenen Beständen verloren, weshalb auch die für den Wald typischen Ökosystemleistungen nur noch stark eingeschränkt vorhanden waren.

Im zweiten Szenario kommt es nach einem Fraßereignis nicht zum Absterben von Bäumen, sondern zu einer Regeneration des Bestandes nach dem Blatt- oder Nadelfraß. Eine Studie von GRÜNING et al. (2018) soll hier als Beispiel dienen. Auch hier wurden Kiefernflächen in Brandenburg untersucht. Der Fokus lag speziell auf den Nährstoff- und Kohlenstoffkreisläufen in einem von starken Nonnenfraß (*Lymantria monacha*) betroffenen Untersuchungsgebiet. Die große Menge an Nonnenkot führte insgesamt zu einem deutlich erhöhten Eintrag an organischem Material auf den Boden und schlussendlich zu einer erhöhten Kompostierungsrate. In der Folge wurden signifikante Veränderungen der Nährstoffflüsse nachgewiesen, insbesondere eine erhöhte Abgabe von CO<sub>2</sub> an die Atmosphäre. Der Bestand hatte zu diesem Zeitpunkt seine Funktion als Kohlenstoffsenke verloren. Insgesamt ergibt sich auch hier ein eher negatives Bild. Kurzfristig wurden die Stoffkreisläufe und die Kohlenstoffspeicherung negativ beeinflusst. Da die Studie nicht langfristig angelegt war, können die langfristigen Konsequenzen in diesem Fall nicht bewertet werden.

Im Szenario drei werden Pflanzenschutzmittel eingesetzt, um bei Kahlfraßprognose einen vollständigen Blatt- oder Nadelverlust zu verhindern. In Deutschland steht dafür aktuell nur eine sehr begrenzte Zahl an Mitteln zur Verfügung: ein chemisch-synthetisches Kontaktinsektizid, ein biotechnisches Fraßgift (Häutungsbeschleuniger) und ein biologisches Fraßgift (Bakterienpräparat). Die Mittel unterscheiden sich durch ihre Selektivität, weshalb die Auswirkungen auf die häufig in diesem Zusammenhang untersuchten Nicht-Ziel-Organismen stark vom gewählten Mittel beeinflusst werden. Einerseits wird nach Abschätzung einer ausreichenden Wirksamkeit das selektivste Mittel gewählt, andererseits können Fraßgifte nur bei ausreichend vorhandener Blatt- und Nadelmasse eingesetzt werden. Deshalb kommt gerade in Kiefernbeständen nach merklichem bis starkem Fraß aus dem Vorjahr oder bei Gefahr einer zweiten Generation der Schadinsekten im Herbst nur noch das am wenigstens selektive Kontaktinsektizid in Frage. In der Beispielstudie von WANNER et al. (2005) wurde mit Karate

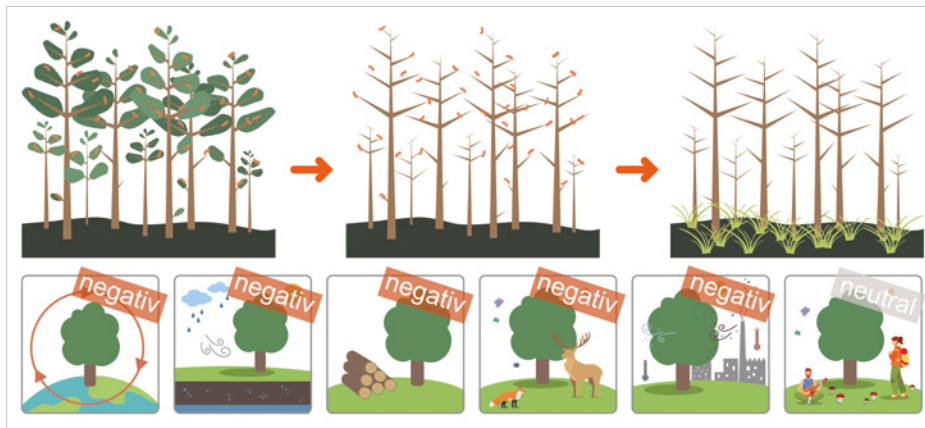


Abb. 5: Schematische Darstellung eines Szenarios, bei dem es nach einer Massenvermehrung von Bestandesschädlingen zu einem Kahlfraß und darauf folgend zum großflächigen Absterben des Bestandes kommt. Zumindest kurzfristig sind in diesem Fall fast alle Ökosystemleistungen negativ beeinflusst.

WG Forst ein solches Insektizid genutzt, um in Sachsen einen Kiefernbestand vor dem Kahlfraß der Nonne (*Lymantria monacha*) zu schützen. Es wurden die Folgen für die Bodenfauna untersucht und dabei die Populationsdichten und Abundanzen von Nichtzielorganismen mit denen einer nicht behandelten Fläche verglichen. Positiv ist, dass keine einzelne Art der untersuchten Bodenarthropoden komplett von der mit PSM behandelten Fläche verschwunden ist. Allerdings konnte eine leicht, wenn auch nicht statistisch signifikante Abnahme der Häufigkeit einzelner Arten beobachtet werden. Nach wissenschaftlichen Standards wäre dies als neutral, also als keine Veränderung zu bewerten. Extrem kritisch und eher populärwissenschaftlich könnte eine leicht negative Auswirkung bescheinigen werden. Zusätzlich beobachteten die Autoren eine Zunahme der Populationsdichten von aassessenden Laufkäfern, also eine positive Auswirkung auf die biologische Vielfalt der nekrophagen Carabidae. Wie in der vorhergehenden Studie waren die Untersuchungszeiträume zu kurz, um langfristige Auswirkungen aufzuzeigen. Die betroffene Ökosystemleistung dieser Studie, die Biodiversität und der Wald als Lebensraum, sind durch die PSM-Behandlung, nicht (neutral), leicht negativ und auch positiv beeinflusst worden.

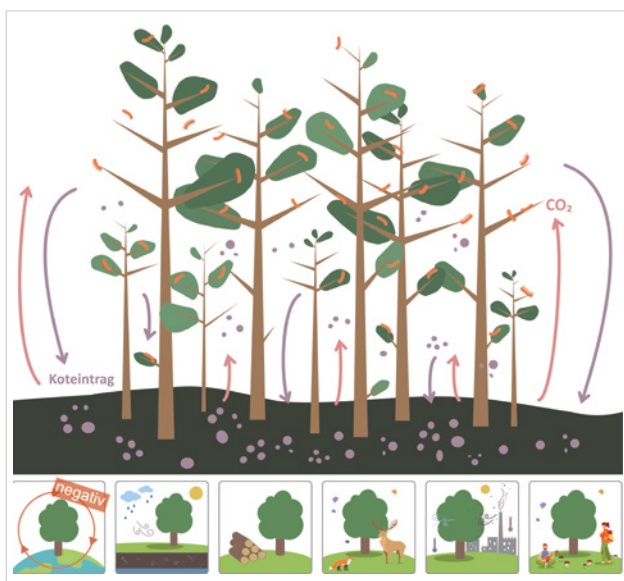


Abb. 6: Schematische Darstellung eines Szenarios, bei dem es nach Fraß durch Bestandesschädlinge zu Veränderungen in den Stickstoff- und Kohlenstoffkreisläufen kommt.

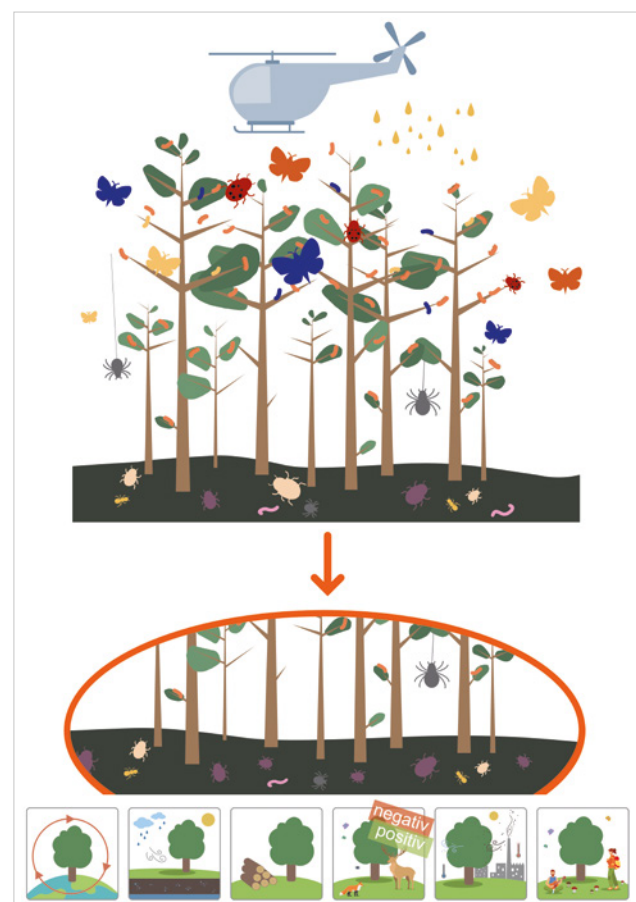


Abb. 7: Schematische Darstellung der Auswirkungen eines Pflanzenschutzmitteleinsatzes auf die Bodenfauna in einem sächsischen Kiefernwald.

## Fazit

Die Artemis-Webanwendung, die aktuell aus der Konsequenzanalyse entwickelt wird, kann eine Entscheidung für oder gegen Pflanzenschutzmittel-Einsätze im praktischen Waldschutz unter Einbeziehung aller Ökosystemleistungen erleichtern und den Dialog zwischen allen beteiligten Interessengruppen fördern. Über zusätzliche, gut verständliche Informationsangebote soll der interessierten Öffentlichkeit das Waldschutzrisikomanagement näher gebracht werden, um eine wissenschaftlich fundierte Diskussionsgrundlage zu schaffen.

Das Projekt Artemis wird über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft gefördert (Förderkennzeichen: 22011817).

## Literatur

- ANDEREGG, W. R. L.; TRUGMAN, A. T.; BADGLEY, G.; ANDERSON, C. M.; BARTUSKA, A.; CIAIS, P.; CULLENWARD, D.; FIELD, C. B.; FREEMAN, J.; GOETZ, S. J. ET AL. (2020): Climate-Driven Risks to the Climate Mitigation Potential of Forests. *Science* 368(1327): 1-9.
- BOYD, I. L.; FREER-SMITH, P. H.; GILLIGAN, C. A.; GODFRAY, H. C. J. (2013): The Consequence of Tree Pests and Diseases for Ecosystem Services. *Science* 342(1235773): 1-8.
- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC): Recent daily station observations (temperature, pressure, precipitation, sunshine duration, etc.) for Germany, Zugriff: 01.10.2021.
- DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC) (2021): Historical daily station observations (temperature, pressure, precipitation, sunshine duration, etc.) for Germany, Version v21.3
- FRIEDLINGSTEIN, P.; JONES, M. W.; O'SULLIVAN, M.; ANDREW, R. M.; HAUCK, J.; PETERS, G. P.; PETERS, W.; PONGRATZ, J.; SITCH, S.; LE QUÉRE, C. ET AL. (2019): Global Carbon Budget 2019. *Earth System Science Data* 11: 1783-1838.
- GRISCOM, B. W.; ADAMS, J.; ELLIS, P. W.; HOUGHTON, R. A.; LOMAX, G.; MITEVA, D. A.; SCHLESINGER, W. H.; SHOCH, D.; SIIKAMÄKI, J. V.; SMITH, P. ET AL. (2017): Natural Climate Solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114: 11645-11650.
- GRÜNING, M. M.; GERMESHAUSEN, F.; THIES, C.; L.-M.-ARNOLD, A. (2018): Increased Forest Soil CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O Emissions during Insect Infestation. *Forests* 9: 1-11.
- HENTSCHEL, R.; MÖLLER, K.; WENNING, A.; DEGENHARDT, A.; SCHRÖDER, J. (2018): Importance of Ecological Variables in Explaining Population Dynamics of Three Important Pine Pest Insects. *Frontiers in Plant Science* 9(1667): 1-17.
- IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P. R.; PIRANI, A.; MOUFOUMA-OKIA, W.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R. et al. (Hrsg.): Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate. World Meteorological Organization, Genf: Schweiz.
- LEIDINGER, J.; SEIBOLD, S.; WEISSER, W. W.; LANGE, M.; SCHALL, P.; TÜRKE, M.; GOSSNER, M. M. (2019): Effects of Forest Management on Herbivorous Insects in Temperate Europe. *Forest Ecology and Management* 437: 232-245.
- MILLAR, C. I.; STEPHENSON, N. L. (2015): Temperate Forest Health in an Era of Emerging Megadisturbance. *Science* 349(6250): 823-826.
- MÖLLER, K.; HAFEMANN, E.; EBERT, H.-D.; HEISTERBERG, B.; KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; NOACK, M.; RIECK, W.; STROHBACH, B.; WENK, M. (2008): Auswirkungen großflächiger Schadereignisse durchnadelfressende Kieferninsekten – Beispiel Nonnenfraß in der Schorfheide. In: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Hrsg.): Wissenstransfer in die Praxis. Beiträge zum dritten Winterkolloquium am 28. Februar 2008 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 35: 46-53.
- SEIDL, R.; THOM, D.; KAUTZ, M.; MARTIN-BENITO, D.; PELTONIEMI, M.; VACCHIANO, G.; WILD, J.; ASCOLI, D.; PETR, M.; HONKANIEMI, J.; LEXER, M. J. ET AL. (2017): Forest Disturbances under Climate Change. *Nature Climate Change* 7: 395-402.
- THOM, D.; SEIDL, R. (2016): Natural Disturbance Impacts on Ecosystem Services and Biodiversity in Temperate and Boreal Forests. *Biological Reviews* 91: 760-781.
- WANNER, M.; WIESENER, C.; OTTO, L.; XYLANDER, W. E. R. (2005): Short-term effects of a nun moth suppression programme (*Lymantria monacha*), (Lepidoptera: Lymantriidae) on epigeic non-target arthropods. *Journal of Pest Science* 78: 7-11.

# Immer mehr im Fokus des Waldschutzes: Klimaschutz und Biodiversität

Katrin Möller

## 1 Schwerpunkte in Waldschutzforschung und Waldschutzrisikomanagement - Ein kurzer Rückblick

### 1.1 Die Waldschutz-Pioniere in Eberswalde

Erstmals verwendet GEORG LUDWIG HARTIG 1808 im „Lehrbuch für Förster“ den Begriff „Forstschutz“. Laut Altenkirch et al. (2002) ist es Aufgabe des Waldschutzes, den Wald vor Gefahren zu schützen, die ihm von der belebten oder unbelebten Umwelt drohen. Der Wechsel des Begriffs Forstschutz zu Waldschutz soll deutlich machen, dass Überwachung, Prognose und Gegenmaßnahmen im Hinblick auf Schadfaktoren wie Insekten, Pilze, Mäuse und auch abiotische Schäden wie Waldbrände nicht nur den Wirtschaftswald, sondern den gesamten Wald einschließen.

1871 wurde die „Eberswalder Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preußen“ gegründet, neben u. a. Abteilungen für Mykologie, Zoologie und Botanik auch eine für Forstschutz. Ein wichtiger Akteur des Forstschutzes war JOHANN BERNARD THEODOR ALTUM (1824-1900), der seit 1869 Nachfolger JULIUS THEODOR CHRISTIAN RATZBURG'S (1801-1871) an der Forstakademie Neustadt-Eberswalde war. Noch heute sind die von RATZBURG herausgegebenen Bücher Beleg für das beeindruckend umfangreiche entomologische Wissen der damaligen Zeit - zu Schadinsekten, aber auch deren natürlichen Gegenspielern - und immer noch bedeutende Nachschlagewerke (Abb. 1).

ALTUM lehrte 30 Jahre als Professor für Naturwissenschaften. Er beschäftigte sich intensiv mit Fragen des Waldschutzes gegen Tiere und verfasste unter anderem eine dreibändige Forstzoologie (1872-1875). ALTUM war auch ein sehr guter Ornithologe. DANKELMANN sprach von ihm als „bedeutendsten Forstzoologen der Gegenwart“. Zugang zum Darwinismus fand ALTUM nicht (MILNIK 2006).



Abb. 1: Bildtafeln im Buch „Waldverderber und ihre Feinde“ (RATZBURG 1844)

KARL ECKSTEIN (1859–1939) war ab 1886 Assistent an der Forstakademie Neustadt-Eberswalde, ab 1900 ordentlicher Professor für Forstzoologie, damit Nachfolger von ALTUM. Laut MILNIK (2006) muss ECKSTEIN als „Dirigent“ der Zoologischen Abteilung der Hauptstation für das Forstliche Versuchswesen in Preußen angesehen werden. Er hat sich als Zoologe, Entomologe, Leiter der Fischzuchtanstalt der Forstakademie, Pionier des organisierten Naturschutzes und auch als erster Vorsitzender des Vereins für Heimatkunde zu Eberswalde einen Namen gemacht (MILNIK 2006).

