



Forstwirtschaft

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 72

Wissenstransfer in die Praxis

Tagungsband zum 17. Eberswalder Waldkolloquium
am 7. Juli 2022



Forstwirtschaft

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 72

Wissenstransfer in die Praxis

Tagungsband zum 17. Eberswalder Waldkolloquium
am 7. Juli 2022



Impressum:

Herausgeber:	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg Landesbetrieb Forst Brandenburg
Redaktion:	Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde Dr. Jan Engel
Gesamtherstellung:	Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH Wetzlarer Straße 54 14482 Potsdam
1. Auflage:	1.000 Exemplare, gedruckt auf PEFC-Papier.
Titelfotos:	J. Engel
Fotos im Text:	Von den Autoren der Beiträge, wenn nicht anders vermerkt.

Eberswalde, im Januar 2023

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

Aus BZT wird BMT: Waldbauliche Empfehlungsgrundlagen für den Wald in Brandenburg <i>Prof. Dr. Jens Schröder, Martin Grüll (†) et al.</i>	5
Der Robinien-Lehrpfad SCHWENOW: Waldbauliche Schlussfolgerungen aus einer aktuellen Wiederholungsaufnahme <i>Dr. Jan Engel</i>	13
Waldbrand und wie weiter? Totholzodynamik auf den Brandflächen bei Treuenbrietzen aus Sicht des Projekts PYROPHOB <i>Danica Clerc, Marina Schirmacher, Prof. Dr. Jens Schröder</i>	26
Waldschutz über den Tellerrand – Praxisbeispiele einer bewährten Symbiose zwischen Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg <i>Christian Müller</i>	33
Klimawandelfolgen aktuell – Gewinner und Verlierer bei den pilzlichen Schaderregern <i>Aline Wenning</i>	40
Einsatz von Multikopterdrohnen im LFB – erste praktische Erfahrungen <i>Dr. Olaf Ruffer, Frank Becker</i>	46
Publikationen des LFE im Jahr 2021	53
Ausgewählte Posterpräsentationen	
Zielorientierter Waldumbau - Versuchsflächen als Kompass für die Forstpraxis Versuchsflächen in der Landeswaldwaldoberförsterei Chorin <i>Dr. Annett Degenhardt</i>	56
Die Auswirkungen von Kahlfraß und PSM-Einsatz auf die Käfergemeinschaft (<i>Coleoptera</i>) in Kiefernwäldern <i>Kerstin Günther et al.</i>	58
CHORIN 112 - Die Eibe (<i>Taxus baccata</i>) in neuem Licht <i>Dr. Stefan Panka</i>	59
Waldböden unter der Lupe: Startschuss zur dritten bundesweiten Bodenzustandserhebung in Brandenburg <i>Prof. Dr. Winfried Riek et al.</i>	60
Bisher erschienene Bände der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe	62

Aus BZT wird BMT – waldbauliche Empfehlungsgrundlagen für den Wald in Brandenburg

Jens Schröder, Martin Grüll (†), Annett Degenhardt, Falk Stähr, Ulf Pommer, Alexander Konopatzky

1 Einführung

Die langfristige waldbauliche Planung in Brandenburg hat sich seit gut 25 Jahren an den Bestandeszieltypen (BZT) orientiert (MLUR 2004). Mit einem Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg vom Juni 2022 wurde nun die schrittweise Ablösung der BZT durch ein System auf Basis von Baumartenmischungsstabellen (BMT) eingeleitet (MLUK 2022). Die von den BMT gegebenen standortbezogenen Empfehlungen zur Baumartenwahl sind richtungsweisend für alle Waldeigentumsformen in Brandenburg. Sie haben deshalb Relevanz für ein sehr breites Spektrum von Interessentinnen und Interessenten, vom kommunalen und privaten Waldbesitz über Beraterinnen und Berater bis hin zur Landesforstverwaltung. Im Folgenden werden die konzeptionellen Grundlagen und die wesentlichen Abläufe bei der Erarbeitung der BMT dargestellt, um ihr Verständnis und ihre richtige Anwendung zu fördern.

2 Hintergrund

Die Überarbeitung des Bestandeszieltypen-Erlasses von 2006 (MLUV 2006) ist von den zuständigen Stellen in der Brandenburger Landesregierung bereits vor einigen Jahren angeregt worden. Mit der Umsetzung wurde das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) und hier der Fachbereich „Walddressourcenmanagement“ federführend beauftragt. Drei Gruppen von Ursachen beziehungsweise Prozessen haben die Weiterentwicklung des BZT-Systems erforderlich gemacht:

- Die Standortbedingungen für die Waldökosysteme befinden sich seit Jahrzehnten in einem fortschreitenden Wandel, der mit wachsender Unsicherheit und zunehmenden Risiken für die Baumarten verbunden ist. Zahlreiche Analysen der Veränderungen in der Vergangenheit und der in Szenarien abgebildeten klimatischen Zukunft belegen, dass das nordostdeutsche Tiefland besonders stark betroffen ist (BOLTE et al. 2021).
- Die gesellschaftlichen Diskussionen um Zustand und Leistungen der Waldökosysteme haben in den letzten Jahren an Intensität zugenommen. Gerade vor dem Hintergrund der Schadentwicklung in der jüngsten Vergangenheit wird gefordert, den Waldumbau zu beschleunigen und möglichst naturnahe, gemischte Wälder zu entwickeln.
- Waldumbau, veränderte waldbauliche Technologien und die immer wichtigere Rolle von Naturverjüngung haben zu struktureicheren Wäldern mit höheren Mischungsanteilen geführt (MLUL 2015).