### 1.2 Das Institut für Waldschutz in Eberswalde wird gebaut

1938 wurde in Eberswalde als erstes Gebäude auf dem Gelände des heutigen Waldcampus das Institut für Waldschutz errichtet (SCHWERDTFEGER 1985, MÖLLER & BRAUN-SCHWEIG 2010). Als damaliger Leiter der Abteilung Waldschutz übernahm FRITZ SCHWERDTFEGER (1905-1986) die Planung und die – sehr erfolgreiche – Einwerbung von Spenden für den Neubau des Instituts für Waldschutz, das mit Laboren, Sammlungsräumen, Schulungsraum, Zuchtkeiler und Bibliothek (Abb. 2) eine moderne Forschungsstätte war (SCHWERDTFEGER 1942). Das Institut blieb eingegliedert

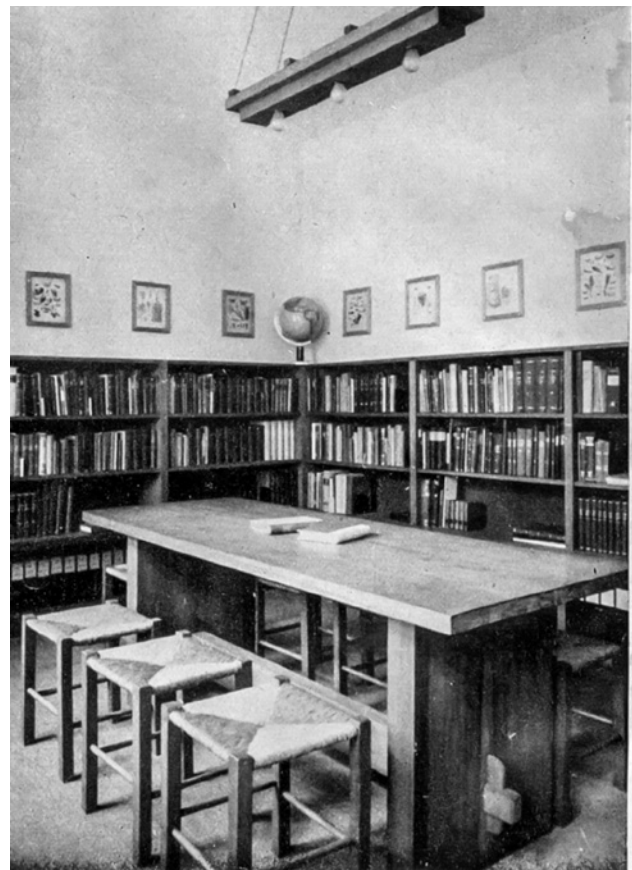


Abb. 2: Die Bibliothek im Institut für Waldschutz 1938 (Quelle: SCHWERDTFEGER 1942)



Abb. 3: Malerei (BERNSTEIN 1938) im Treppenhaus des Instituts für Waldschutz - Schadinsekten und natürliche Gegenspieler (Foto: K. Möller)



Abb. 4: Malerei (BERNSTEIN 1938) im Treppenhaus des Instituts für Waldschutz - biologische Bekämpfung (Rote Waldameisen) und chemische Bekämpfung (Foto: K. Möller)

in die Preußische Forstliche Versuchsanstalt. Die vom Kunstmaler WALTER BERNSTEIN angefertigten, detailgetreuen Wandmalereien am Treppenaufgang dokumentieren auch hier das im Fokus stehende Wissen um sowohl Schadinsekten als auch natürliche Gegenspieler; genauso wie die Vielfalt chemischer, mechanischer und biologischer Waldschutzmaßnahmen. Die Malereien sind bis heute im Original erhalten (Abb. 3 und 4).

SCHWERTDFEGER nahm ab 1943 auch die Professur für Zoologie an der Forstlichen Hochschule wahr. Eine seiner bedeutendsten und heute immer noch viel genutzten Veröffentlichungen ist unter vielen anderen das 1944 erstmals erschienene Buch „Die Waldkrankheiten“. 1981 wurde eine vierte, neu bearbeitete Auflage herausgegeben.

GUSTAV WELLENSTEIN (1906-1997) ist auch heute noch Forstentomologen durch seine fast 700 Seiten umfassende Monographie „Die Nonne in Ostpreußen“ (1942) bekannt. WELLENSTEIN leitete im Auftrag der preußischen Landesforstverwaltung ab 1934 über mehrere Jahre die Beobachtung der Massenvermehrung der Nonne in der Romintener Heide (heute Grenzgebiet zwischen Polen und Russland). Die in einer Waldstation entwickelten Methoden hatten Vorbildcharakter für spätere forstentomologische Freilandstudien.

Im Institut für Waldschutz in Eberswalde nur kurzzeitig von 1942 bis 1945 tätig war KARL GÖSSWALD (1907–1996). Im Mittelpunkt seiner Forschung standen Waldameisen. Im Vor-

wort seines, Systematik, Biologie und Ökologie hügelbauender *Formica*-Arten beschreibenden, zweibändigen Werkes „Die Waldameise“ steht: ...der Einsatz (im Sinne des biologischen Waldschutzes, A. d. R.) der Waldameisen war bereits gegen Kriegsende praxisreif“ (GÖSSWALD 1998). Die Grenzen solcher Einsatzmöglichkeiten von Waldameisen über künstliche Vermehrung und Ansiedlung hat er später selbst revidiert.

In den letzten Kriegstagen, am 24. April 1945, wurde auch das Institut für Waldschutz durch Granaten beschädigt, zum Glück nicht schwer. Schon im Oktober 1945 arbeitete das Institut für Waldschutz wieder, jetzt unter dem Dach des „Forstlichen Versuchs- und Forschungswesens der deutschen Wirtschaftskommission“. WALTHER KRUEL (1908–



Abb. 5: WALTHER KRUEL und Team 1949 (Archiv LFE)

1995) leitete die Instandsetzung. Er war bis 1967 Institutsleiter und gleichzeitig Professor für Forstschutz, Waldhygiene und allgemeine Zoologie.

### 1.3 Waldschutzforschung am Institut für Forstwissenschaften Eberswalde (DDR)

Neben einer sehr umfassenden Beratungstätigkeit für die verschiedenen Ebenen der Forstverwaltung und auch das Ministerium fand eine sehr intensive Praxisforschung statt. Die Ergebnisse finden sich in zahlreichen Publikationen, Waldschutz-Merkblättern und Forschungsberichten (Abb. 6). Vielfalt und Praxisnähe dokumentiert u. a. eine Zusammenstellung der unveröffentlichten Forschungsberichte von HOFMANN (2021). Die folgende Aufzählung daraus ist nur eine Auswahl, belegt aber sowohl die große Themenbreite als auch die Zusammenarbeit von Forstwissenschaftlern, Pflanzenphysiologen, Ökologen, Entomologen und Mathematikern:

- ZIEGER, E.; KESSLER, W. et al.: Ulmensterben (1950-1958)
- STOLL, K.; LYR, H. et al.: Kiefernsterben, Kieferntriebsterben (1962-1965)
- SCHWENKE, W.: Einfluss der Bestandestypen auf den Kiefernspannermassenwechsel (1953)
- KRUEL, W.; RICHTER, D. et al./EBERT, W., KULICKE, H. et al.: Bestandesschädlinge-Erforschung der Massenwechselbewegungen (1957-1963)
- RICHTER, D.: Fauna in Waldbiozönosen (1962),
- GÄBLER, H. et al.: Ökologisch faunistische Untersuchungen in ... Waldböden (1963)
- RICHTER, D.: Tierlebensgemeinschaften im Wald (Arthropoden) (1963)
- LYR, H. et al.: Disposition und Schadfaktoren (1966-1968)
- LYR, H.; PAUKE, H.: Buchensterben (1967)
- SEDLAG, U.; KULICKE, H.; KOPP, S.: Biologische Bedeutung von Lockstoffen...und Mgl. der Nutzenanwendung für den Forstschutz (Mäuse, Wild) (1969)
- TROMMER, R.: Stichprobeverfahren...zur Auswertung von Schaderregern (1971)
- OTTO, D.; EBERT, W.; GÄBLER, H. et al.: Massenwechsselfaktoren – Beziehung Standort, Nahrung, Konstitution...(1966-1969)
- HÄUSSLER, D.; TEMPLIN, E.; HACKBARTH, W. et al.: Rationalisierung Überwachungsverfahren (u. a. Winterbodensuchen, Forstschutzmeldewesen) (1976-1982)
- APEL, K.-H. et al.: Biologie und Ökologie des Blauen Kiefernprachtkäfers (1985)
- HÄUSSLER, D.; MAJUNKE, C. et al.: Computergestützte Überwachungsverfahren für Kiefern- und Fichtenbestandesschädlinge (1986)

Auch Fragen der Waldhygiene und Möglichkeiten der biologischen Schädlingsbekämpfung waren schon ab den 1950er Jahren ein Schwerpunkt, hier nochmals Beispiele der Waldschutz-Forschung in der DDR anhand unveröffentlichter Berichte (HOFMANN 2021):

- KRUEL, W.; FANGHÄNEL, H.: Eichenschädlinge und deren Feinde, Mgl. der biologischen Bekämpfung (1955)
- OTTO, D. et al.: Rote Waldameisen und Einsatz bei biologischer Schädlingsbekämpfung (1956-1965)
- KRUEL, W.; FANGHÄNEL, H.; GÄBLER, H. et al.: Eiparasitoide der Forstschädlinge, Mgl. biologischer Schädlingsbekämpfung (1963-1964)
- URBAN, S.\*: Insektenpathogene Mikroorganismen (1964)
- FANGHÄNEL, H.; HEYDECK, P.; HACKBARTH, W. et al.: Prüfung biologischer Bekämpfungsmittel (1989-1990)

Mit SIGRID URBAN\* findet Anfang der 1960er für den Waldschutz erstmals eine Wissenschaftlerin Erwähnung.

Die Zeit ist auch charakterisiert durch einen sehr intensiven wissenschaftlichen Austausch, national und international. Das Gästebuch des Instituts für Waldschutz widerspiegelt die Häufigkeit der Besuche von Gastwissenschaftlern, Delegationen, Studentengruppen oder auch Schülern. Von ebenso häufigen Gegenbesuchen kann ausgegangen werden.

### 1.4 Schwerpunkte des Waldschutzes nach 1991

Viele der Forschungsschwerpunkte werden nahtlos fortgesetzt. Eine Herausforderung ist die Einbindung der rasanten Entwicklung von IT-Technik und IT-Verfahren. Als erstes IT-Fachverfahren im Waldschutz war der monatliche Meldedienst praxistauglich. Die Informationen auf den Meldkarten aus den Revieren wurden mit einem dBase- Auswerteprogramm bearbeitet (MÖLLER et al. 2007).

Schwerpunkte der Vorlauftforschung sind (Abb. 8 bis 10):

- Entwicklung, Rationalisierung, Anpassung von Verfahren der Überwachung und Prognose von Schadinsekten und Mäusen unter Einbeziehung biologischer Grundlagen (Abb. 8)
- Entwicklung, Begleitung der Entwicklung, Anpassung von IT-Fachverfahren, GIS-Methoden, Nutzung Satellitendaten (Abb. 9)
- Einsatz von Pheromonen im Waldschutzmonitoring

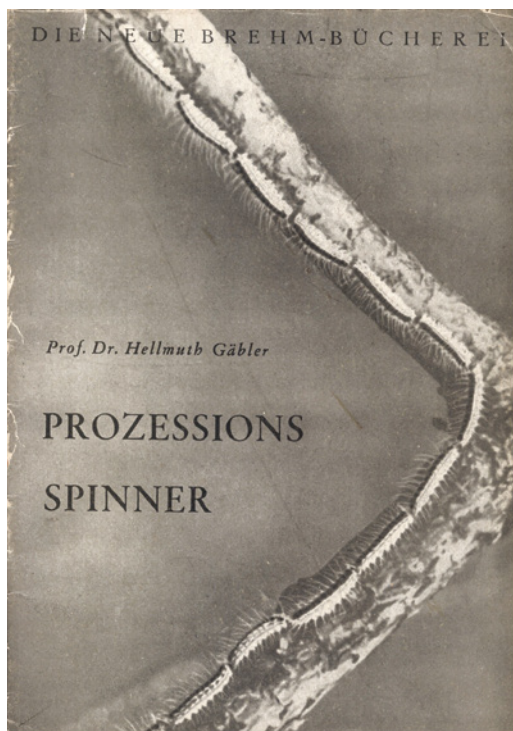


Abb. 6: Eines der vielen Publikationen der Forstentomologen aus Eberswalde (GÄBLER, H.: Die Prozessionsspinner. Die neue Brehm-Bücherei, 1954)



Abb. 7: Potpourri - Kopien aus dem Gästebuch des Instituts für Waldschutz (Archiv LFE)

- Untersuchungen zur Arthropodenzönose in Kiefernwäldern und zu Störungsfolgen in Kiefernwäldern (Insektizide bzw. Kahlfraß) (Abb. 10)
- Umsetzung der Vorgaben des integrierten Pflanzenschutzes im Wald, u. a. Insektizideinsätze - als ultima ratio
- Durchführung von Prüfversuchen zur Nutzen-Risiko-Bewertung neuer oder in anderen Anwendungsbe-reichen genutzter Pflanzenschutzmittel bzw. zur Reduzierung von Aufwandsmengen (Abb. 11)

Der Umfang der Dienstleistungen für die Forstpraxis - also Anleitung, Datenauswertung, Diagnose, Beratung, Erstellung von Informationsmaterial mit Empfehlungen - nimmt einen immer größeren Teil der Arbeit ein. Das hängt vor allem mit der stetig schwindenden Zahl der Mitarbeiter\*innen zusammen. Von 1992 bis 1998 war die Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde ein e. V. Die Anpassung der Löhne auf Westniveau überstieg die Höhe der jährlich geplanten Förderung des Vereins durch das Land und führte so jedes Jahr zu neuen Kündigungen. Auch seit Gründung der Landesforstanstalt Eberswalde (LFE) 1998 erfolgt keine Anpassung der Stellenausstattung an den wachsenden Forschungsbedarf. Die immer sichtbarer werdenden Folgen des Klimawandels für Waldökosysteme haben keine Konse-

quenzen hinsichtlich der personellen Ausstattung auch des Waldschutzes und damit der Intensität der Praxisforschung für Brandenburg. Die Vorlaufforschung wird zunehmend über Drittmittelprojekte realisiert. Viel Eigeninitiative und die bundesweit hohe fachliche Anerkennung einzelner Wissenschaftler\*innen sind dafür die Basis. Die Schwerpunkte der vom BMEL geförderten Forschungsaufträge von Waldklimafonds und Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe werden zwar zunehmend den aktuellen Ansprüchen der Forstpraxis in Brandenburg gerecht, aber die Kontinuität der Forschung ist nicht gewährleistet, genauso wie die gezielte Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

## 2 Was beeinflusst heute Waldschutzforschung und Waldschutzrisikomanagement?

### 2.1 Risiken erkennen

Mit der, mit dem Klimawandel wachsenden und sich ändernden Gefährdung der Wälder nehmen auch die Herausforderungen an das, an diese Situation stetig anzupassende, Waldschutz-Risikomanagement zu.

Der Prozess des Risikomanagements gliedert sich nach PURDY (2010) in folgende Schritte:

- Ziele definieren
- Risiko abschätzen durch Risiko erkennen und Risiko bewerten
- Risiko behandeln
- Risiko während des gesamten Prozesses kommunizieren
- Überwachung und Evaluierung aller Schritte

Die Risikoabschätzung für den Wald erfolgt nicht nur in Brandenburg auf Grundlage standardisierter und langjährig bewährter Überwachungsverfahren. Vor der Bewertung eines Risikos steht immer die Frage nach der Erkennung. Mit stufigen, artspezifischen Verfahren wird der jeweils aktuellen Waldschutzsituation Rechnung getragen. Artspezifische Schwellenwerte und kritische Zahlen sind wichtige Instrumente der Prognose der Gefährdung von Waldbeständen. Aussagen über zu erwartende Blatt- oder Nadelverluste durch Raupen oder Larven müssen sich ganz konkret auf die Schädlingsart, die Eigenschaften des Standortes (u. a.



Abb. 8: Dr. K.-H. APEL bei Forschungsarbeiten zur Biologie des Blauen Kiefernprachtkäfers (Archiv LFE)

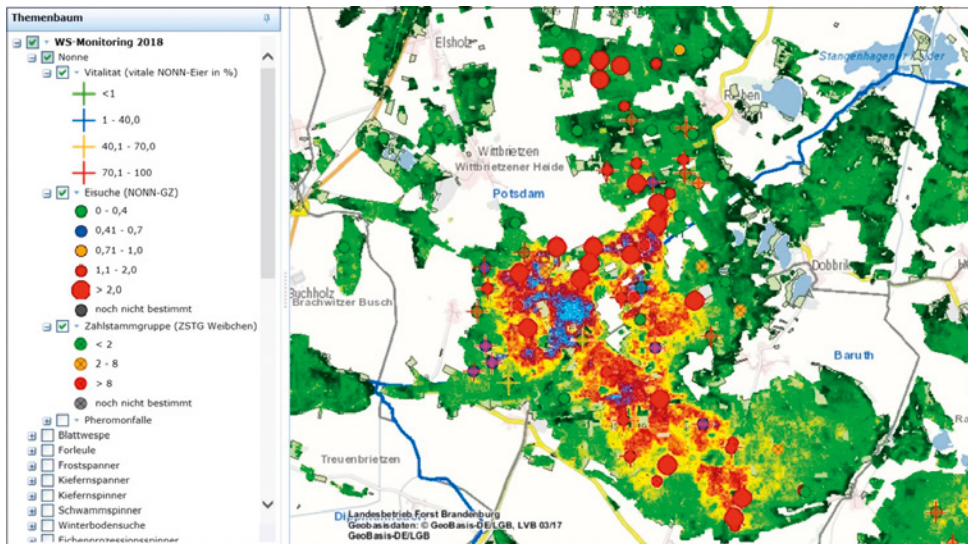


Abb. 9: Satellitendaten für die Bewertung von Biomasseverlusten (Fraßkartierung) sind im Rahmen des Monitorings, der Beobachtung der Regeneration nach Fraßschäden und der Erfolgskontrolle von Waldschutzmaßnahmen ab 2015 auch Werkzeug für die Forstpraktiker (Web-Office, LFB 2019) (MARX et al. 2015)

die Nährkraft) sowie das Baumalter des betroffenen Bestandes beziehen. Nur so ist einschätzbar, ob die Gefahr von Kahlfraß besteht. Wichtig für die Monitoringverfahren ist auch, den Aufwand für das Erkennen und Bewerten von Risiken möglichst effektiv zu gestalten.

Immer deutlicher wird der direkte und indirekte Einfluss von Klima und Witterung auf Wälder (u. a. NETHERER und SCHOPF 2010, MÖLLER 2014, NIESAR et al. 2015, WOHLGEMUTH et al. 2019). Eine Zunahme der Häufigkeit von Witterungsextremen wie Dürreperioden, Früh- und Spätfröste oder Hagel beeinflusst nicht nur Verlauf und Auswirkungen von Komplexkrankheiten der Waldbäume. Innerhalb des komplexen Zusammenspiels wächst die Rolle der indirekten Einflüsse von Klima und Witterung, z. B. durch

- eine Verschiebung der Arealgrenzen von Insekten,
- eine veränderte Intensität des Auftretens von Schadorganismen,

- eine veränderte Abwehr- und Regenerationsfähigkeit von Bäumen
- oder auch eine veränderte Pathogenität von Krankheitserregern.

Der Klimawandel beeinflusst die Individual- und Populationsentwicklung von Insekten intensiv auf verschiedensten Wegen und damit beeinflusst er auch das Waldschutz-Risikomanagement.

Sehr wichtig für die Risikobewertung ist deshalb zunehmend auch die Nutzung komplexer Datenanalysen und Modellierungen auf Basis langjähriger Waldschutzdaten. Hier lieferten und liefern die Mitarbeiter\*innen der Drittmittelprojekte (RiskMan, WAHYKLAS und ARTEMIS, Abb. 12) wichtige Innovationen.

HENTSCHEL et al. (2018) haben u. a. für den Kiefernspinner, *Dendrolimus pini*, (Abb. 13) untersucht, welche Faktoren



Abb. 10: M. WAURICK beim Anbau eines Stammelektors für faunistische Erfassungen in Kiefernforsten (Foto: Archiv LFE)



Abb. 11: Baumfällung zur Ermittlung von Schädlingsdichten im Rahmen von Prüfversuchen zu Wirkung und Nebenwirkungen von Insektiziden (Foto: K. Möller)



Abb. 12: Logos der für Waldschutzdatenbank und Datenanalyse wichtigen, vergangenen und aktuellen Drittmittelprojekte, gefördert vom BMEL

(Bestand und Witterung) die Entwicklung von Massenvermehrungen und damit das Ausmaß flächiger Fraßschäden beeinflussen. Die für die Klassifizierung von „Fraßabteilungen“ bedeutendsten Einflussfaktoren sind nach HENTSCHEL et al. (2018) ausgewählte Bestandeskennwerte (forest), gefolgt von Klimakennwerten (clim) (Abb. 14). Die Ränge 1-3 der Einflussfaktoren bestätigen bekanntes Wissen. Eine geringe Baumarten-Diversität (div) und großflächige Kiefernreinbestände (gym) - also ein in Kiefernreinbeständen üppiges Nahrungsangebot und die gleichzeitig geringe Habitataignung für natürliche Gegenspieler - begünstigen Massenvermehrungen. Das unterstreicht erneut die Bedeutung der Erhöhung der Baumartenvielfalt im Zusammenhang mit dem Waldumbau.



Abb. 13: Die Raupe des Kiefernspinners erreicht eine Länge von 8 cm, sie frisst neben den Kiefernadeln auch Knospen und Maitriebe (Foto: K. Möller)

Der Einfluss der Witterung auf den Kiefernspinner zeigt sich differenziert und vielfach für die einzelnen Entwicklungsstadien. Als bedeutendste Klimafenster für die Art wurde die Besonnung in den Monaten Mai, September und Februar ermittelt. Im September betrifft das erwartungsgemäß die Entwicklungszeit der Junglarven, das zumeist empfindlichste Stadium bei Insekten (Abb. 15).

Die Erkenntnisse bestätigen viele der Beobachtungen im Freiland, zeigen aber auch neue, so unerwartete Zusammenhänge auf. Sowohl retrospektive mathematische Analysen, aber auch Praxiserfahrungen müssen letztlich Konsequenzen für das Monitoring haben. Die Frage ist, ob und wie schnell langjährig bewährte Überwachungsverfahren an die sich mit dem Klimawandel verändernde Entwicklung von Insekten angepasst werden müssen, um das rechtzeitige Erkennen von Risiken weiterhin zu sichern.

Das soll für den Kiefernspinner am Beispiel der Winterbodensuchen erläutert werden. Das Verfahren ist Basis der Überwachung aller im Boden überwinterten Kiefernbestandsschädlinge. Es wurde erstmalig 1937 in Preußen per Anweisung geregelt (SCHWERDTFEGER 1944, Abb. 16). Durchführung und Suchschema heute gehen auf Untersuchungen zur Rationalisierung des Verfahrens durch BÖHME & HAFELDER (1999) zurück. Verteilung und Aktualisierung der ca. 2.800 Suchbestände in Brandenburg erfolgt im Web-Office (Abb. 17). Die Suchergebnisse der Reviere sind Ausgangspunkt für eine Intensivierung der Überwachung in so erkannten Befallsgebieten (Abb. 18).

Unter dem Einfluss des Klimawandels werden sehr milde Winter häufiger. Das beeinflusst das Ab- bzw. Aufbaumen der Raupen vor bzw. nach der Überwinterung im Boden und erhöht damit die Wahrscheinlichkeit von Fehleinschätz-

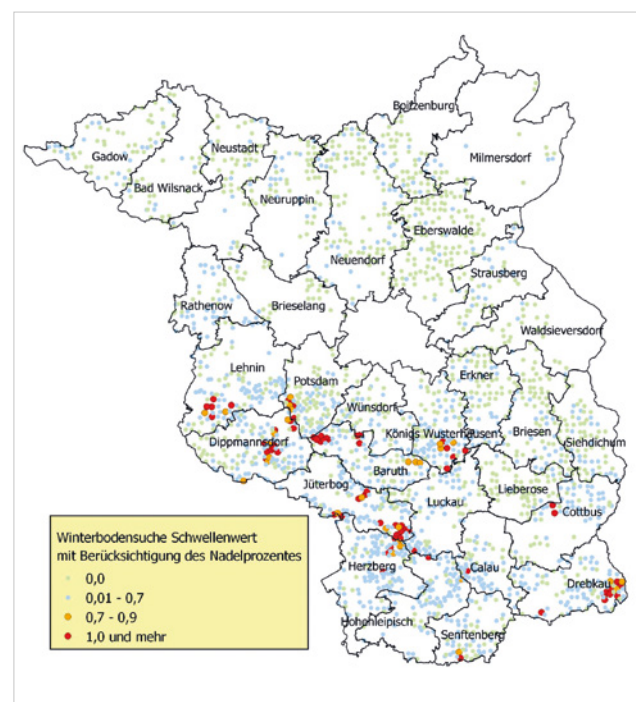


Abb. 18: Beispielkarte für die aus den Winterbodensuchen abgeleitete Gefährdung der Kiefernbestände in Brandenburg

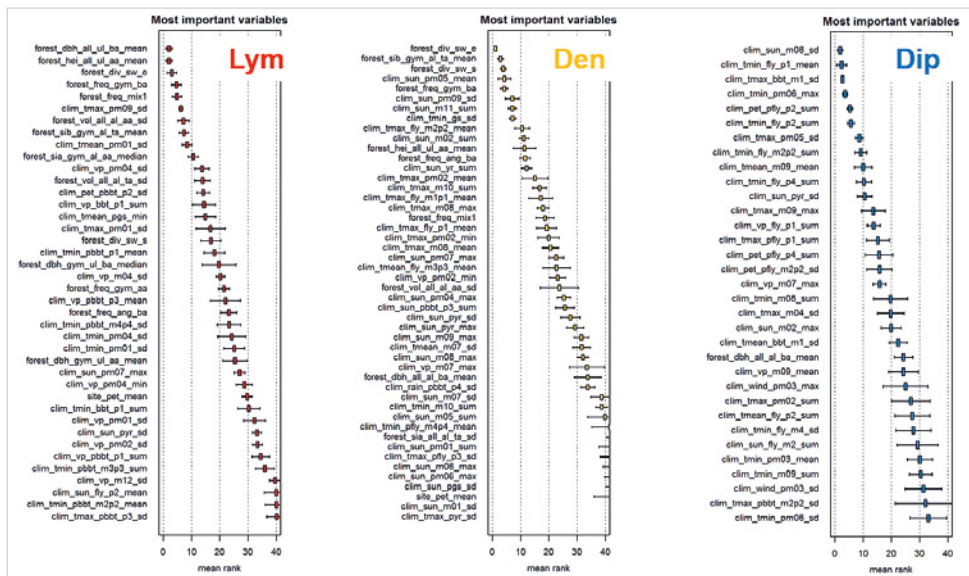


Abb. 14: Per Datenanalyse (random forest) gefundene und gerangte Einflussfaktoren ausgewählter Bestandschädlinge der Kiefer (Lym: Nonne, *Lymantria monacha*; Den: Kiefernspinner, *Dendrolimus pini*; Dip: Gemeine Kiefernbuschhornblattwespe, *Diprion pini*) (HENTSCHEL et al. 2018)



Abb. 15: Per Datenanalyse (random forest) gefundene und gerangte Witterungsfaktoren, die den Entwicklungserfolg des Kiefernspinners, *Dendrolimus pini*, beeinflussen (HENTSCHEL et al. 2018)

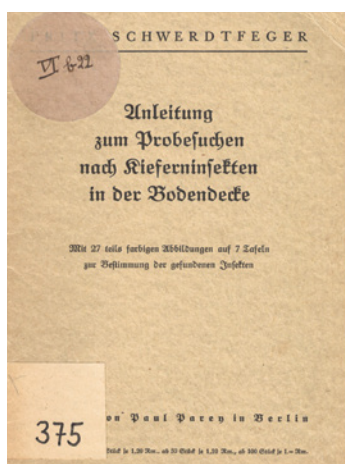


Abb. 16: Buchcover der 1937 in Preußen erschienenen „Anleitung zum Probesuchen nach Kieferninsekten in der Bodendecke“ von SCHWERTDFEGER

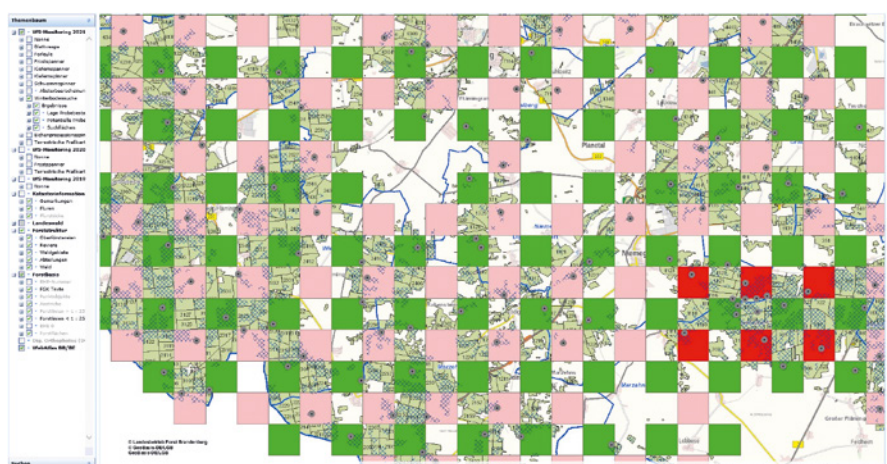


Abb. 17: Zuordnung der Winterbodensuchflächen im WebOffice zur Nutzung für die Forstpraxis in Brandenburg

zungen. Die Verlässlichkeit der Vorwarnung muss kritisch hinterfragt werden, da unter Umständen in Befallsgebieten nicht rechtzeitig und ausreichend eine Intensivierung der Überwachung erfolgt. Der Zeitraum der Suchen wird in Zukunft an die aktuellen Witterungsbedingungen angepasst werden müssen.

Sehr milde Winter gehen auch mit dem erhöhten Verbrauch von Energiereserven der Raupen einher, da die Diapause u. U. gestört ist. Vielleicht brauchen wir deshalb in Zukunft neue Methoden zur Vitalitätsbewertung der Raupen, also z. B. die Untersuchung der Speicherproteine oder des Fettkörpers zum Ende der Überwinterung. Gleichzeitig könnte eine Analyse der Witterung im Oktober einen Hinweis darauf geben, wie vital die Raupen in die Überwinterung gegangen sind. Überdurchschnittlich hohe Temperaturen im Oktober wurden in der Datenanalyse als wesentlich für zu erwartende Fraßschäden erkannt (Abb. 15, Hentschel et al. 2018). Naheliegender ist, dass höhere Temperaturen im Spätherbst Voraussetzung für eine längere und intensivere Nahrungsaufnahme der wechselwarmen Raupen sind (Abb. 15).

## 2.2 Risiken bewerten

Ziel des Monitorings blatt- und nadelfressender Bestandeschädlinge ist zumeist die Prognose von Fraßschäden. Die Bewertung der aus den potenziellen Fraßschäden abzuleitenden Risiken für das Absterben von Bäumen bis hin zu flächigem Waldverlust erfordert ein umfangreiches Wissen über das Regenerationsvermögen von Bäumen nach intensiven Fraßschäden (u. a. CSÖKA et al. 2015, WENK & MÖLLER 2013).

Die Einschätzung, dass intensive Laubmasseverluste eine Bedrohung für Bäume – Pflanzen allgemein – sind, beruht auf einer einfachen Erklärung: Ohne grüne Nadeln oder Blätter verfügt ein Baum nicht über das für die Photosynthese notwendige Chlorophyll. So kann er kein CO<sub>2</sub> binden und keinen Sauerstoff produzieren, aber vor allem fehlen ihm Kohlenhydrate, die stoffliche Voraussetzung nicht nur für das Wachstum, sondern auch für Regenerationsprozesse sowie die Bildung von Abwehrsubstanzen.



Abb. 19: Abgestorbener Kiefernwald nach Fraß des Kiefernspinners 2005 und Dürresommer 2006 (Foto: K. Möller)

Das Vermögen der Waldbäume, sich nach Kahlfraß zu erholen, wird u. a. bestimmt durch

- das Ausmaß der Fraßschäden und die, von der Schädlingsart abhängige, Betroffenheit von Knospen und Trieben (Abb. 19),
- eine verringerte Ausgangs-Vitalität, die durch Witterungsextreme wie Dürre, Frost, Hagel oder Staunässe verursacht sein kann (z. B. Eichenkomplexkrankheit),
- die Witterung in den Folgejahren (Dürre, Sturm, warme Winter...),
- Folgeschädlinge (Borkenkäfer, Pilze...), die gleichfalls intensiv durch die Witterung beeinflusst werden.

Absterbeprozesse von Bäumen werden durch prädisponierende (u. a. genetisches Potenzial, Nährstoff-Mangel bzw. Nährstoff-Imbalancen, schwache Wasserkapazität, Klimaveränderungen), auslösende Faktoren (u. a. Entlaubung durch Insekten, Trockenheit, Frost, Emissionen, Viren) und letztlich mitbestimmende Faktoren (u. a. pathogene Pilze, holz- und rindenbrütende Käfer, Wurzelfäule-Erreger) beeinflusst. Es ist unverkennbar, dass insbesondere im Land Brandenburg die Gefährdung von Wäldern schon auf Grund der standörtlichen Gegebenheiten und aktuellen Bestandesstrukturen hoch ist und über die mit dem Klimawandel potenzielle Verstärkung einer Vielzahl der genannten Faktoren deutlich zunimmt. Der Anspruch beim Risikomanagement ist, Bedeutung und damit Folgen der einzelnen Einflussfaktoren immer wieder neu zu bewerten und die Prognoseverfahren anzupassen.

Somit müssen zukünftig auf langjährigem Erfahrungswissen beruhende und in der Fachliteratur gefundene biologische Erklärungen zur Wirkung der Witterung auf die Populationsdynamik von Forstschadinsekten neu und sicher immer wieder auf den Prüfstand gestellt werden. Für die Diskussion der von HENTSCHEL et al. (2018) ermittelten Klimafenster im Kontext mit dem Ausmaß von Fraßschäden nadelfressender Insekten an Kiefer (Abb. 14 und 15) wurden z. B. für die Phänologie der Nonne Aussagen von ALTUM (1882) und WELLENSTEIN (1942) bzw. für den Kiefernspinner Aussagen von SCHWENKE (1978) herangezogen. Komplexe Analysen retrospektiver Daten (u. a. SCHRÖDER et al. 2016) und eigene Erfahrungen in den vergangenen vielleicht 5–10 Jahren machen sehr deutlich, dass der Einfluss von Klima und Witterung vielfältig sein wird. Für Insekten als wechselwarme Tiere trifft das im Besonderen zu. In einem komplexen Ökosystem wie dem Wald sind die Folgen schwer abzuschätzen. Die Unsicherheit von Prognosen wächst mit der Zunahme der Häufung von Witterungsextremen.