Vor diesem Hintergrund ist eine der Grundlagen für zukunftsfähige Wälder ihre höhere Anpassungsfähigkeit als Ökosysteme an den Klima- beziehungsweise Standortwandel. Aus der Perspektive der Waldbewirtschaftung müssen entsprechend auch die Strategien angepasst werden. In diesem Prozess werden möglichst große Vielfalt und Risikostreuung noch mehr als heute do-

minierende Parameter sein. Die höhere Unsicherheit und die breitere Streuung möglicher Ausgangssituationen erfordern ein „adaptives Waldmanagement“ (BOLTE et al. 2009) mit einem hohen Maß an waldbaulicher Flexibilität.

Die Gestaltung der Initialphase im Rahmen der forstlichen Bewirtschaftung schafft für den Waldbau der folgenden Jahrzehnte maßgebliche Rahmenbedingungen. So bestimmt die Baumartenzusammensetzung der natürlich oder künstlich entstandenen Verjüngung auch darüber, welche Vielfalt und welche Anpassungsfähigkeit für das weitere Bestandesleben zur Verfügung steht. In die Neufassung der Handlungsoptionen für diese Phase gingen deshalb neben den aktuellen Erkenntnissen zu den regionalen Standorten und ihrer Veränderungsdynamik auch walddpolitische Vorgaben ein. Sie sollen dazu führen, dass mit Hilfe entsprechender Förderinstrumente rechtzeitig die Weichen in Richtung resilienter, gemischter und struktureicher Waldökosysteme gestellt werden. Die in den letzten Jahren in Brandenburg erarbeiteten Empfehlungen zur standortgerechten, klimawandeladaptiven Baumartenwahl sind somit ein wichtiger Teil des waldbaulichen „Werkzeugkastens“, der diesen Weg ermöglichen soll.

3 Untersuchungsansätze, Methoden und Material

Im Rahmen einer aktuellen Analyse des LFE zum Waldumbau in Brandenburg (STÄHR et al. 2021) wurden in der stichprobenhaft aufgenommenen Verjüngungsschicht im Gesamtwald des Landes insgesamt 50 verschiedene Baumarten gefunden. Diese Zahl entspricht der Artenzahl, die in die Untersuchungen zur Erarbeitung der BMT einbezogen wurde. Dabei wurden auch Arten berücksichtigt, die momentan nur in sehr geringen Anteilen vorkommen, als „Alternativbaumarten“ perspektivisch aber eine größere waldbauliche Rolle spielen könnten, gerade im Zuge der Anpassung an wärmere und trockenere Standortverhältnisse.

Die Weiterentwicklung der BZT folgte von Beginn an dem Leitmotiv, Entscheidungshilfen zur Baumartenwahl für multifunktionale, klimawandeltolerante Wälder der Zukunft zu schaffen. Die Basis dafür ist eine möglichst objektive, merkmalsorientierte und auf die maßgeblichen Standortfaktoren bezogene Einschätzung der Anbaueignung für die walddökologisch und forstwirtschaftlich wichtigsten Baumarten im nordostdeutschen Tiefland. Die entscheidenden Kriterien für die entsprechenden Empfehlungen sind dementsprechend

- Standortgerechtigkeit,
- Naturnähe und
- Klimawandeltoleranz.

Ein weiterer Grundsatz bestand darin, dass die Informationen zur Baumarteneignung sich auf räumliche Grundeinheiten zu beziehen haben, die mit denen im nordostdeutschen Standorterkundungsverfahren SEA95 identisch sind. Die waldbaulich relevanten Standorteigenschaften ergeben sich als Kombination von Klima-feuchtestufe, Nährkraftstufe und Boden-Wasserhaushaltsstufe (SCHULZE UND KOPP 2005).

3.1 Bewertung der Standortgerechtigkeit

– Klimafeuchtestufen –

Die Verbindung zwischen Standortseigenschaften und waldbaulicher Empfehlung bestand schon für die BZT. Je nach Klimafeuchtestufe, Nährkraftstufe und Wasserhaushaltsstufe konnten dort verschiedene Vorschläge je nach Bewirtschaftungsziel und Rahmenbedingungen abgeleitet werden. Allerdings basierte die regionale klimatische Untergliederung in Brandenburg noch auf Daten aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Im Zuge der Aktualisierung wurden deshalb im ersten Schritt die klimatischen Veränderungen über die vergangenen Jahrzehnte in die Standortbewertung integriert.

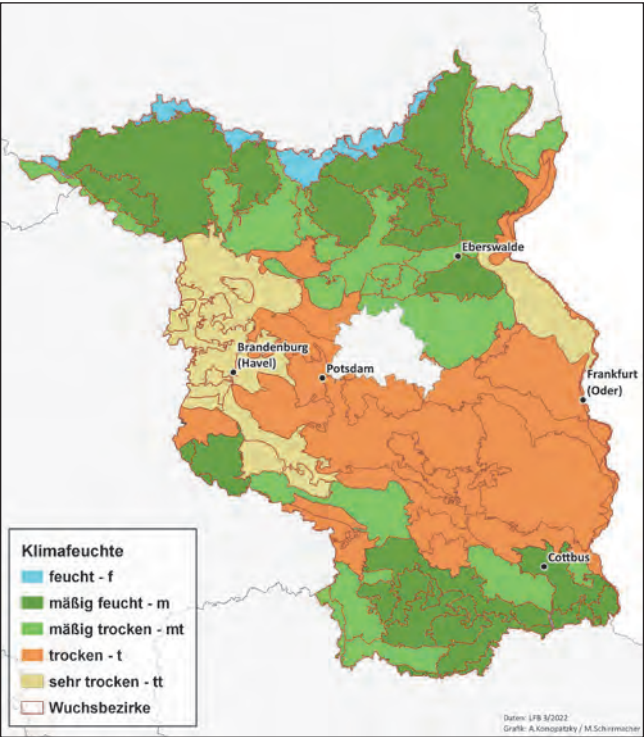


Abbildung 1: Überarbeitete räumliche Zuordnung der Klimafeuchtestufen nach Konopatzky (2020)

Als Datengrundlage der Neubewertung dienten die im Rahmen des Verbundprojekts „DSS-RiskMan“ an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt regionalisierten Tagesraster der Stationswerte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) von 1961-2016 in 1x1-km-Auflösung (NW-FVA 2017, KONOPATZKY 2020). Ausschlaggebend für die Klassifizierung war die klimatische Wasserbilanz mit den Parametern Niederschlag und potenzielle Evapotranspiration in der Zeit vom 01.05. bis zum 30.09. Als am besten geeigneter Referenzzeitraum stellte sich nach vergleichenden Betrachtungen aller in Frage kommenden 30-Jahres-Perioden das Intervall 1961-1990 heraus. Für diese Wahl war entscheidend, dass die neuen

Werte keine zu großen Brüche bzw. Sprünge und möglichst vergleichbare Vegetationszeitdaten im Vergleich zur bisherigen SEA95-Referenzperiode aufweisen (KONOPATZKY 2020).

Im Zuge der Überarbeitung ergaben sich neben den drei üblichen Kategorien mit „mäßig trocken“ und „sehr trocken“ zwei neue Stufen, vor allem als Folge der steigenden Bedeutung trockener Standortbedingungen und der Notwendigkeit, diese stärker zu untergliedern (Tabelle 1). Die Zuordnung der neuen Stufen erfolgte in Abstimmung mit den bisher verwendeten Klimafeuchtestufen und orientierte sich an der Verteilung der regionalisierten Rasterdaten. Die Bezugsebene ist nun der Wuchsbezirk, woraus eine feinere räumliche Differenzierung, zum Teil aber auch Abweichungen zu den „alten“ Verhältnissen resultieren (Abbildung 1).

Tabelle 1: Neue Klimafeuchtestufen für Brandenburg nach Konopatzky (2020)

Kürzel	Klimafeuchtestufe
f	feucht
m	mäßig feucht
mt	mäßig trocken
t	trocken
tt	sehr trocken

– Baumarteneignungsbewertung –

Auf den Waldflächen von Brandenburg kommen nach dem aktuellen Standortbewertungsverfahren bei Einbeziehung der fünf neuen Klimafeuchtestufen 348 verschiedene Stamm-Standortsformengruppen vor. Entsprechend dem von GRÜLL (2020) vorgeschlagenen Verfahren wurde diese standörtliche Vielfalt auf Basis ähnlicher ökologischer Eigenschaften in kleine Gruppen („Cluster“) zusammengefasst. Daraus ergaben sich 38 hydromorphe bzw. azonale sowie 59 terrestrische (zonale) Standorts-Cluster¹. Die cluster-spezifische Wasserverfügbarkeit bildet sich als „Gesamtfeuchte“ aus der Kombination von (neuer) Klima- und Wasserhaushaltsstufe.

Auf Ebene der Cluster wurde eine abgestufte Einschätzung der standörtlichen Eignung aller 50 berücksichtigten Baumarten vorgenommen. Dabei ging es darum, die „relative Passfähigkeit“ zwischen den Standortverhältnissen und den wesentlichen Eigenschaften bzw. Ansprüchen der Baumarten zu prüfen und einzustufen. Wie im Ansatz nach ALDINGER und MICHIELS (1997) sowie ALBRECHT et al. (2019) bezog die Eignungsbewertung vier Kriterien in gleicher Wertigkeit ein, die mit den wesentlichen Indikatoren in Tabelle 2 zusammengestellt sind.

¹ Das Cluster „TM2“ (terrestrisch, mit durchschnittlicher Nährkraft, mittelfrisch) umfasst zum Beispiel die SEA95-Standortsformengruppen (STG) M2, M2g und M2v in der Klimastufe f, in der Klimastufe m die STG M2 und M2g und in den Klimastufen mt, t und tt (siehe Tabelle 1) nur noch die grundwasserbegünstigte STG M2g.