## 2.3 Witterungsextreme - Grenzen für „Klimawandelgewinner“ und Grenzen langfristiger Prognosen

Die Nonne gilt als Klimawandelgewinner. Sie ist ein wärmeliebendes Insekt und damit sicher Profiteur überdurchschnittlich warmer Sommer und Spätsommer. 2019 zeigte aber deutlich, dass auf retrospektiven Analysen und Erfahrungen beruhende Prognosen bisher nicht gekannte Witterungsextreme eben nicht berücksichtigen können. Grenzen der Toleranz der Nonnenraupen gegenüber außergewöhnlich hohen Temperaturen im Freiland konnten bisher nicht beobachtet oder untersucht werden. Als Auslöser für die Hemmung der Raupenentwicklung wurden bisher in der Regel unterdurchschnittlich kühle Temperaturen gesehen.

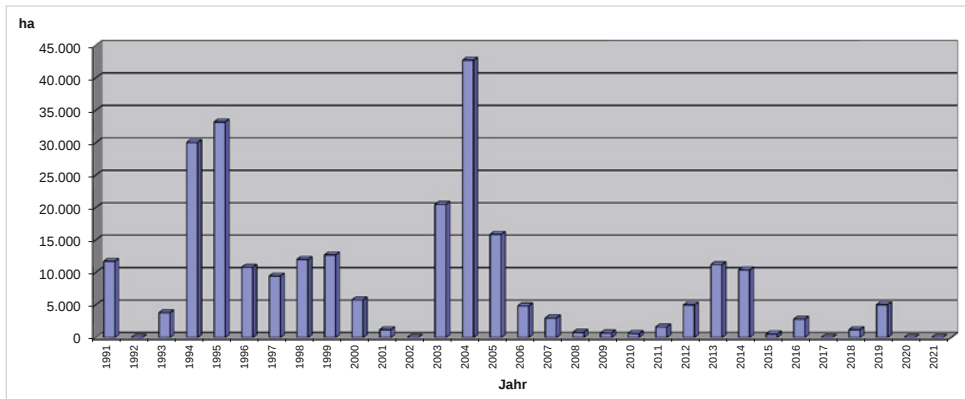


Abb. 20: In Brandenburg nach der Prognose Waldverlust seit 1991 mit Insektiziden per Hubschrauber behandelte Waldfläche (Zum Vergleich: Gesamtfläche Oberstand Kiefer: ca. 702.000 ha, Stand 2019)

Hitzerekorde im Juni 2019 zeigten Toleranzgrenzen für die Nonnenraupen in die andere Richtung auf.

Entsprechend der Ei-Zahlen der Nonne war Anfang 2019 durch das LFE für den Frühsommer lokal die Prognose „flächiger Kahlfraß“ durch die Raupen abgeleitet worden (MÖLLER 2020). Die Witterung war dann während fast der gesamten Raupenentwicklung der Nonne ab Ende April eine Abfolge von Extremen: Ende April sehr warm, Frost und Starkregen im Mai und Ende Juni mit 39 °C (im Schatten) extreme Hitze. Nur ein sehr kleiner Teil der Nonnenpopulationen erreichte die letzten, damit die mit Abstand „gefährlichsten“ Raupenstadien. Somit bestätigte sich die Vorhersage der hohen Gefährdung der Kiefernbestände nicht. Es kam in von Insektizidmaßnahmen ausgenommenen Kiefernbeständen nur kleinflächig zu Kahlfraß, meist nur zu merklichen und starken Nadelverlusten. Die Einschätzung einer ausschließlich positiven Wirkung des extremen Wetters für den Wald ist aber selbst 2021 noch trügerisch. Die anhaltende Dürre und die gleichzeitig guten Entwicklungsbedingungen für holz- und rindenbrütende Käfer lassen den Ausgang noch 4-5 Jahre nach dem Fraßereignis offen.

Eine Prognose gibt immer eine Wahrscheinlichkeit an. Die reale Witterung hat immensen Einfluss auf Insekten, aber nach Kahlfraß und Bestandesverlust kann man eben nicht mehr „nachsteuern“. Hier liegt die Verantwortung bei den Akteuren des Risikomanagements, egal ob eingebunden in das Monitoring, die Risikobewertung oder letztlich die Empfehlung zu Durchführung oder Verzicht auf Waldschutzmaßnahmen.

## 2.4 Wahrnehmung des Waldschutzrisikomanagements in Gesellschaft und Politik

Ein Zitat von DOBLER et al. (2016) bringt die Situation für die Forstwirtschaft und damit auch den Waldschutz sehr gut auf den Punkt: „In der Kette Wald bis Holzprodukte bildet die Forstwirtschaft die Schwachstelle. Gerade sie hat kommunikative Unterstützung nötig, denn weder Wald noch Holzprodukte haben Imageprobleme. Kritisiert werden vor allem die Baumfällung und die Holzernte. Dass die Forstwirtschaft „die Lücke“ zwischen Wald und Holz auf verantwortungsvolle und positive Weise schließt, sollte daher verstärkt dargestellt werden.“

Auch die Wahrnehmung der Forstwirtschaft in der Gesellschaft und auch der Politik ist zunehmend geprägt von Emotionen, Wunschdenken und auch fake news. Die Realität, dass ein Insektizid-Einsatz im Wald seit über 30 Jahren

immer „ultima ratio“, also Notlösung bei befürchtigtem Absterben von Bäumen auf größerer Fläche ist (Abb. 20), das Monitoring sehr aufwändig ist (MÖLLER & HEINITZ 2016) und es für Waldverlust als Folge von Insektenfraß eben immer wieder auch Beispiele gibt (MÖLLER 2016, Möller 2020), wird ignoriert oder abgetan. Ein fachlich fundiertes Waldschutzrisikomanagement hat in den vergangenen Jahrzehnten großflächige Waldverluste verhindert. Prognosen haben sich vielfach bestätigt. Es kann also in diesem Fall auch von einem „Vorsorgeparadoxon“ gesprochen werden.

Waldumbau ist langfristig die richtige und zu forcierende Lösung. Bis zur Umsetzung sollte aber der Wald mit allen bzw. möglichst vielen seiner Funktionen erhalten bleiben. Und unter einem lockeren Schirm von Altkiefern gelingt der Umbau zumeist besser.

Der Zugang zu sachlich fundierten Informationen für „Nicht-fachleute“ ist eigentlich vielfältig. Wir als LFE bieten jedes Jahr mindestens 3 ausführliche „Aktuelle Waldschutz-Informationen“ an ([www.forst.brandenburg.de](http://www.forst.brandenburg.de), Abb. 21). Dazu erscheinen fast jedes Jahr Flyer für Waldbesitzer zu aktuellen Waldschutzthemen. Publiziert wird fast ausschließlich in deutschsprachigen Fachzeitschriften oder auch im Eigenverlag (Eberswalder Forstliche Schriftenreihe). Alles ist im Internet zugänglich. Zielgruppe sind Waldbesitzer und alle am Wald Interessierte. Der Internetauftritt des MLUK wurde z. B. 2019 mit einer Vielfalt aktueller Fragen und Antworten zu den Themen Nonne und Waldschutzmaßnahmen ergänzt und für die Plattform „FragdenStaat“ ausführlich auf Fragen zum Thema Pflanzenschutzinsatz im Wald geantwortet (MÖLLER 2019).

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde der „shit storm“, der sich im Mai und Juni 2019 nach Bekanntwerden der geplanten Waldschutzmaßnahmen gegen die Nonne über die Forstverwaltung Brandenburgs ergoss, aus Sicht der Kommunikationswissenschaft untersucht (ARNDT 2021). Viele der Akteure können wir demnach nicht erreichen, da deren Frustpotenzial Richtung Behörden und Ämter einfach zu hoch ist. Sie verstehen ihre Emotionen als Fakten. Kaum zu ändern ist auch, dass viele Akteure Unterschriften auf [www.change.org](http://www.change.org) setzen, ohne überhaupt vorher zum Thema zu recherchieren.

Bei einigen Kritiker\*innen haben wir aber, vor allem im direkten Austausch am Telefon oder auch per Mail, durch geduldiges Erklären der Zusammenhänge und unseres Tuns ein Zuhören und auch Umdenken erreichen. Das ist sicher



Abb. 21: Aktuelle Waldschutzinformationen erscheinen mehrmals im Jahr im Internet

wünschenswert, aber extrem zeitaufwändig und - ehrlich gesagt - auch extrem stressig. Für die Zukunft wäre die Hilfe von Experten für Medien und Kommunikation sicher hilfreich. Möglichkeiten der öffentlichen Kommunikation von Waldschutzproblemen und Waldschutzrisikomanagement sollen auch im laufenden Projekt ARTEMIS entwickelt werden (siehe KAPLICK et al., hier im Bd.).

Das Problem der Akzeptanz von Fachwissen oder auch des fehlenden Respektes vor der Übernahme von Verantwortung für Problemlösungen ist ein gesamtgesellschaftliches. Das belegt aktuell nicht nur das Auftreten von Klimawandel- leugnern oder Impfgegnern.

### 3 Klimawandel, Insektensterben und die Bedeutung von Wald und Waldwirtschaft... und Waldschutz

Der Klimawandel erhöht die Risiken für Wälder. Nach WOHLGEMUTH et al. (2019) ist in Europa mit einem deutlichen Anstieg von Störungen in Wäldern zu rechnen. Autoren des Lehrbuchs für „Störungsökologie“ (WOHLGEMUTH et al. 2019) gehen davon aus, dass in Europa bis 2030 (Bezug sind die Jahre 1971-80) mit einer Zunahme von Störungseignissen durch folgende Faktoren zu rechnen ist:

- Wind: 229 %
- Feuer: 314 %
- Borkenkäferschäden: 764 %

Im Mittelpunkt der medialen Berichterstattung in Deutschland stehen aktuell Buchdrucker und absterbende Fichtenbestände. Aber auch die Zahlen der Schadholzmen- gen in Brandenburg zeigen seit 2018 massive Anstiege, verursacht durch rindenbrütende Käferarten, sowohl für die Hauptbaumart Kiefer (Blaue Kiefernprachtkäfer, Wald- gärtner, Zwölzfähniger Kiefernborke- käfer, Rüsselkäfer...) als auch für Lärche (Lärchenborke- käfer, Lärchenbock), Eichen (Eichenprachtkäfer, Kernkäfer, Eichensplintkäfer) oder Rot-Buche (Buchenborke- käfer, Buchenprachtkäfer).

Auch im Zusammenhang mit Insektensterben und Insek- tenschutzprogrammen steht die Frage nach der Situation in Wäldern. In einer „Wissenssynthese für das Maßnahme-

programm Insektenschutz Brandenburg“ hat das ZALF Münchenberg auch die These: „PSM im Wald zerstört Ar- tenvielfalt“ untersucht (Abb. 22). WEISSHUHN et al. (2020) stellen heraus:

- „PSM-Einsatz im Wald geht seit Jahren zurück
- Hoher Monitoringaufwand vor PSM-Einsatz
- Einsatz nur bei existenzieller Gefährdung von Wald- beständen (dazu bei drohendem Wertverlust nach Holzernte oder Gefahr für Jungwuchs nach Pflanzung)
- Weniger als 1 % der Waldfläche betroffen
- Ein negativer Zusammenhang mit sinkenden Artenzah- len der Insekten ist nicht belegt...

Herausgestellt wird aber die große Gefahr der genetischen Isolation von Populationen durch eine hohe Fragmentie- rung. Brandenburg hat in dieser Hinsicht zwar Vorteile, da die Waldfläche gering fragmentiert ist, Kleinstflächen un- ter 20 ha weniger als 5 % ausmachen und über 50 % der Waldflächen zwischen 1.000 und 10.000 ha groß sind, aber naturnahe Biotope geraten zunehmend in ökologische bzw. genetische Isolation (WEISSHUHN 2020). So kommt es bei Arten mit geringer Migrationsweite zur überproportionalen Abnahme. Für die Überwindung großflächiger Kiefernreinbe- strände benötigen solche Arten auch „Trittsteine“. Als negativ werden auch die - bekannten - Defizite bei Baumartenvielfalt und kleinräumiger Strukturvielfalt sowie die Schäden durch Wildverbiss herausgestellt (WEISSHUHN 2020).

Im Wesentlichen kommt es darauf an, Vielfalt zu erhalten und zu erzeugen (Abb. 23-25). Das ist bekannt. Diverse Ökologielehrbücher beschreiben die Zusammenhänge. Auch im Waldschutzordner (Anleitung für die Praxis in

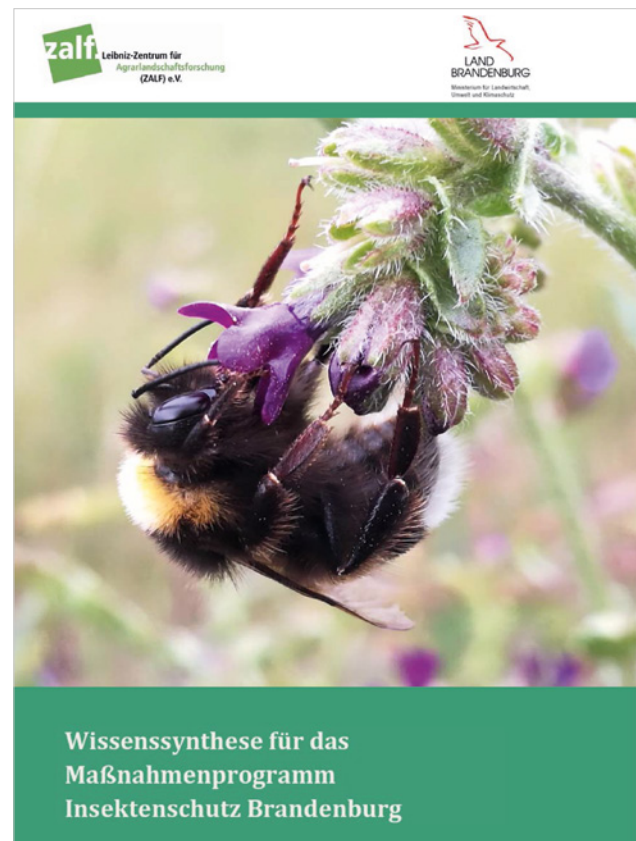


Abb. 22: Cover der „Wissenssynthese für das Maßnahmenpro- gramm Insektenschutz Brandenburg“ (WEISSHUHN et al. 2020)



Abb. 23: Weißfleckwidderchen auf Disteln (Foto: M. Sedlacek)

Brandenburg) wurde die Problematik im Teil „Prophylaxe“ aufgegriffen.

Der Klimawandel erhöht den Druck zu handeln massiv, da sich vor allem Dürreperioden auf die Populationsdichten vieler Insektenarten negativ auswirken. Das betrifft vor allem Waldarten, da diese in der Regel moderate Temperaturen bevorzugen (mesophile Arten). Die witterungsbedingte Förderung potenzieller Forstschädlinge, also vieler Wärme liebender Holz- und Rindenbrütender Käferarten bzw. zu Massenvermehrungen neigender Blatt- oder Nadel fressender Insekten, verschärft das Problem. Der Walddumbau, die dringend nötige Erhöhung der Biodiversität mit dem Ziel der Stabilisierung von Wäldern, befindet sich „im Wettlauf“ mit den Veränderungen des Klimas.

Das komplexe Zusammenwirken vielfältiger abiotischer und biotischer Faktoren bedingt eine kritische Evaluierung aller Schritte des Waldschutz-Risikomanagements wie zum Beispiel die Anpassung von Schwellenwerten und kritischen Zahlen. Einiges dazu soll im aktuellen Drittmittelprojekt ARTEMIS mit beantwortet werden (siehe KAPLICK et al., hier im Bd.).

Was legitimiert Förster\*innen und Forstwissenschaftler\*innen im Zusammenhang mit dringend nötigen und zu forcierten Klimaschutzmaßnahmen mit Nachdruck zu fordern, dem Wald umgehend deutlich mehr Beachtung zu schenken? Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) spricht 2020 in seinem Hauptgutachten unter dem Titel „Landwende im Anthropozän - Von der Konkurrenz zur Integration“ vom „Trilemma der Landnutzung“. Der WBGU stellt drei globale Krisen ins Zentrum seiner Analysen in Bezug auf Land: die Klimakrise, die Krise des Ernährungssystems und die Biodiversitätskrise. Er fordert die Politik auf, Synergien zu nutzen, um Landnutzungskonkurrenzen zu überwinden. In Bezug auf Wälder und Forstwirtschaft fordert der WBGU u. a.:

- einen massiven Ausbau der Renaturierung von Ländökosystemen: die Wiederherstellung biodiverser und standortgerechter Wälder, Feuchtgebiete und Graslandschaften,
- effektive, vernetzte Schutzgebietssysteme als Rückgrat des Ökosystems schutzes, um die globale Biodiversitätskrise zu entschärfen



Abb. 24: Waldinnenrand mit Krautsaum und Blößen in der Obf. Lehnin (Foto: K. Möller)

und der Beirat argumentiert,

- das Bauen mit Holz bietet effektive Möglichkeiten, langfristig Kohlenstoff zu speichern. Das Holz dafür muss aber aus standortgerechter, nachhaltiger Waldwirtschaft stammen, die weder Biodiversität noch Ernährungssicherung gefährdet (WBGU 2020).