Tabelle 2: Kriterien und Indikatoren zur Prüfung der standortbezogenen Baumarteneignung nach ALDINGER und MICHIELS (1997) bzw. GRÜLL (2020)

Indikatoren	Kriterien			
	Konkurrenzkraft	Bodenpfleglichkeit	Risikostabilität	Leistung
	– Stärke und Durchsetzungs-Fähigkeit der Naturverjüng – Entwicklung der des Baumart-Anteils an der Waldgesellschaft mit dem Alter	– Streuzersetzung – Wurzelenergie – Einfluss der Baumart auf chemische und physikalische Boden-Eigenschaften	– abiotische und biotische Risiken für die Baumart (individuell und im (Misch-) Bestand)	– Biomasse-Produktivität (Massen- und Wertleistung) im relativen Vergleich mit dem ökolog. Optimum

Je Kriterium erfolgte die standortspezifische Einstufung der Baumarten in die relativen Kategorien „überdurchschnittlich“, „durchschnittlich“ oder „unterdurchschnittlich“. Aus diesen Teilbewertungen ergab sich durch regelbasierte Zusammenführung ein „Gesamturteil 1“, das entsprechend dem allgemeinen Vorgehen (siehe oben) das erste Kriterium der **Standortgerechtigkeit** abbildet. Es kann die Stufen „4 = geeignet“, „3 = möglich“, „2 = wenig geeignet“, oder „1 = ungeeignet“ annehmen. Als geeignet wird eine Baumart nur dann angesehen, wenn mindestens zwei Kriterien nach Tabelle 2 überdurchschnittlich und keines unterdurchschnittlich zu bewerten ist. Fallen mindestens drei Bewertungen unterdurchschnittlich aus, so gilt die Baumart auf dem betrachteten Standort als ungeeignet (GRÜLL 2020). Die Ziffer 0 wurde vergeben, wenn aus Mangel an regionalen Erfahrungen und bei ungenügender Absicherung durch Fachliteratur keine Einstufung möglich erschien.

3.2 Bewertung der Naturnähe

Für das nordostdeutsche Tiefland liegen umfangreiche wissenschaftliche Grundlagen dazu vor, welche Baumarten einzeln bzw. in Mischung auf bestimmten Standorten die natürliche Waldgesellschaft bilden würden, wenn menschliche Einflüsse auf die Waldentwicklung ausgeschaltet wären (Hofmann und Pommer 2005, 2013). Im Zusammenspiel von Standorteigenschaften und biotischen Interaktionen bilden sich dabei fast immer Mischbestände mit spezifischen Baumartanteilen. Um die mit dem Gesamturteil (GU) 1 definierte Bewertungsstufe darauf prüfen zu können, wie gut sie mit der natürlichen Rolle der Baumart auf der jeweiligen Standorteinheit korrespondiert, war es nötig, dem GU 1 entsprechende Mischungsanteile festzulegen. Diese liegen für das GU 1 „1“ bei bis zu 10 %, für „2“ bei bis zu 30 %, für „3“ bei bis zu 50 % und für „4“ bei über 50 %.

Die Einstufung der Naturnähe als zweitem Kriterium der Baumartempfehlungen berücksichtigte die oben genannten Publikationen, die Biotopkartieranleitung des Landesumweltamtes (LUA 2007) sowie Erkenntnisse aus dem Naturwaldprogramm des Landesbetriebes Forst Brandenburg und der am LFE geführten Vegetations-Datenbank. Federführend bei diesem Arbeitsschritt war der Arbeitsbereich Waldökologie des LFE (U. Pommer). Überall dort, wo auf gesicherte Erkenntnisse aus diesen Quellen zurückgegriffen werden konnte, erfolgte ein Abgleich der Baumarten-Mischungsanteile („MA“) in der natürlichen Waldgesellschaft („MA-PNV“) mit den Mischungsanteilen gemäß GU 1. Dieser Schritt führte dazu, dass das GU 1 zum „GU 1m“ modifiziert wurde: War der MA-PNV kleiner als das GU 1, dann ergab sich das GU 1m aus MA-PNV+1. Andernfalls wurde GU 1m gleich dem MA-PNV gesetzt. Wenn sich keine belastbaren Einschätzungen zum Anteil der Art in der natürlichen Waldgesellschaft treffen ließen, dann wurde der Wert des GU 1 für das GU 1m weiterverwendet. In Fällen mit GU 1 = 1 (nicht geeignet) wurde die Baumart in den Empfehlungen nicht berücksichtigt. Ein letzter Schritt bei der Modifizierung des GU 1 bestand in der Prüfung und ggf. Bereinigung unplausibler Übergänge bzw. Brüche an den Grenzen zwischen benachbarten Standorteinheiten.

Heimische Straucharten spielen insbesondere bei der Waldrandentwicklung eine wichtige Rolle. Sie bieten vielfältige Lebensräume, fördern eine hohe Biodiversität, schützen und erhalten das Waldinnenklima. Sie dienen weiterhin als Schutz vor Erosion, Verhagerung, Stürmen und vor der Ausbreitung von Waldbränden². Zur Förderung ihrer Anlage und Entwicklung wurden 22 Arten in die standörtliche und vegetationskundliche Einschätzung integriert und in die entsprechenden Tabellen aufgenommen.

² „Waldränder – artenreiche Lebensräume“, Faltblatt des MLUK (Hrsg.) 2020, <https://forst.brandenburg.de/lfb/de/service/publikationen/detail/~01-04-2020-waldraender-faltblatt>

men. Die wesentlichen Abstimmungen zu den Standortansprüchen erfolgten zwischen den Arbeitsbereichen Standorterkundung und Waldbau des LFB (A. Konopatzky, B. Dalitz und F. Stähr).