## 4 Fazit

Der Waldschutz hat auf Grund der vielfältigen und zunehmenden Gefährdung der Wälder eine zentrale Bedeutung im Klimaschutz (Abb. 26). Das Waldschutz-Risikomanagement muss ganz dringend und gesamtgesellschaftlich als Klimaschutzmaßnahme anerkannt werden. Erst, wenn der Walddumbau auf ganzer Fläche erfolgreich war, wird man vielleicht auf bewährte, aber aktuell wegen potenzieller Nebenwirkungen auf den Naturhaushalt umstrittene, Waldschutzmaßnahmen verzichten können. Walderhalt, also der Erhalt aller Waldfunktionen wie die CO<sub>2</sub>-Bindung oder auch der Lebensraumerhalt für Waldarten – die Biodiversität im Wald – muss im Hinblick auf effektive, nachhaltige Klimaschutzmaßnahmen Prämisse haben.

Damit muss man ganz dringend auch die Frage stellen, ob die Praxisforschung für den Waldschutz in Brandenburg Schritt hält mit den rasant und vielfältig steigenden Anforderungen durch den Einfluss des Klimawandels, die dringender



Abb. 25: Waldaußenrand (Foto: B. Dalitz)

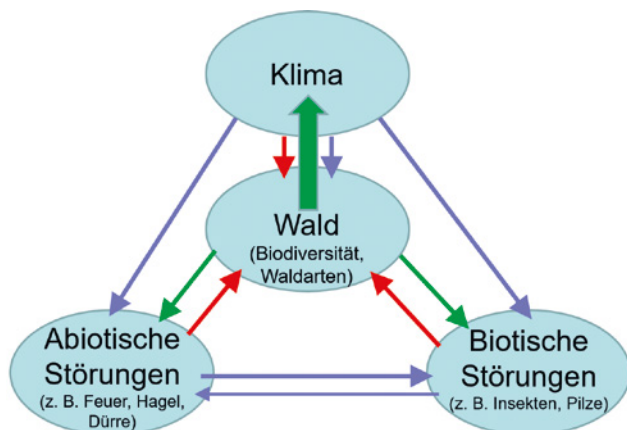


Abb. 26: Schema – Wald und damit Waldschutz mit zentraler Rolle (verändert nach Wohlgemuth et al. 2019)

werdende Förderung bzw. des Erhalts der Biodiversität und die Sicherung der Bereitstellung des Rohstoffs Holz. Abb. 27 zeigt meine Einschätzung der Situation der Praxis- oder Vorlaufforschung für Waldschutzfragen im Land Brandenburg. Seit 1988 bin ich im Waldschutz in Eberswalde tätig, seit 2004 leite ich das Waldschutz-Team. Es bedarf dringend und schnell positiver Veränderungen.

Wenn ich mir zum 150. Geburtstag der forstlichen Forschung in Eberswalde etwas wünschen dürfte, dann z. B.:

- mehr Mitarbeiter\*innen, Stellen für Nachwuchswissenschaftler\*innen (das wären lukrative, spannende Arbeitsplätze mit großer Praxisnähe auch für Absolventen der HNEE), so würden auch wertvolle Erfahrungen nicht verloren gehen,
- wieder ausreichend funktionale Räume, so wie im von SCHWERTFEGER konzipierten und bis 2010 (fast 70 Jahre) genutzten Institut für Waldschutz mit Laboren, Gewächshaus, Zuchtkeller, einer Bibliothek, Sammlungsräumen, nutzbarem Außenbereich,
- deutlich mehr Zeit für die wissenschaftliche Vorlaufforschung,
- Anerkennung für die Einwerbung von Drittmitteln (ca. 1 Mio. € seit 2014),
- mehr Zeit für fachlichen Austausch.

Das wären wichtige Investitionen in die Zukunft, weil der (vitale) Wald und die mit ihm verbundenen Akteure - damit auch die forstliche Forschung - eben eine so bedeutende Rolle für den Klimaschutz spielen. Und es würde nachhaltig helfen bei der Lösung des „Trilemmas der Landnutzung“.

## Literatur

ALTENKIRCH, W.; MAJUNKE, C.; OHNESORGE, B. (2002): Waldschutz auf ökologischer Grundlage. Eugen Ulmer Stuttgart.

ARNDT, V. (2021): Analyse der Kommunikation kritischer Stimmen zur Pflanzenschutzmittelbehandlung in Waldbeständen um Beelitz 2019. Bachelorarbeit. TU Dresden.

CSÓKA, G.; PÖDÖR, Z.; NAGY, G.; HIRKA, A. (2015): Canopy recovery of pedunculate oak, Turkey oak and beech trees

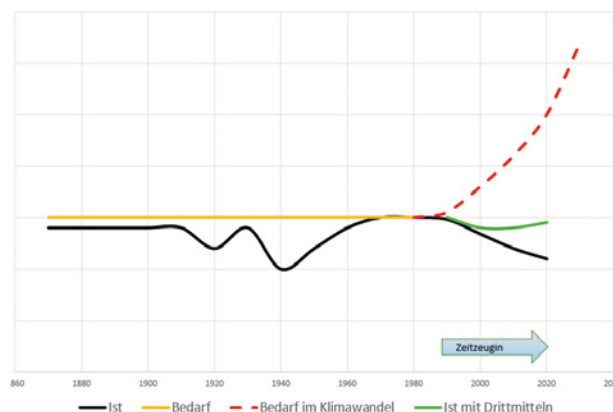


Abb. 27: Diskrepanz zwischen „Ist“ und „Bedarf“ der Praxisforschung im Waldschutz

after severe defoliation by gypsy moth (*Lymantria dispar*): case study from western Hungary. Forest. J. 61: 143–148.

GÖSSWALD, K. (1989): Die Waldameise. Bd. 1 und 2. AULA-Verlag Wiesbaden.

MARX, A.; MÖLLER, K.; WENK, M. (2015): RapidEye-Waldschutzmonitoring in Brandenburg. AFZ-Der Wald 11: 40-42.

MILNIK, A. (2006): Im Dienst am Wald. Lebenswege und Leistungen brandenburgischer Forstleute. Verlag Kessel. Remagen.

MÖLLER, K.; WALTER, CH.; ENGELMANN, A.; HIELSCHER, K. (2007): Die Gefährdung der Gemeinen Kiefer durch Insekten. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. XXXII: 245-257.

MÖLLER, K.; APEL, K.-H.†; ENGELMANN, A.; HIELSCHER, K.; WALTER, C. (2007): Die Überwachung der Waldschutzsituation in den Kiefernwäldern Brandenburgs - Weiterentwicklung bewährter Methoden. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. XXXII: 288-296.

MÖLLER, KATRIN; BRAUNSCHWEIG, ANNELIESE (2010): Das „Institut für Waldschutz“ in Eberswalde – 70 Jahre Waldschutzgeschichte unter einem Dach. Eberswalder Jahrbuch für Heimat-, Kultur- und Naturgeschichte 2010: 258-273.

MÖLLER, K. (2016): Der Fall Kiefernspinner im NSG „Lieberoser Endmoräne“: Waldschutz-Risikomanagement mit Hindernissen. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. 62: S. 13-18.

MÖLLER, K.; HEINITZ, M. (2016): Waldschutz in Brandenburg – das Risikomanagement erfordert die Zusammenarbeit von Forst- und Naturschutzbehörden. Natur und Landschaftspflege in Brandenburg 1, 2: 30-39.

MÖLLER, K. (2019): Entscheidung zum Einsatz von Karate Forst flüssig. <https://fragdenstaat.de/anfrage/entscheidung-zum-einsatz-von-karate-forst-fluessig/>

MÖLLER, K. (2020): Waldschutz in Zeiten von Klimawandel und Fake News. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 22-38.

NETHERER, S.; SCHOPF, A. (2010): Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests – general aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecol. Manag.* 259: 831-838.

NIESAR, M.; ZÚBRIK, M.; KUNCA, A. (2015): Waldschutz im Klimawandel. Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen, Münster. 202 S.

SCHRÖDER, J.; WENNING, A.; HENTSCHEL, R.; MÖLLER, K. (2016): Rückkehr eines Provokateurs: Was steuert die Ausbreitungsdynamik des Eichenprozessionsspinners in Brandenburg? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 62: 77-88.

SCHWERDTFEGGER, F. (1985): Fazit. Eigenverlag Hamburg und Göttingen.

SCHWERDTFEGGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten. 4. Auflage. Paul Parey Hamburg Berlin.

SCHWERDTFEGGER, F. (1942): Das Institut für Waldschutz in Eberswalde. Monatshefte für Baukunst und Städtebau 26: 61-68.

WELLENSTEIN, G. (1942): Die Nonne in Ostpreußen.

WENK, M.; MÖLLER, K. (2013): Prognose Bestandesgefährdung – Bedeutet Kahlfraß das Todesurteil für Kiefernbestände? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 51: 9–14.

WBGU (2020): Hauptgutachten „Landwende im Anthropozän - Von der Konkurrenz zur Integration“. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“. [https://issuu.com/wbgu/docs/wbgu\\_hg2020](https://issuu.com/wbgu/docs/wbgu_hg2020)

WEISSHUHN, P.; LÜTH, E.; HELMING, K. et al. (2020): „Wissenssynthese für das Maßnahmenprogramm Insektenschutz Brandenburg“. ZALF Müncheberg. <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Projektbericht%20Insektenschutzma%C3%9Fnahmen%20Brandenburg.pdf>

WOHLGEMUTH, T.; JENTSCH, A.; SEIDL, R. (HRSG.) (2019): Störungsökologie, UTB-Reihe, Haupt Verlag, Bern. S. 212-235.

# Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde Publikationen 2020

## Forstpolitik, Planung und Betriebswirtschaft

ENGEL, J. (2020):  
**„Waldsterben 2.0“: Die Entstehung einer neuen (alten) Debatte**  
 Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 9-21.

ENGEL, J. (2020):  
**Waldsterben 2.0: Empfehlungen zur Kommunikation aus einer neuen (alten) Debatte**  
<https://www.waldwissen.net/de/lernen-und-vermitteln/oef-fentlichkeitsarbeit/kommunikation-zu-waldsterben>

JANDER, A. (2020):  
**Testbetriebsnetz für die Forstwirtschaftlichen Zusammenschlüsse und den Kleinprivatwald (TBN Forst-BB). Ergebnisse Einzelwaldbesitz (EWB) zum Berichtsjahr 2019**  
<https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/ergewb.pdf>

JANDER, A. (2020):  
**Testbetriebsnetz für die Forstwirtschaftlichen Zusammenschlüsse und den Kleinprivatwald (TBN Forst-BB). Ergebnisse Forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse (FBG) zum Berichtsjahr 2019**  
<https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/ergfbg.pdf>

JANDER, A. (2020)  
**Auswertung des Testbetriebsnetzes des BMEL 2019 für die Brandenburger Teilnehmer**  
<https://forst.brandenburg.de/lfb/de/ueber-uns/landeskompetenzzentrum-lfe/testbetriebsnetz/auswertung-testbetriebsnetzes/>

## Waldbau/Waldwachstum

DALITZ, B. (2020):  
**Waldränder – artenreiche Lebensräume**  
 Informationen für Waldbesitzer. 1. und 2. Auflage. Flyer.

ENGEL, J.; KNOCH, D. (2020):  
**Die Robinie: Eine „kurzumtriebige“ Baumart mit vielfältigen Nutzungsoptionen**  
 In: Beiträge zur Robinie. Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. LWF Wissen Band 84: 67-75.

GRÜLL, M.; DEGENHARDT, A.; KEIL, D.; KINDERMANN, T.; MEISSNER, R.: (2020):  
**WUP: Zahlen und Karten zum Waldbaupotenzial**  
 Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 39-48.

GRÜLL, M.; DEGENHARDT, A. (2020):  
**Waldbaupotential: Aktuelle Zahlen und Karten für Brandenburg**  
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/waldbaupotential-aktuelle-zahlen-und-karten-fuer-brandenburg>

## Waldschutz

DALITZ, B. (2020):  
**Rückblick auf den Waldbrand bei Treuenbrietzen in Brandenburg**  
 AFZ-Der Wald 7: 28-31.

HEYDECK, P.; MERKEL, R.; LANGE, U.; HIELSCHER, K.; DAHMS, C.; MORITZ, G.; PFANNENSTILL, T. (2020):  
**Erste Nachweise von *Neonectria neomacrospora* (C. Booth & Samuels) Mantiri & Samuels als Krankheitserreger an *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr. im Nordostdeutschen Tiefland**  
 Journal für Kulturpflanzen, 72 (6): 221–235.

HIELSCHER, K. (2020):  
**Holz- und rindenbrütende Käfer an Eichen**  
 Informationen für Waldbesitzer. 2. überarbeitete Auflage. Flyer.

HIELSCHER, K. (2020):  
**Nordamerikanische Gallmücken *Contarinia cf. pseudotsugae* (Condrashoff, 1961) an Douglasien in Deutschland (Diptera, Cecidomyiidae)**  
 Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 22: 279 – 284.

MÖLLER, K.; HIELSCHER, K.; WENNING, A.; DAHMS, C. (2020):  
**Waldschutzsituation 2019 in Brandenburg und Berlin**  
 AFZ-Der Wald 11: 48-52.

MÖLLER, K. (2020):  
**Waldschutz in Zeiten von Klimawandel und Fake News**  
 Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 22-38.

MÖLLER, K. ET AL. (2020):  
**Waldschutzordner (Anleitung für die Forstpraxis in Brandenburg)**  
 Nachdruck, 2. ergänzte Auflage.

SCHNEIDER, B.; KÄTZEL, R.; KUBE, M. (2020):  
**Widespread occurrence of ‘*Candidatus Phytoplasma ulmi*’ in elm species in Germany**  
 BMC Microbiology 20:74; <https://doi.org/10.1186/s12866-020-01749-z>

SEDLACZEK, M.; MÖLLER, K. (2020):  
**Brutvögel in Kiefernforsten – Einfluss von Waldschutzmaßnahmen, Raupenfraß und Nesträubern**  
 Landesbetrieb Forst Brandenburg, Geschäftsbericht 2019: 20-25.

WENK, M. (2020):  
**Blaue Kiefernprachtkäfer**  
 Informationen für Waldbesitzer. Flyer.

WENK, M.; PASTOWSKI, F. (2020):  
**Überlebenschancen der Kiefer nach Vollfeuer bei einem Großwaldbrand**  
 Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 110.

WENNING, A.; HIELSCHER, K.; MÖLLER, K.:

**Neuartige Schäden, eingeschleppte Schaderreger und Quarantäneschädlinge**

Informationen für Waldbesitzer. 2. überarbeitete Auflage.  
Flyer. 2020

## Waldökologie

RÜFFER, O. (2020):

**Buchenwaldgesellschaften im nordostdeutschen Tiefland**  
AFZ-Der Wald 23/2020: 47-49.

## Fernerkundung

ACKERMANN, J.; ADLER, P.; AUFREITER, C.; BAUERHANS, C.;  
BUCHER, T.; FRANZ, S.; ENGELS, F.; GINZLER, C.; HOFFMANN,  
K.; JÜTTE, K.; KENNEWEG, H.; KOUKAL, T.; MARTIN, K.; OEHMI-  
CHEN, K.; RÜFFER, O.; SAGISCHEWSKI, H.; SEITZ, R.; STRAUB,  
C.; TINTRUP, G.; WASER, L.; ZIELEWSKA-BÜTTNER, K. (2020):  
**Oberflächenmodelle aus Luftbildern für forstliche An-**  
**wendungen**

Leitfaden Arbeitsgruppe Forstliche Luftbildinterpretieren  
2020, WSL Berichte 87/2020, ISSN 2296-3448, Eidg.  
Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL  
CH-8903 Birmensdorf.

## Bodenkunde

HANNEMANN, J., GRÜLL, M., STÄHR, F. (2020):

**Ansatz für die regelbasierte Ableitung einer Baumarteneig-**  
**nung auf der Grundlage ausgewählter Standortmerkmale**  
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 72-83.

RIEK, W., RUSS, A. (2020):

**Zustand der Waldböden im Land Brandenburg. Praxis-**  
**empfehlungen für die nachhaltige und bodenpflegli-**  
**che Bewirtschaftung der Wälder**

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz  
des Landes Brandenburg, Landesbetrieb Forst Branden-  
burg (Hrsg.). 36 S.

RIEK, W., RUSS, A., GRÜLL, M. (2020):

**Zur Abschätzung des standörtlichen Anbaurisikos von**  
**Baumarten im Klimawandel im nordostdeutschen Tiefland**  
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 48-70.

BENNING, R., AHREND, B., AMBERGER, H., DANIGEL, J.,  
GAUER, J., HAFNER, S., HEINZ, F., JANOT, M., MAYER, S.,  
METTE, T., PIEPER, A., PUHLHANN, H., RIEK, W., STEINI-  
CKE, C., WALLOR, E., PETZOLD, R. (2020):

**The Soil Profile Database for the National Forest Invento-**  
**ry Plots in Germany Derived from Site Survey Systems**  
OpenAgrar Repository. URL [https://www.openagrar.de/](https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00049873)  
[receive/openagrar\\_mods\\_00049873](https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00049873). DOI: 10.3220/  
DATA20190625100522

## Forstliche Umweltkontrolle

ZICHE, D., RIEK, W., RUSS, A., HENTSCHEL, R., & MARTIN,  
J. (2021):

**Water budgets of managed forests in northeast ger-**  
**many under climate change — Results from a model**  
**study on forest monitoring sites**

Applied Sciences (Switzerland), 11(5), 1–19.