3.3 Klimawandeltoleranz

Die Klimaszenarien und ihre regionale Untersezung für den nordostdeutschen Raum gehen in aller Regel von einer Erhöhung der Durchschnittstemperaturen bei ungefähr gleichbleibenden Niederschlägen aus (siehe z. B. JACOB et al. 2020). Dieser Trend wird auch retrospektiv deutlich, wenn man die Durchschnittswerte bzw. Summen von Temperatur und Niederschlag z. B. während der Vegetationsperiode für eine Auswahl an Klimastationen des DWD seit Beginn der 1950er Jahre darstellt (Abbildung 2):

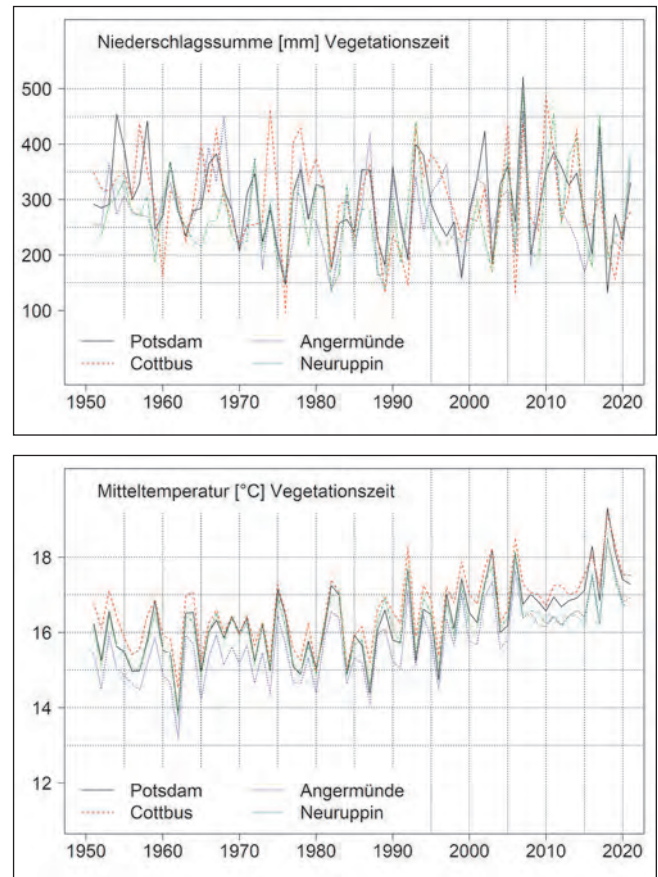


Abbildung 2: Verlauf von Niederschlagssumme und Mitteltemperatur in der Vegetationszeit (Mai-September) für vier ausgewählte DWD-Klimastationen von 1951 bis 2021 auf der Basis von DWD-Daten

Die Trends nach Abbildung 2 laufen in den Szenarien auch für die Zukunft weiter auseinander. Die mit den steigenden Temperaturen bei unveränderten Niederschlägen zunehmende potenzielle Evapotranspiration führt zu immer negativeren Werten für die klimatische Wasserbilanz und damit zu wachsendem Trockenstress (RIEK et al. 2020). In den klimatischen Extrembereichen kann das dazu führen, dass für viele unserer aktuellen Waldbaumarten die Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit erreicht werden. Standortsbezogene Eignungsempfehlungen wie die BMT müssen diese gerichteten Veränderungen berücksichtigen.

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen (und um die Anschlussfähigkeit an das System der Standortbewertung in Brandenburg zu sichern) konnte nur ein einfacher Ansatz zur Abschätzung der Verhältnisse in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts in das BMT-Schema integriert werden. Dieser bestand darin, entsprechend den Empfehlungen von GRÜLL (2020) auf Basis von GERSTENGARBE et al. (2003) die „Ziel-Standortsformengruppe“ aus

dem um eine Gesamtfeuchtestufe trockeneren Standortcluster (siehe 3.1) abzugreifen. Eine wichtige Grundlage für die mit dieser Zuordnung verbundenen Arbeitsschritte war eine von A. Degenhardt entwickelte Datenbank, die die effiziente Handhabung der über 14.000 möglichen Kombinationen aus Cluster bzw. Standortformengruppe und Baumart erlaubte.

Das Verfahren und seine Ergebnisse sollen an einem einfachen Beispiel demonstriert werden: Die Baumart Rot-Buche weist nach den Einschätzungen zur Standortgerechtigkeit und Naturnähe in der Klimafeuchtestufe „mäßig feucht“ (m) in der Nährkraft-Bodenfeuchte-Kombination M2 das höchstmögliche modifizierte Gesamturteil 1 auf („geeignet“). Das übergeordnete Cluster TM2 wird im Zuge der klimawandelbedingten Verschiebung zum eine Stufe trockeneren Cluster TM3. In der daraus abgegriffenen Standortformengruppe mM3 wird die Rot-Buche nur noch als „möglich“ (der dritte von vier möglichen Eignungsgraden) eingestuft.