## Genetik/Ökophysiologie/Klimawandel

KÄTZEL, R.; SCHRÖDER, J.; BECKER, F.; LEINEMANN, L.;  
GRÜLL, M. LÖFFLER, S. (2020):

**Die Rot-Eiche (*Quercus rubra* L.) - Von der Ersatzbank**  
**ins Spielfeld?**

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 93-104.

KÖLKEN, A.M.; EUSEMANN, P.; KERSTEN, B.; LIESEBACH,  
H.; KAHLERT, K.; KAROPKA, M.; KÄTZEL, R.; KUCHMER, O.;  
LEINEMANN, L.; ROSE, B.; TÖBER, U.; WOLF, H.; VOTH, W.;  
KUNZ, M.; FUSSI, B. (2020):

**Das Verbundprojekt GenMon: Einrichtung eines eigen-**  
**ständigen Langzeit-Monitorings in Buchenbeständen**  
**(*Fagus sylvatica* L.)**

Thünen-Report 76: 230-244.

LÖFFLER, S. SCHMIDT, M.; BECKER, F.; KÄTZEL, R. (2020):

**Bisher seltene Baumarten – Gewinner im Klimawandel**  
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 84-92.

SCHNECK, D.; KÄTZEL, R.; JANDER, CH. (2020):

**(Wieder-) Einbringung der Weiß-Tanne (*Abies alba***  
**Mill.) in die Wälder Brandenburgs**

Thünen-Report 76: 126- 132.

KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; BECKER, F. (2020):

**Untersuchungen zur Klimaanpassung südosteuro-**  
**päischer Herkünfte der Trauben-Eiche (*Q. petraea*) in**  
**Brandenburg - Eine erste Auswertung.**

Thünen-Report 76: 23-36.

## Wildökologie und Jagdwirtschaft

DOBIÁŠ, K. (2020):

**Elche in Brandenburg - Ergebnisse des Monitorings**  
**2013 bis 2019**

Beiträge zur Jagd- und Wildforschung 45: 261-268.

DOBIÁŠ, K. (2020):

**Der Elch - seltener Gast, aber unübersehbar**

Wildtier-Informationssystem der Länder Deutschlands  
(WILD); Jahresbericht 2018: 26-28



## **Ausgewählte Posterpräsentationen**





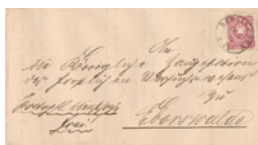
Forstwirtschaft

## Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten ab 1881

### Einblicke in Archivalien der Hauptstation des Forstlichen Versuchswesens in Eberswalde

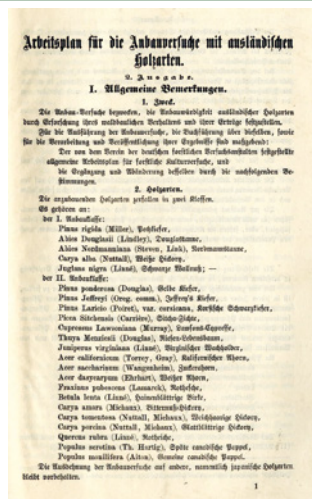
Anbauversuche mit ausländischen Baumarten in Deutschland sollten durch die Verfügung des Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, Dr. Robert Lucius vom 15. Juni 1880 planmäßiger erfolgen. Er beauftragte den Direktor des Preußischen Versuchswesens, Oberforstmeister Dr. Danckelmann, dieses auf die Tagesordnung der Sitzung des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten zu setzen, die im September in Baden Baden stattfand. John Booth referierte im Auftrag der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens über die „Feststellung der Anbauwürdigkeit ausländischer Waldbäume“; im Ergebnis der Tagung wurden die Anbauversuche zur Vereinskasse erklärt. Die Erforschung des waldbaulichen Verhaltens, des Gebrauchswertes bereits eingeführter ausländischer Baumarten, die Anlage und langfristige Betreuung von Anbauversuchen in den Revieren nach einem einheitlichen Arbeitsplan und die Veröffentlichung der Ergebnisse wurden als gemeinsame Zielstellung beschlossen.

Die Saatgutbeschaffung aus dem Ausland wurde dem Flottbecker Baumschulbesitzer J. Booth übertragen. Im Staatshaushalt waren dafür von 1881-1885 jährlich bis zu 30.000 Mark und von 1886-1890 jährlich bis zu 20.000 Mark verfügbar. Von 1891 bis 1895 verringerte sich die Gesamtsumme für Ankauf und Pflanzenerziehung auf 3000 Mark jährlich. In den ersten Jahren wurden Sämereien amerikanische Baumarten, ab 1885/1886 im geringerem Umfang auch Sämereien japanischer Baumarten angekauft.

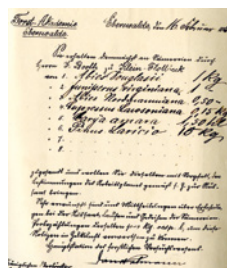


Briefwechsel mit der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens

1884: „Zur Versendung genehmigt.“  
Abgestimmte Mengen (Hektoliter) an Saatgut werden auf die Oberförstereien verteilt



Arbeitsplan für die Anbauversuche 2. Ausgabe Eberswalde, den 22.12.1884 Danckelmann



1883: Informationen zur Pflanzenanzucht werden erhoben: „Sehr erwünscht sind Mitteilungen über Erfahrungen bei der Aussaat, Laufen und Gedeihen der Sämereien, ..., um diese Notizen in Zukunft verwerten zu können.“

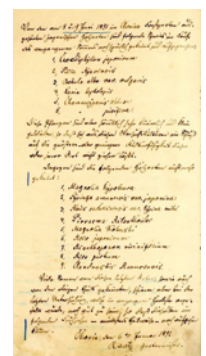


1885: „Durch Eilboten zu bestellen.“  
Informationsaustausch zwischen den Revieren und der Hauptstation

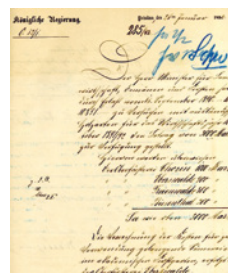
1888: John Booth Klein-Flottbeck Saatgutversand in die Reviere



Von 1881 bis 1890 erfolgte die Pflanzenerziehung aus den verteilten Sämereien und die Anlage von Versuchsflächen grundsätzlich auf denselben Oberförstereien, die Abgabe und der Verkauf überzähliger Pflanzen an Dritte war möglich.



6.1.1892: Forstgarten der Oberförsterei Chorin Wilhelm Raatz der Gartenmeister informiert die Hauptstation über den Zustand der im Juni 1891 ausgesäten japanischen Baumarten



26.1.1892: Potsdam Bestätigung über 3000 Mark für den Ankauf von Saatgut und die Pflanzenerziehung für das Jahr 1891/92

Von 1891 bis 1895 wurden die Pflanzen in den 4 Leheroberförstereien (Biesenthal, Chorin, Eberswalde, Freienwalde) der Forstakademie und im Forstbotanischen Garten Eberswalde erzogen. Die Verteilung an die Oberförstereien erfolgte durch die Hauptstation.

Ines Höhne

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde  
Ines.Hoehne@lfb.brandenburg.de





Forstwirtschaft

## Saatgut für die Anbauversuche ab 1891 Geschäftspartner und Freunde in Amerika

### Einblicke in Archivalien der Hauptstation des Forstlichen Versuchswesens in Eberswalde

Mit dem Jahr 1890 endet die erste Periode der Anbauversuche mit vorwiegend amerikanischen Baumarten, für bereits ausreichend erprobte Arten wurden die Saatgutlieferungen eingestellt. So konnten in das Anbauprogramm weitere in Deutschland noch nicht erprobte Gehölze aufgenommen werden. Die Beschaffung von Saatgut in ausreichender Menge, fairem Preis und guter Qualität war eine ständige Herausforderung der Akteure. Kleinere Saatgutmengen wurden mit höheren Kosten für Ernte und Transport belegt. Das änderte sich 1891 durch persönliche Kontakte, fachliche Beratung und Vermittlung von der Saatguternte bis zur Lieferung durch die Zusammenarbeit mit B. E. Fernow und G. B. Sudworth, aus der Forstabteilung im Landwirtschaftsministerium in Washington D.C.

#### Thomas Meehan & Sons ... Baumschule in Germantown bei Philadelphia

Thomas Meehan, 1826 in England geboren, war Gärtner und Biologe. Er gründete 1848 in Germantown eine Baumschule, die im Familienbetrieb geführt, international erfolgreich arbeitete. Mit der Herausgabe von Fachzeitschriften und der Veröffentlichung zahlreicher Artikel über die Flora der Vereinigten Staaten, trug er zum wachsenden Wissen über Pflanzen bei.



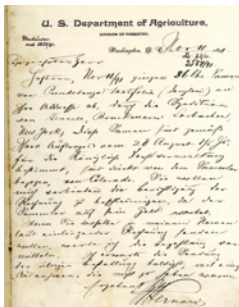
10. 12. 1891: Saatgutversand  
„Wir legen Ihnen die Rechnung und den Versandbeleg für das Saatgut bei, ... von dem wir hoffen, dass es Sie bald erreichen wird.“



1891: Abschrift zur Lieferung Forstsaatgut wurde mit den in Amerika geltenden Maßeinheiten je nach Fraktionsgröße, in englische Pfund (lb) oder bush verkauft

#### Bernhard Eduard Fernow ... Chef der Forstabteilung im Landwirtschaftsministerium in Washington D.C.

B. E. Fernow 1851 in Hohensalza geboren, studierte Rechtswissenschaften und absolvierte seine forstwirtschaftliche Ausbildung an der Forstakademie in Hann. Münden. 1876 reiste er in die USA, um am Treffen der American Forestry Association (AFA) in Philadelphia teilzunehmen und seine Verlobte, die Amerikanerin Olivia Revnolds zu ehelichen. Zwölf Jahre lang (1886–1898) war er Chef der Forstabteilung und arbeitete mit an der Gesetzgebung, um das Forest Reserve Act (1891) und das Forest Management Act (1897) zu verabschieden.

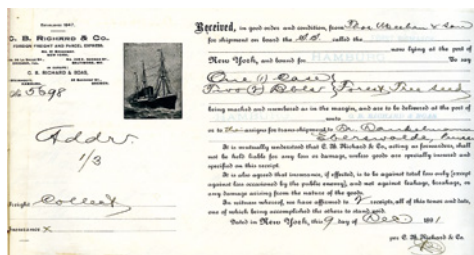


11.11.1891: Douglasii aus Colorado  
Ich erwarte die Sendung der übrigen Bestellung baldigst, mit einigen Ausnahmen die nicht zu haben waren. Ergebenst B. E. Fernow“

10.12.1891: Grüße nach Eberswalde  
„Herr Dr. Schwappach. Grüßen Sie doch bitte meinen Freund Kienitz, den ich, glaube ich, wie alle meine alten Freunde unter meiner Arbeitslast vernachlässigt habe.“



#### Schnelldampfer der Hamburg-Amerikanischen Packetfahrt-Actien-Gesellschaft (HAPAG)

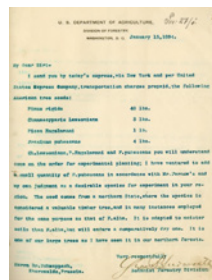


1891: New York via Hamburg Frachtbrief für Forstsaatgut

Die 1890 von Stapel gelaufene „Fürst Bismarck“ wurde im April 1891 der HAPAG übergeben, sie war der vierte Schnelldampfer der Gesellschaft und trat am 8. Mai ihre Jungfernfahrt von Hamburg über Southampton nach New York an. Mit diesen Postschiffen erfolgte ein wöchentlicher Linienverkehr zwischen den USA und Europa.

#### Georg Bishop Sudworth ... Dendrologe der Forstabteilung

15.01.1894: Erprobung  
„Ich habe es gewagt, eine kleine Menge Fraxinus pubescens in Übereinstimmung mit Herrn Fernow und meinem eigenen Urteil als eine wünschenswerte Art für Experimente in Ihrer Region hinzuzufügen.“



George Bishop Sudworth wurde 1864 in Kingston, Wisconsin geboren und studierte an der University of Michigan, 1885-1886 war er Dozent für Botanik am Michigan State Agricultural College und trat 1886 in die Forstabteilung des US Landwirtschaftsministeriums ein. Er veröffentlichte mehrere Bücher, sein bekanntestes war „Check list of the forest trees of the United States“ 1898

Ines Höhne

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde  
Ines.Hoehne@lfb.brandenburg.de







Forstwirtschaft

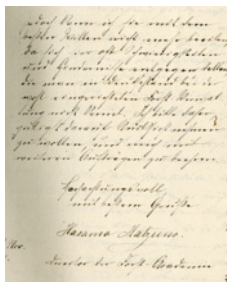
## Saatgut für die Anbauversuche ab 1885 Japan ein Land im Aufbruch

### Einblicke in Archivalien der Hauptstation des Forstlichen Versuchswesens in Eberswalde

Japan öffnete sich, mit der Meiji-Restauration „aufgeklärte Herrschaft“ (1868-1912), begann die Wandlung des Landes vom Feudalstaat zur Großmacht. Die unter dem Kaiser Mutsuhito eingeleiteten Reformen ermöglichten es, weitreichende diplomatische Beziehungen aufzubauen und zu pflegen. Japanische Studenten wurden an europäische Hochschulen geschickt um sich fundierte Kenntnisse anzueignen, ausländische Experten nach Tokio und Yokohama berufen, um die Modernisierungsprozesse im Land zu beschleunigen. Die Saatgutbeschaffung für die Anbauversuche war in den ersten Jahren schwierig, nur kleine Quantitäten weniger Arten waren verfügbar. In Japan existierte noch kein Netzwerk für den Saatguthandel, diese Situation verbesserte sich durch den gezielten Einsatz im Land agierender Experten und die Unterstützung durch japanische Behörden, um annähernd die geforderten Quantitäten und Qualitäten an Saatgut bereitzustellen.

#### Hasama Matzuno ... Professor für Forstwirtschaft und „Vater der Dendrologie“ in Japan

**Hasama Matzuno**, studierte Deutsch in Kyoto und arbeitete in Tokio als er 1870 ins Ausland berufen wurde. Nach einer Vorausbildung in Berlin studierte er an der **Forstakademie Eberswalde**. Im Katalog der 30 wichtigsten Studienfächer für japanische Studenten war u. a. die Forstwissenschaft aufgeführt, 1876 kehrte er nach Japan zurück und eröffnete eine Forsterschule, die sich zur Kaiserlich Japanischen Forstakademie entwickelte. Dort und im Innenministerium, wirkte er als Oberforst und Hochschullehrer und baute in Japan ein modernes Forstwesen auf.



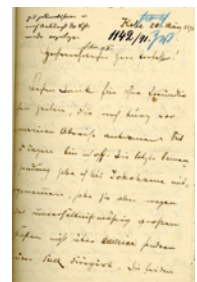
20.11.1884: **Erste Absprachen**  
„Sehr geehrter Herr Dankelmann.  
Die notwendigen Samenproben werde ich thunlichst schnell durch die Gouverneure der verschiedenen Departements sammeln lassen und Ihnen unverzüglich zuschicken. Ich muß gütigst um Entschuldigung bitten, daß die jedesmalige Antwort stets so verzögert erscheint, ...  
jedoch kann ich sie mit dem besten Willen nicht mehr beilen, da sich hier oft Schwierigkeiten und Hindernisse entgegen stellen, die man in Deutschland bei der wohl eingerichteten Forst-Verwaltung nicht kennt. ...  
Hochachtungsvoll mit bestem Grusse  
Hasama Matzuno Director der Forst-Academie“

#### Prof. Dr. Heinrich Mayr ... Fachberater im Ministerium und Dozent an der Akademie für Land- und Forstwirtschaft in Tokio von 1887 bis 1891

**Heinrich Mayr** studierte Forstwissenschaft in Aschaffenburg und München und arbeitete im bayerischen Staatsforstdienst. Er bereiste u.a. die Wälder von Japan und Nordamerika und erweiterte durch zahlreiche Publikationen den Kenntnisstand über fremdländische Baumarten. An die Akademie in Tokio berufen, lehrte er forstliche Botanik, Waldbau, Holz Anatomie, Forsttechnik und war als Fachberater im Land tätig.

1891: **Saatguteinkauf** mit Angabe der Provenienz, Erstellt von Heinrich Mayr

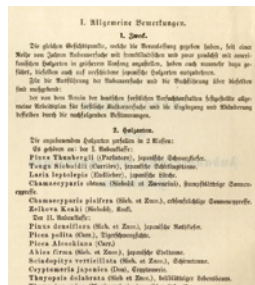
20. März 1891: Kobe  
„Hochverehrtester Herr Professor!  
Besten Dank für die freundlichen Zeilen, die noch kurz vor meiner Abreise ankamen. Seit 5 Tagen bin ich off. Die **letzte Samensendung** habe ich bis Yokohama mitgenommen, habe sie aber wegen der unverhältnismäßig großen Kosten nicht **über America sondern über Suez dirigiert**. ...  
Mit den besten Empfehlungen an Herrn Direktor Dr. Dankelmann bin ich Ihr ergebener Mayer“



Im Choriner Forstgarten erfolgten im Mai und Juni 1885 umfangreiche Versuche mit den ersten Saatgutsendungen, teilweise ein Geschenk der japanischen Behörden. Diese Aussaaten wurden auch im Forstbotanischen Garten Eberswalde durch Prof. Dr. Luerssen, dem Forstbotaniker der Akademie begleitet. Er prüfte die Keimfähigkeit des Saatgutes, das Wuchsverhalten und die Widerstandsfähigkeit der erzogenen Pflanzen. Ergebnisse dieser Untersuchungen fanden Anwendung im Arbeitsplan, der im Januar 1887 veröffentlicht wurde.