Die auf diese Weise abgeleitete Wertung wird als **Gesamturteil 2** mit Berücksichtigung einer moderaten klimatischen Verschiebung (**Klimawandeltoleranz**) bezeichnet. Um die Orientierung an den momentan gegebenen Standortinformationen auch weiterhin zu gewährleisten, sind in den Tabellen die aktuellen Standortformengruppen als Zuordnungseinheit enthalten. Wie oben dargestellt, enthalten die entsprechenden Felder jedoch nicht die Gesamturteile für exakt diese Kombination von Standortfaktoren, sondern die für einen um eine Gesamtfeuchtestufe trockeneren Standort. Für Rot-Buche auf mM2 steht demnach als Ergebnis der Gesamtbeurteilungen keine 4, sondern eine 3. Die Zahlenwerte wurden in einem nächsten Schritt zu Gruppen mit ähnlicher waldbaulicher Relevanz zusammengefasst (siehe 3.4) und tauchen deshalb in den veröffentlichten Ergebnistabellen nicht mehr auf.

3.4 Praxisevaluierung

Nachdem die konzeptionelle Arbeit abgeschlossen und die BMT in einer Entwurfsfassung vollständig hergeleitet waren, wurden sie einer Evaluierungsphase durch eine Gruppe von Vertreterinnen und Vertretern der forstlichen Praxis unterzogen. Zu dieser Gruppe gehörten zum einen jeweils drei Revierförster aus den Abteilungen „Landeswald“ und „Forsthoheit“ des LFB, zum anderen waren die zentrale Bewilligungsstelle, der Fachbereich „Forstliche Gemeinwohllösungen und das zuständige Referat 35 des MLUK vertreten. Auch einige Leiter von Landeswald-Oberförstereien beteiligten sich mit gründlicher Durchsicht und kritischen Anregungen am Prozess, der aus einem Vorlauf in Form individueller Auseinandersetzung mit dem Entwurf und einem Tages-Workshop am LFE bestand.

Ein Schwerpunkt der Evaluierung war es, die wissenschaftlich hergeleiteten Ergebnisse in Form der Gesamturteile 2 auf Plausibilität und Übereinstimmung mit regionalen Erfahrungen zu prüfen. Außerdem sollte eingeschätzt werden, wie eine Reihe von forstpolitischen Vorgaben für die Nutzung der BMT als Instrument der forstlichen Förderung am besten umgesetzt und in die Empfehlungen integriert werden kann. Dazu gehören die folgenden strategischen Orientierungen:

- Bei der Waldverjüngung bzw. der Bestandesbegründung sind mindestens drei verschiedene Baumarten je Fläche zu etablieren. Dadurch sollen baumartbezogene Risiken breiter gestreut und die Gefahr völligen Waldverlusts minimiert werden.
- Die Baumartenwahl soll sich vorrangig am heimischen Baumartenspektrum orientieren. Nichtheimische Baumarten können zur Risikostreuung beteiligt werden.

- Zur weiteren Steigerung des Laubbaumanteils in den Brandenburgischen Wäldern sind diese Arten bei gleicher Eignung besonders zu fördern.

Die Veröffentlichung der Baumartenmischungstabellen wurde durch das MLUK in Form eines Erlasses flankiert, der die verbindliche Anwendung des BMT-Systems in den verschiedenen Waldeigentumsformen und forstlichen Handlungsfeldern regelt. Dies soll dazu beitragen, die genannten Prinzipien bei der Bewirtschaftung des Landeswaldes und den Beratungsaktivitäten in den übrigen Waldeigentumsformen noch stärker durchzusetzen.

Aus den Diskussionen während des Workshops und anderen Rückmeldungen ergaben sich verschiedene wichtige Anregungen, die BMT von einzelnen Widersprüchen zu bereinigen und in Teilgebieten die Entwürfe genauer zu prüfen. Im Detail ging es dabei zum Beispiel um eine im Vergleich zu den BZT größere Bedeutung von Pionierbaumarten als Reaktion auf zunehmende Risiken für eine „normale“ langfristige Waldentwicklung. Außerdem gab es zusätzliche Hinweise auf positive Erfahrungen mit bisher kaum berücksichtigten Arten wie der Eibe und dem Wildobst sowie auf das enorme Anpassungsvermögen der Rot-Buche auch an trockenere Wuchsbedingungen. Die Integration dieser Hinweise und die nochmalige Anpassung bzw. Überprüfung des BMT-Systems erfolgte unter der Leitung des Fachteams Waldbau am LFE (F. Stähr).

3.5 Kategorisierung nach Gesamtbewertung der Arten

Die Ergebnisse der mehrstufigen Gesamtbewertung wurden als Ergebnis der Praxisevaluierung und der anschließenden Diskussionen, an denen sich neben Spezialisten des LFE auch Vertreterinnen und Vertreter anderer Abteilungen des LFB beteiligten, für waldbauliche Zwecke weiter zusammengefasst. Dies führte zur Abgrenzung von nur noch drei Gruppen: Die GU-2-Stufen 3 und 4 bilden eine Gruppe mit Anteilen bis jeweils 50 % („**Mischbaumarten**“), die Stufen 1 und 2 werden zusammengeführt zu einer zweiten Gruppe mit Anteilen bis jeweils 30 % („**Begleitbaumarten**“), und die auf dem spezifischen Standort nicht geeigneten Arten bleiben ohne Mischungsanteil (Tabelle 3).

Aus förderpolitischer Motivation erfolgte die Ausweisung einer weiteren Gruppe von Arten, die zwar nach den Eignungsbewertungen den BBA oder sogar den MBA entsprechen, wegen ihres Status als Arten nichtheimischer Herkunft zum Teil jedoch nicht finanziell zu fördern sind. Während einige nichtheimische Laubbaumarten als förderfähige BBA betrachtet werden, sind die nichtheimischen Nadelbaumarten wegen ihrer im Vergleich geringeren walddökologischen Vorteile von der Förderung ausgeschlossen. Sie können jedoch ohne Beeinträchtigung der Förderfähigkeit auf der übrigen Fläche mit bis zu 20 % Flächenanteil als Naturverjüngung, Saat oder Pflanzung in die Walderneuerung eingeschlossen werden.

Tabelle 3: Kategorien der Baumartenempfehlung in den BMT (MLUK 2022)

Kategorie	Mischungsanteile
Mischbaumart (MBA)	bis zu 50 %
Begleitbaumart (BBA)	bis zu 30 %
BBA ohne Förderung	bis zu 20 %
Nicht geeignet	0 %

Die Mischungsanteile in der Tabelle 3 sind für MBA und BBA als Maximalwerte zu verstehen. Nach unten kann davon praktisch unbegrenzt abgewichen werden, zum Beispiel um auf geeigneten

Standorten und bei Verfügbarkeit des Vermehrungsguts baumartenreichere Mischungen zu etablieren. Nicht geeignete Baumarten (Mischungsanteil = 0 %) sind für den betreffenden Standort in den BMT nicht enthalten.

4 Die Baumartenmischungstabellen

4.1 Förderfähigkeit der Arten

Der Bewertungsprozess erfasste wie oben dargestellt insgesamt 50 Baumarten, von den klassischen forstlichen Hauptbaumarten bis zu perspektivisch bedeutsamen, derzeit aber noch nicht flächenrelevanten Alternativbaumarten. Sie sind im Folgenden gruppiert nach

- 30 heimischen Arten, die in Brandenburg ihr natürliches Verbreitungsgebiet haben, und
- 20 nichtheimischen Arten, die sich in Brandenburg außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes befinden. Die nichtheimischen Baumarten unterteilen sich in
 - 6 eingebürgerte Arten (die sich in freier Natur und ohne menschliche Hilfe über mehrere Generationen als Population erhalten bzw. erhalten haben),
 - 12 nicht eingebürgerte Arten (kultivierte Gehölze, die [bisher] nicht oder nur unbeständig spontan vorkommen) sowie
 - 2 lokale heimische Vorkommen, für die vegetationskundlich noch nicht feststeht, ob es sich bei den betreffenden Arten um natürliche Vorkommen handelt.

Die Einteilung der Gruppen und die Zuordnung der Arten folgen der Anleitung zur Biotopkartierung in Brandenburg (LUA 2007). Je nach Gruppenzugehörigkeit werden die Baumarten förder-technisch unterschiedlich begünstigt: Während heimische Arten sowie einige nichtheimische Laubbaumarten als Begleitbaumarten (siehe 3.5) mit einem Mischungsanteil bis 30 % noch vollständig förderfähig sind, gilt für nichtheimische Nadelbaumarten dieser Eignungskategorie eine Höchstanteilsgrenze von 20 %, wobei keine Förderung der betreffenden Arten möglich ist (s. o.).

Auch wenn auf einigen Standorten Arten wie die Edel-Kastanie oder die Rot-Eiche nach ihrem GU 2 als Mischbaumart qualifiziert sind, gilt für diese Fälle ebenfalls die Beschränkung auf einen Höchstanteil von jeweils 30 %. Diese Setzungen folgen dem forstpolitischen Oberziel, zukunftsfähige Waldökosysteme vorrangig mit standortheimischen Baumarten zu entwickeln bzw. zu gestalten (MLUR 2004). In Naturschutzgebieten, Wasserschutzgebieten (Zonen 2 und 3), Fauna-Flora-Habitat-Gebieten, Mooreinzugsgebieten, Lebensraumtypen und gesetzlich geschützten Habitaten werden grundsätzlich nur heimische Baumarten gefördert.

Eine kleine Gruppe von Baumarten, die zur Zeit in Brandenburg vorkommen, ist prinzipiell nicht förderfähig und wird auch nicht als Teil aktiver Waldverjüngung akzeptiert, da sie entweder mit hohen forstsanitären Risiken belastet sind oder den Zielen naturnaher Waldentwicklung entgegenstehen. Dazu gehören die Gemeine Fichte (außer in Wuchsbezirken mit Vorkommen der „Lautitzer Tieflandsfichte“, wo sie als Teil der Verjüngung toleriert wird), die Weymouthskiefer, die Japanische Lärche und die Spätblühende Trauben-Kirsche. Diese Arten sind folglich auch nicht in den BMT enthalten.

Die für mögliche Förderungen maßgebliche Bestimmung, als Waldumbau oder bei Wiederbewaldung mindestens drei Baumarten in der Verjüngung zu etablieren, wurde im Zuge der Praxiseva-

luierung dahingehend untersetzt, dass bei Saat auch nur eine oder zwei Baumarten für die Bewilligung genügen. Grundsätzlich sind die Verjüngungsverfahren Naturverjüngung, Saat und Pflanzung miteinander kombinierbar, sowohl in Bezug auf die Verteilung auf der Fläche als auch auf die Abfolge im Zeitablauf.