„Der goldene Mittelweg wird auch hier der allein einschlagende sein: weder vertrauensvoll den ersten besten Bericht in die Praxis übertragen, noch absolut verdamnen, sondern **Alles prüfen und das Beste behalten.**“  
Dr. Chr. Luerssen 1886



1887: **Arbeitsplan** für die Anbauversuche mit japanischen Holzarten

#### Prof. Dr. E. Grasmann ... Dozent an der Akademie für Land- und Forstwirtschaft in Tokio von 1887 bis 1895

**Eustachius Grasmann** studierte Forstwissenschaften in Aschaffenburg und München, 1887 wurde er an die Akademie in Tokio berufen und lehrte Forstpolitik und forstliche Betriebswirtschaftslehre, in den Präfekturen des Landes war er beratend tätig.

16. März 1895: Tokio  
„Hochverehrter Herr Professor!  
Mit dem **Kingsin-line Steamer „Gerda“** Hamburg sind am 20. Febr. **4 Kisten an die Forstakademie Eberswalde** abgegangen. Eine weitere Kiste mit Samen ... wird erst 20. des Monats mit dem Norddeutschen Lloyd abgehen, wird aber wegen der rascheren Fahrt der Lloyd-Dampfer gewiß noch rechtzeitig eintreffen, ...  
Es war in diesem Jahr besonders schwierig, Samen zu bekommen, da es an Arbeitskräften außerordentlich mangelte.

Alles was Waffen tragen kann ist im Kriege und was zu Hause blieb, ist so vollauf beschäftigt, die erlangenen Siege zu feiern, daß zu den **dringendsten Arbeiten niemand** zu haben ist. ...  
Mit besten Empfehlungen verehrungsvoll Ihr ergebener Grasmann“



Ines Höhne

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde  
Ines.Hoehne@lfb.brandenburg.de







Forstwirtschaft

## Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten ab 1881

### Die wichtigsten Etappen der „Fremdländer“-Forschung in Eberswalde

Die ersten forstlichen Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten unternahm man in den deutschen Ländern schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts, meistens unkoordiniert und überwiegend mit ungeeigneten Herkünften aus Nordost Amerika. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass diese Versuche bis auf wenige Ausnahmen kein wirklich nennenswertes Ergebnis bringen konnten. Erst im darauffolgenden Jahrhundert, nach den entscheidenden Fortschritten in den Forstwissenschaften und durch die Entdeckung der für unsere klimatischen Wuchsbedingungen besser angepassten nordwestamerikanischen Baumarten, wurden wieder Anstrengungen unternommen, die durch die eiszeitliche Vereisung arm gewordene Dendroflora der Europäischen Wälder zu quantifizieren. So erhielten nach Gründung Deutschlands 1871 die bereits in mehreren deutschen Ländern entstandenen forstlichen Versuchsanstalten den Auftrag, planmäßig die Anbauwürdigkeit neuer ausländischer Baumarten zu prüfen.

Die Forschung um die ausländischen Baumarten in Eberswalde könnte man in drei wichtige Forschungsphasen einteilen:

- Initiierungsphase mit der Begründung von über 1300 Beständen mit fremdländischen Baumarten in ganz Deutschland,
- Klärung der Provenienzfrage,
- Prüfung der waldbaulichen Behandlung und der Eigenschaften der für anbauwürdig befundenen Baumarten.

#### Ertragsversuche



**B. DANCKELMANN**  
1831 – 1901  
(1871 – 1901)



**W. BODEN**  
1847 – 1930  
(1883 – 1920)



**A. SCHWAPPACH**  
1851 – 1932  
(1886 – 1921)

In den ersten Jahren leitete DANCKELMANN persönlich die Realisierung dieses umfangreichen Vorhabens und führte hauptsächlich nordamerikanische Baumarten ein. 1883 bekam er mit der Besetzung der Oberförsterei in Freienwalde durch Fm. BODEN eine fachliche Unterstützung vor Ort. Boden konnte bis dahin einige Jahre lang unter Ofm. MORTZFELDT in dem damaligen RB Posen zahlreiche Erfahrungen mit dem Anbau von ausländischen Baumarten in der von ihm geleiteten Oberförsterei Grünheide sammeln und wurde damit für Danckelmann zu einem der wertvollsten und fleißigsten Unterstützer. Das von ihm vorgeschlagene Begründungsverfahren, mittels Mortzfeldtschen Löchern möglichst viele Standorte mit den neuen Baumarten durchzustesten, wurde später auch von SCHWAPPACH übernommen. Adam SCHWAPPACH übernahm die Leitung über die Arbeiten in Eberswalde 1886. Er kam als junger Professor aus Gießen, wo er an der dortigen Universität seit 1881 als zweiter Lehrer der Forstwissenschaften unterrichtet hatte und nun, von Danckelmann geworben, den Wechsel nach Eberswalde wagte. Unter SCHWAPPACH wurden bis ca. 1910 fast 50 in der Mehrheit nordamerikanische und japanische Nadel- und Laubbaumarten auf über 1.300 Flächen, meistens von 0,1 bis 0,15 ha, angelegt. Damit war im Wesentlichen die Anlage-Periode abgeschlossen.

#### Die wichtigsten Arbeiten

- BÜDEN, W. 1924. Anbauversuche mit ausländischen Holzarten im akademischen Lehrrevier Freienwalde a. O. 1869–1921. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 34: 32–54.  
DANCKELMANN, B. 1882. Arbeitsplan für die Untersuchung des forstlichen Verhaltens ausländischer Holzarten. Jahrbuch der Preussischen Forst- und Jagdgesetzgebung und Verwaltung 14: 27–34.  
DANCKELMANN, B. 1894. Anbauversuche mit ausländischen Holzarten in den Preussischen Staatsforsten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 6: 289–315 & 7: 345–371.  
PENSCHUCK, K.E.H. 1935. Die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten unter Berücksichtigung ihrer Ertragsleistung. I. Teil u. II. Teil, Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 67: 113–137 u. 69: 525–555.  
SCHWAPPACH, A. 1886. Die Einführung japanischer Waldbäume in die deutschen Forsten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 18: 121, 251, 313, 442, 545.  
SCHWAPPACH, A. 1891a. Denkschrift betreffend die Ergebnisse der in den Jahren 1881–1890 in den Preussischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 23: 16–34, 81–102, 148–164.  
SCHWAPPACH, A. 1891b. Über den gegenwärtigen Stand des Anbaues fremdländischer Holzarten in den preussischen Staatsforsten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 23: 379–381.  
SCHWAPPACH, A. 1896. Ergebnisse der Anbauversuche mit japanischen und einigen neueren amerikanischen Holzarten in Preußen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen: 327–347.  
SCHWAPPACH, A. 1901. Die Ergebnisse der in den Jahren 1881–1890 in den preussischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 33: 137–169, 195–225, 261–292.  
SCHWAPPACH, A. 1911. Die weitere Entwicklung der Versuche mit fremdländischen Holzarten in Preußen. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 20: 3–37 (s. auch: Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 43: 757–782).

#### Provenienzversuche



**E. WIEDEMANN**  
1891 – 1950  
(1927 – 1945)



**W. ERTELDE**  
1907 – 1992  
(1937 – 1962)



**O. DITTMAR**  
1923 – 2006  
(1952 – 1991)

Schon sehr bald nach der Einführung der ersten fremdländischen Baumarten erkannte man die Bedeutung ihrer Herkunft. Zur Klärung der Provenienzfrage waren entsprechende Versuche erforderlich. Der erste dieser Art in Eberswalde ist der 1910 durch Schwappach begründete Douglasienprovenienzversuch CHORIN 90, in dem 21 Herkünfte aller drei Douglasienvarietäten geprüft werden: **glauca** – Inlandsform, **caesia** – Übergangsform und **viridis** – Küstenform. Ein weiterer Provenienzversuch mit Douglasie wurde in Eberswalde 1930 durch WIEDEMANN (FREIENWALDE 171) angelegt. 1961 nahm Eberswalde an einem durch Prof. SCHÖBER aus Göttingen initiierten großen internationalen Provenienzversuch teil. So wurden allein im Frühjahr 1961 unter ERTELDE quer durch die DDR sechs Versuchsreihen (4 im Pleistozän (Greifswald, Parchim, Chorin, Nedlitz) und 2 im Berg- und Hügelland (Schleiz, Kranichfeld)) mit jeweils 26 Douglasienprovenienzen in dreifacher Wiederholung begründet. Ebenfalls unter Erteld wurde 1957 eine Versuchsblockanlage mit dreifacher Wiederholung mit 6 Herkünften der Japanischen Lärche eingerichtet (CHORIN 192).

#### Die wichtigsten Arbeiten

- ERTELDE, W. 1952. Wachstum und Ertrag der Robinie im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. Dissertation (Humboldt-Universität Berlin): 144.  
DITTMAR, O. 1954. Die Entwicklung des Douglas-Provenienzversuchs aus dem Jahre 1930 in Freienwalde, Abt. 171. Archiv für Forstwesen 1954, 3. Bd., H. 5: 399–431.  
DITTMAR, O. 1961. Waldbau-ertragskundliche Ergebnisse bisheriger Provenienzversuche mit Douglasie und Japanischer Lärche und Zweckbestimmung sowie Methodik neuer Provenienzversuche mit diesen Holzarten. Forst und Jagd, 11 (1961) 7: 296–298.  
DITTMAR, O., KNAPP, E., SCHULSEN, B. 1985. Ergebnisse des internationalen Douglasienprovenienzversuchs 1961 im Pleistozän der DDR. Beiträge für die Forstwirtschaft 19(1): 8–18.  
KANZOW, H. 1937. Die Douglasie. Aufstellung einer Ertragsstafel auf Grund der Ergebnisse der Preussischen Probeflächen und Auswertung von Provenienzversuchen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 69: 65–93, 113–139, 241–271.  
PANKA, S. 2018. Die Douglasie nach „XAVIER“ am Beispiel des internationalen Provenienz-Durchforstungsversuchs CHORIN 85. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 65: 49–56.

#### Durchforstungsversuche



**G. LEMBECKE**  
1928 – 1988  
(1952 – 1988)



**W. NIEFENECKER**  
\* 1934  
(1957 – 1996)



**K.-W. LOCKOW**  
\* 1940  
(1972 – 2005)

Nach der Prüfung der Anbauwürdigkeit und Klärung der Provenienzfrage musste logischerweise die Herausarbeitung der richtigen waldbaulichen Behandlung der in die engere Auswahl gekommenen Baumarten folgen. So wurden durch LEMBECKE und NIEFENECKER bereits in den 60er und 80er Jahren des 20. Jh. die ersten Durchforstungs- und Unterbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Eberswalde angelegt. Zahlreiche Eberswalder Durchforstungsversuche mit Douglasie, Küsten-Tanne, Riesen-Lebensbaum oder Weymouthskiefer sind bereits aus der Literatur bekannt. Es entstanden auch die ersten Versuchsflächen mit einheimischen Arten in ungleichaltriger Mischung mit geprüften Herkünften fremdländischer Baumarten, wie z.B. Kiefer/Riesen-Lebensbaum (CHORIN 96, BREITEFENN 196, GRANSEE 321), Kiefer/Douglasie (KAHLENBERG 84/4, LIEPE 37) oder Kiefer/Küsten-Tanne (KAHLENBERG 84/3, FREIENWALDE 200/1).

#### Die wichtigsten Arbeiten

- LEMBECKE, G. 1959. Ertragskundliche Untersuchungen an ausländischen Holzarten in den Lehrbörgerforstrevieren Freienwalde und Chorin unter besonderer Berücksichtigung von Thuja plicata, Camptocarpus lawsoniana und Carya-Arten. Dissertation (Humboldt Universität, Berlin): 246.  
LOCKOW, K.-W. 2001a. Waldbau-ertragskundliche Ergebnisse der Anbauversuche mit ausländischen Baumarten 1881–1890 in Brandenburg und Schlussfolgerungen für die Praxis. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 35(4): 171–181.  
LOCKOW, K.-W. 2001b. Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: Adam Schwappach – ein Forstwissenschaftler und sein Erbe. Nimrod Verlag: 191–235.  
LOCKOW, K.-W. 2001c. Aktuelle Versuchsflächen Schwappachs – Langzeitergebnisse und Schlussfolgerungen für den Waldbau im nordostdeutschen Tiefland. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, Bd. 35 (2001) 3: 123–137.  
LOCKOW, K.-W. 2002. Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: Ausländische Baumarten in Brandenburg Wäldern LFE, Eberswalde-Potsdam: 41–101.  
LOCKOW, K.-W. 2015. Ertragsstafel für die Robinie (Robinia pseudoacacia L.). Gesellschaft zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Nordostdeutschland e.V.: 77.  
NIEFENECKER, W. 1989. Zur Wuchsteistung und waldbau-ertragskundlichen Behandlung des Riesenlebensbaumes (Thuja plicata D. Don). Sozialistische Forstwirtschaft, Berlin 39(1989): 149–153.  
NOACK, M. 2014. Waldbau-ertragskundliche Untersuchungen zur Sitka-Fichte (Picea sitchensis (Bongard) Carrière) im Ostseeraum des Landes Mecklenburg-Vorpommern als Beitrag für eine zukunftsgerichtete forstliche Ressourcennutzung. Kovas Verlag: 334.  
PANKA, S. 2013. Riesen-Lebensbaum (Thuja plicata Donn ex D. Don) in langjähriger Schirmstellung. In: Kitzke J., Kohnke U. (Hrsg.). Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Tagungsband der Sektion Ertragskunde, Rychnov n. Knežnou (http://sektionertragskunde.fvbw.de/2013/Belag\_13\_20.pdf): 154–164.  
PANKA, S. 2016. Status and chances of naturalization of western redcedar (Thuja plicata Donn ex D. Don) in eastern Germany. Dissertation (Warsaw University of Life Sciences – SGGW): 245.

Stefan Panka, Sibylle Wenk

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde  
stefan.panka@lfb.brandenburg.de, sibylle.wenk@lfb.brandenburg.de







Forstwirtschaft

## Langfristige Waldumbauversuchsfläche EBERSWALDE 134

### Geschichtliche Entwicklung, Ziel der Beobachtung

Der am 12. Oktober 1874 in einem 54jährigen, mit einigen Buchen und Hainbuchen unteretzten, gutwüchsigen Kieferbestand angelegte Versuch bestand aus zwei Durchforstungsvarianten: C-Grad (starke Niederdurchforstung) und E-Grad (Lichtung), die 1890 mit Buche unterbaut wurden. Im gleichen Jahr erfolgte in der Lichtungsvariante zusätzlich die Hochastung der besten Kiefern. 1893 wurde von SCHWAPPACH die Versuchsanlage um eine 3. Variante erweitert, die als B-Grad (mäßige Niederdurchforstung) und Vergleichsfläche ohne Buche gedacht war. Im Jahre 1902 brannte der Buchenunterstand auf 1/3 der Fläche 3 (E-Grad) und einem Teil der Fläche 2 (C-Grad) ab. Nachdem die Buche in der Jugend stark unter Rehverbiss gelitten hatte, erholte sie sich, so dass der Unterbau 1919 als sehr dicht mit geringen Unterschieden zwischen den beiden Durchforstungsvarianten beschrieben wurde. Im April 1942 entfernte WIEDEMANN während der Durchforstung aller drei Flächen die auf Fläche 1 aufgekommenen Buchen. Im Alter von 127 Jahren erfolgte 1952 der Abtrieb der im Krieg durch starken Beschuss geschädigten Fläche 1 und deren Wiederaufforstung mit 2jährigen Kiefernpflanzen (1/1). Im Alter von 162 Jahren wurden im Februar 1983 auf den Parzellen 2 und 3 ebenfalls alle Kiefern geräumt. Im April 2003 entschied sich LOCKOW für die erneute Anlage einer Referenzfläche (Variante mit selektiver Eberswalder Durchforstung) in dem 1950 neubegründeten, inzwischen schon 55 jährigen Kieferbestand. Während der letzten Aufnahme wurde 2020 in der 144jährigen Buche auf den Flächen 2 und 3 der Auflichtungshieb zur Verjüngung des Bestandes eingeleitet.

Das Ziel der Beobachtung war es, den Einfluss unterschiedlich dosierten Lichtes auf die Entwicklung des Unterbaus und den Bodenzustand zu prüfen.

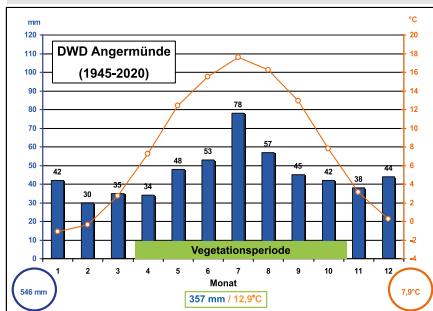
### Lage und Wuchsbedingungen



1932

134/3 (Lichtung)

**Lage:** OF Chorin, RV Spechthausen, Abt. 134 a6  
**Wuchsgebiet:** Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland  
**Wuchsbezirk:** Trammer Platte  
**PNV:** Flattergras-Buchenwald im Komplex mit Schattenblumen-Buchenwald  
**Standort:** T M2+ m (JaS/L)  
**Fläche 1:** 0,25 ha, GKI (B-Grad), 1893-1947, 1950 Abtrieb  
**Fläche 2:** 0,32 ha, GKI (C-Grad), RBU (mHdf), 1874-  
**Fläche 3:** 0,32 ha, GKI (Lichtung), RBU (stHdf), 1874-  
**Fläche 4:** 0,29 ha, GKI (seDf), 2003-



1991

134/3 (Lichtung)

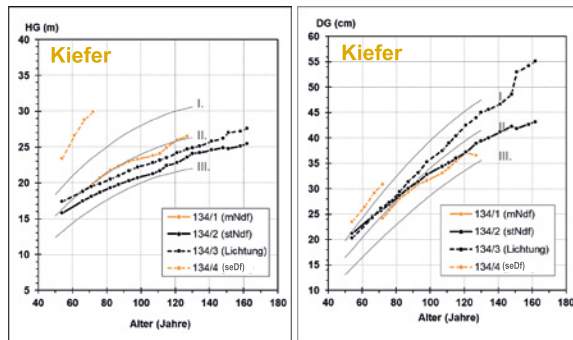




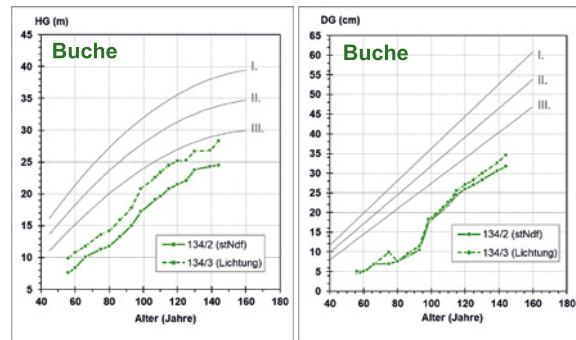
Forstwirtschaft

## Langfristige Waldumbauversuchsfläche EBERSWALDE 134

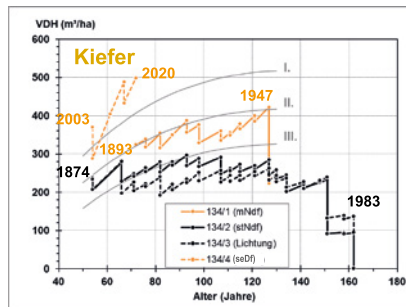
### Ergebnisse



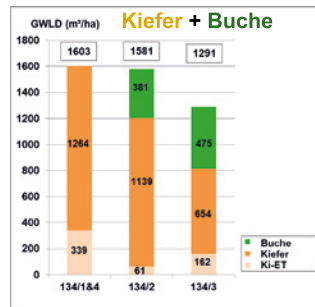
Entwicklung der Grundflächenmittelhöhe (HG) und des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes (DG) des verbleibenden Bestandes der untersuchten Kiefer-Bestände im Vergleich mit der Kiefer-Ertragstafel (LEMCKE et al. 1975), MEN



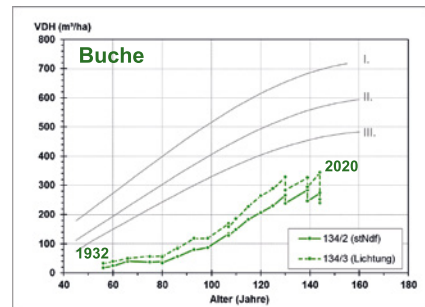
Entwicklung der Grundflächenmittelhöhe (HG) und des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes (DG) des verbleibenden Bestandes der untersuchten Buchen-Unterstände im Vergleich mit der Buchen-Ertragstafel (DITTMAR et al. 1983), Mittlere Stammzahlhaltung (BG=1,0)



Vorratsentwicklung (VDH) der untersuchten Kiefer-Bestände im Vergleich mit der Kiefer-Ertragstafel (LEMCKE et al. 1975), MEN



Schätzungsweiser Vergleich der Gesamt-  
wuchsleistung an Derbholz (GWLD) aller  
Pflegetypen



Vorratsentwicklung (VDH) der untersuchten Buchen-Unterstände im Vergleich mit der Buchen-Ertragstafel (DITTMAR et al. 1983), Mittlere Stammzahlhaltung (BG=1,0)

Tabelle 1: EBERSWALDE 134, verbleibender Bestand - Ertragskennwerte der letzten Aufnahme

Stand: 28.01.2020

| Parzelle | Variante         | Baumart | Alter<br>Jahre | N<br>Stück | HO<br>m | HG<br>m | DO<br>cm | DG<br>cm | ABON | RBON  | G<br>m² | BG   | VD<br>m³ | ZG<br>m² | ZVD<br>m³ |
|----------|------------------|---------|----------------|------------|---------|---------|----------|----------|------|-------|---------|------|----------|----------|-----------|
| 2        | stNdf / mHdf     | Buche   | 144            | 453        | 25,9    | 24,5    | 39,8     | 31,7     | 19,9 | IV.0  | 22,15   | 0,74 | 257      | 0,349    | 4,40      |
| 3        | Lichtung / stHdf | Buche   | 144            | 369        | 29,3    | 28,3    | 40,8     | 34,6     | 23,2 | III.2 | 20,12   | 0,65 | 272      | 0,396    | 8,95      |
| 4        | seDf             | Kiefer  | 72             | 513        | 31,1    | 29,9    | 38,2     | 30,9     | 35,2 | -0,8  | 38,46   | 0,87 | 498      | 0,814    | 13,46     |

### Schlussfolgerungen

- Eine Verbesserung des Oberbodenzustandes in den Varianten mit Buche wurde erreicht (Rohhumus- ➔ Moder-, tw. auch Mull-Form);
- Kahlschlagfreier Waldumbau mittels Übernahme von Buchenunterstand auf mäßig mit Nährstoff und durchschnittlich mit Wasser versorgtem Standort ist möglich;
- Bedingt durch Standort, langfristige Überschirmung und Räumungsschäden des Ki-Oberstandes Einbußen in Qualität und Stammzahl bei der Buche;
- Längere vornutzungslose Phasen müssen bei der Buche in Kauf genommen werden;
- Der Umbau ist besonders in der Lichtung-Pflegetypen mit einem hohen Ertragsverlust gegenüber der Referenzfläche verbunden.



## In der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe sind bisher erschienen

SCHULZ, P.M.: Biographie Walter Pfalzgraf, des ersten Leiters des Zentralforstamtes in der Sowjetischen Besatzungszone von 1945–1948. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 1. ISBN 3-933352-02-9

MILDNER, H.; SCHWARTZ, E.: Waldumbau in der Schorfheide, zum Andenken an Oberlandforstmeister Dr. phil. Erhard Hausendorff. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 2. ISBN 3-933352-06-1

HEINSDORF, D. ET AL.: Forstliche Forschung im Nordostdeutschen Tiefland (1992–1997). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 3. ISBN 3-933352-07-X

HOLLENDER, H. ET AL.: Planung der Waldentwicklung im Land Brandenburg, Vorträge zur Fachtagung am 4. November 1998 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 4. ISBN 3-933352-10-X

KÄTZEL, R. ET AL.: Forstsaatgutprüfung in Eberswalde 1899–1999, Grundlage für eine nachhaltige Forstwirtschaft. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 5. ISBN 3-933352-12-6

HEINSDORF, D.: Das Revier Sauen – Beispiel für erfolgreichen Waldumbau. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 6. ISBN 3-933352-22-3

HÖPPNER, K. ET AL.: Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte der Waldbewirtschaftung im südlichen Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 7. ISBN 3-933352-24-X

KRAUT, H.; MÖCKEL, R.: Forstwirtschaft im Lebensraum des Auerhuhns, ein Leitfaden für die Waldbewirtschaftung in den Einstandsgebieten im Lausitzer Flachland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 8. ISBN 3-933352-23-1

KÄTZEL, R. ET AL.: Die Birke im Nordostdeutschen Tiefland; Eberswalder Forschungsergebnisse zum Baum des Jahres 2000. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 9. ISBN 3-933352-30-4

Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Landeswaldbericht 1997 und 1998, mit einem Sonderkapitel zur Naturalplanung in Brandenburg. (Sonderband) Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 10. ISBN 3-933352-31-2

JOACHIM, H.F.: Die Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 11. ISBN 3-933352-32-0

BRUECK, C.: Zertifizierung von Forstbetrieben. Beiträge zur Tagung vom 5. November 1999 in Fürstenwalde/Spree (Brandenburg). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 12. ISBN 3-933352-34-7

HEINSDORF, D.; BERGMANN, J.H.: Sauen 1994 – ein gelungener Waldumbau ... Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 13. ISBN 3-933352-35-5

Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Landeswaldbericht 1999 mit einem Sonderkapitel „Regionaler Waldbericht für die Zertifizierung der Waldbewirtschaftung in Brandenburg. (Sonderband) Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 14. ISBN 3-933352-37-1

RIEK, W. ET AL.: Funktionen des Waldes und Aufgaben der Forstwirtschaft in Verbindung mit dem Landschaftswasserhaushalt. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 15. ISBN 3-933352-47-9

MÜLLER, J. ET AL.: Privatwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 16. ISBN 3-933352-48-7

AUTORENKOLLEKTIV: Die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 17. ISBN 3-933352-52-5

AUTORENKOLLEKTIV: Zertifizierung nachhaltiger Waldbewirtschaftung in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 18. ISBN 3-933352-53-3

RIEK, W.; STÄHR, F. ET AL.: Eigenschaften typischer Waldböden im Nordostdeutschen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung des Landes Brandenburg – Hinweise für die Waldbewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 19. ISBN 3-933352-56-8

AUTORENKOLLEKTIV: Kommunalwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 20. ISBN 3-933352-57-6

AUTORENKOLLEKTIV: Naturverjüngung der Kiefer – Erfahrungen, Probleme, Perspektiven. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 21. ISBN 3-933352-58-4

MÜLLER, J. ET AL.: Die zweite Bundeswaldinventur (BW12) – Ergebnisse für Brandenburg und Berlin. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 22. ISBN 3-933352-59-2

AUTORENKOLLEKTIV: Zukunftsorientierte Waldwirtschaft: Ökologischer Waldumbau im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 23.

HOFMANN, G.; POMMER, U.: Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin mit Karte im Maßstab 1 : 200 000. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 24. ISBN 3-933352-62-2

AUTORENKOLLEKTIV: Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg.

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 25. ISBN 3-933352-63-0

Wissenstransfer in die Praxis, Tagungsband zum 1. Eberswalder Winterkolloquium am 2. März 2006. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 26. ISBN 3-933352-64-9

Die Schwarz-Pappel, Fachtagung zum Baum des Jahres 2006. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 27. ISBN 3-933352-63-0

Naturschutz in den Wäldern Brandenburgs Beiträge der Naturschutztagung vom 2. November 2006 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 28. ISBN 3-933352-97-8

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum zweiten Winterkolloquium am 1. März 2007 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 29.

AUTORENKOLLEKTIV: Waldwachstumskundliche Grundlagen für eine effektive Waldbewirtschaftung, Zum 100. Geburtstag von Professor Dr. habil. Werner Erteld. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 30.

AUTORENKOLLEKTIV: 100 Jahre Naturschutzgebiet Plagewann. Ein Beispiel für erfolgreiches Zusammenwirken von Forstwirtschaft und Naturschutz. Tagungsband zur Tagungs- und Exkursionsveranstaltung vom 11. – 12. Mai 2007 in Chorin. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 31.

AUTORENKOLLEKTIV: Die Kiefer im Nordostdeutschen Tiefland. Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 32.

Wald, Forstwirtschaft, Förster und Gesellschaft - Wälder schaffen Wachstum und sichern Lebensgrundlagen. Tagungsbericht der gemeinsamen Forstpolitischen Jahrestagung vom 14. Juni 2007 in Paaren/Glien. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 33.

GROSS, J.: Waldfunktionen im Land Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 34.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum dritten Winterkolloquium am 28. Februar 2008 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 35.

Biodiversität-Lebensversicherung des Waldes–Tagungsband zur gemeinsamen Jahrestagung des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz und des Brandenburgischen Forstvereins e. V. am 24.04.2008. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 36.

Hohenlubbichow: Naturgemäße Waldwirtschaft zwischen Verklärung und Realität– Natur- und Landschaftsschutz im Gebiet um Bellinchen/Bielinek und Hohenlubbichow/Lubiechów Górny. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 37.

HEINSDORF, D.; KRAUSS, H.H.: Herleitung von Trockenmassen und Nährstoffspeicherungen in Buchenbeständen. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 38.

HOFMANN, G. ET AL.: Wildökologische Lebensraumbewertung für die Bewirtschaftung des wiederkäuenden Schalen-

wildes im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 39.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum vierten Winterkolloquium am 26. Februar 2009 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 40.

LOCKOW, K.W.: Die Hainbuche im nordostdeutschen Tiefland-Wuchsverhalten und Bewirtschaftungshinweise. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 41.

AUTORENKOLLEKTIV: Risikomanagement im Forstbetrieb. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 42.

AUTORENKOLLEKTIV: Die Douglasie im nordostdeutschen Tiefland. Chancen und Risiken in Klimawandel. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 43.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum fünften Winterkolloquium am 25. Februar 2010 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 44.

AUTORENKOLLEKTIV: Aktuelle Beiträge zur Wildökologie und Jagdwirtschaft in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 45.

AUTORENKOLLEKTIV: Naturnahe Waldwirtschaft-Dauerwald heute? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 46.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum sechsten Winterkolloquium am 24. Februar 2011 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47.

AUTORENKOLLEKTIV: Technik für den Wald–Eine Retrospektive zur Entwicklung der forstlichen Verfahrenstechnik und Mechanisierung in der DDR. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 48.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum siebten Winterkolloquium am 23. Februar 2012 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 49.

Nachhaltige Waldbewirtschaftung – Realität oder visionärer Anspruch? Tagungsband zur gemeinsamen Jahrestagung mit dem Brandenburgischen Forstverein e. V. am 10. Mai 2012 in Rangsdorf. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 50.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum achten Winterkolloquium am 21. Februar 2013 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 51.

HEINSDORF, D.: Zur Entwicklung und waldökologischen Bedeutung von neun Baumarten bei unterschiedlicher Nährstoffversorgung auf trockenen Sandstandorten Ergebnisse einer Langzeitstudie (1968-2012) im Süden Brandenburgs (Forstrevier Preschen). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 52.

Die Eiche – Chancen und Risiken einer Charakterbaumart im nordostdeutschen Tiefland. Tagungsband zur gemeinsamen Vortrags- und Exkursionsveranstaltung mit dem Brandenburgischen Forstverein am 23. Mai 2013 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 53.

HOFMANN, G. ET AL.: Die Waldvegetation Nordostdeutschlands. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 54.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum neunten Winterkolloquium am 27. Februar 2014 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 55.

Biomasseschätzung für Wälder mittels Fernerkundung und Modellierung - Ergebnisse des deutsch-polnischen Verbundprojekts „ForseenPOMERANIA“

Szacowanie biomasy leśnej za pomocą teledetekcji i modelunku - Wyniki projektu zrealizowanego w ramach współpracy polsko-niemieckiej „ForseenPOMERANIA”. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 56.

Wald-Monitoring-Konzeption des Landes Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 57.

Erhaltung und nachhaltige Nutzung forstlicher Genressourcen. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 58.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 10. Winterkolloquium am 19. Februar 2015 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 59.

Waldbodenbericht Brandenburg. Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebungen BZE-2 und BZE-2a (Band 1). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 60.

Maßnahmen zur Abwehr des Kiefern-Wurzelschwammes (*Heterobasidion annosum*) in der Bergbaufolgelandschaft Südbrandenburgs. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 61.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 11. Winterkol-

loquium am 25. Februar 2016 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 62.

30 Jahre forstliches Umweltmonitoring in Brandenburg. Beiträge zur Fachtagung am 6. und 7. Juli 2016 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 63.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 12. Winterkolloquium am 23. Februar 2017 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 64.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 13. Winterkolloquium am 22. Februar 2018 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 65.

Ergebnisse der ersten Landeswaldinventur 2013 im Land Brandenburg im Kontext mit der dritten Bundeswaldinventur 2012 und der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2012-2052. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 66.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 14. Winterkolloquium am 21. Februar 2019 in Eberswalde. Die Auswirkungen des Dürrejahres 2018 auf den Wald in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 67.

Waldbodenbericht Brandenburg. Zustand und Entwicklung der brandenburgischen

Waldböden. Weitere Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebung und Folgerungen für die nachhaltige Waldnutzung (Band 2). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 68.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 16. Winterkolloquium am 20. Februar 2020. Wald im Wandel-Risiken und Lösungsansätze. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69.







**Ministerium für Landwirtschaft,  
Umwelt und Klimaschutz  
des Landes Brandenburg**

Landesbetrieb Forst Brandenburg  
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Alfred-Möller-Straße 1  
16225 Eberswalde  
Telefon: 0 33 34 / 2759-203  
Telefax: 0 33 34 / 2759-206  
E-Mail: [lfe@lfb.brandenburg.de](mailto:lfe@lfb.brandenburg.de)  
Internet: [www.forst.brandenburg.de](http://www.forst.brandenburg.de)

**WALDWIRTSCHAFT  
ABER NATÜRLICH**