4.2 Aufbau des Tabellensystems

Die BMT bestehen in der entsprechenden Veröffentlichung (gedruckt sowie in digitaler Form³) aus einem einleitenden Textteil, den nach Klimafeuchtestufen differenzierten Tabellen und einer Reihe von Anlagen zum besseren Verständnis. Der Textteil enthält grundsätzliche konzeptionelle Erläuterungen und Details zu Förderbestimmungen. In der Anlage finden sich zum Beispiel einer Liste der Baum- und Straucharten, Erklärungen der verwendeten Abkürzungen, eine Übersicht der Stamm-Standortsformengruppen und eine Karte der Wuchsbezirke mit den zugeordneten Klimafeuchtestufen.

Der Tabellenteil besteht aus fünf identisch aufgebauten Tabellen für die fünf neuen Klimafeuchtestufen von „feucht“ bis „sehr trocken“. Zur Orientierung zeigt eine eigene Karte die räumliche Verteilung der jeweiligen Klimafeuchtestufe in Brandenburg (Abbildung 3). Ihren allgemeinen Aufbau stellt Tabelle 4 dar: Die erste Spalte enthält die Klimafeuchtestufe (mit „T“ für „Tieflandsklima“), die zweite die Standortsgruppe als Kombination von Nährkraft-Wasserhaushaltsstufe. In den folgenden Spalten sind die standörtlich in Frage kommenden Misch- und Begleitbaumarten sowie die BBA ohne Förderung enthalten. In der Zeile „TM-M1“ von Tabelle 4 sind dies die Europäische Lärche, die Grüne Douglasie, die Küsten- und die Nordmanns-Tanne, der Riesen-Lebensbaum und die Schwarzkiefer.

Die sechste Spalte führt die für die Waldrandgestaltung standörtlich geeigneten Baum- und Straucharten auf (siehe 3.2). Hier sind häufig Kurzzeichen zugeordnet, die auf besondere Ansprüche der betreffenden Arten hinweisen: So bedeutet bspw. „mc“, dass für diese Art eine Kompensationskalkung für den Anwuchserfolg förderlich wäre. Die Baum- und Straucharten in den Spalten 3 bis 6 sind alphabetisch und nicht nach Wichtigkeit bzw. Priorität geordnet. Es lassen sich also keine Hierarchien oder Priorisierungen innerhalb der Gruppen ableiten, vielmehr sind bei der Kombination der Arten die örtlichen Erfahrungen und das waldbauliche Wissen im konkreten Fall ausschlaggebend.

Eine gesonderte Tabelle deckt die „Azonalen Standorte“ ab. Darunter fallen Standorteinheiten, die weniger durch die klimatisch-atmosphärische Feuchte geprägt sind, sondern durch den starken Einfluss bodennaher Wasserschichten. Im Einzelnen handelt es sich um mineralische und organische Nass-Standorte sowie häufig oder ständig überflutete Standorte. Sie treten mehr oder weniger in allen fünf Klimafeuchtestufen auf und sind deshalb in einer eigenen Tabelle klimaunabhängig zusammengefasst. Ihr Aufbau ist identisch mit dem der anderen fünf Tabellen.

³ <https://forst.brandenburg.de/lfb/de/service/publikationen/detail/~18-07-2022-empfehlungen-zur-mischung-von-baum-und-straucharten-im-wald-baumartenmischungstabelle>

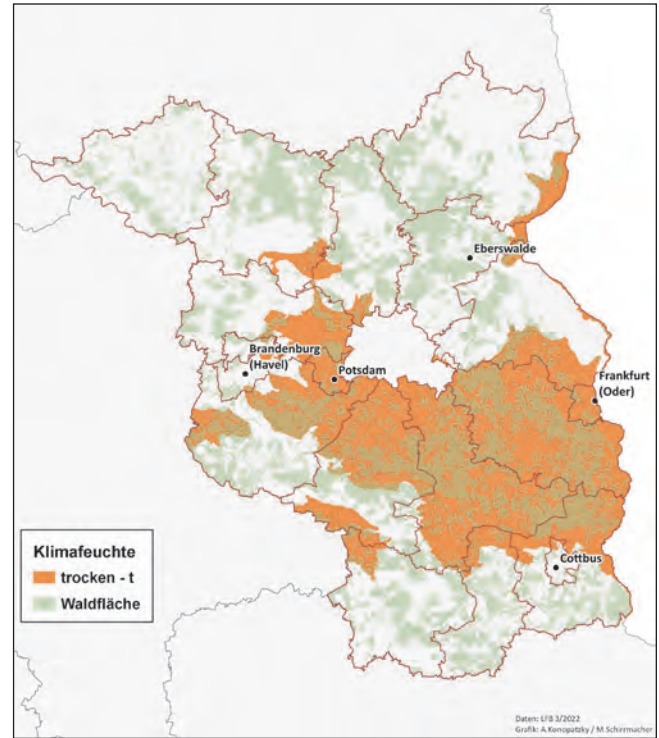


Abbildung 3: Verteilung der Klimafeuchtestufen „mäßig feucht“ (links) und „trocken“ in Brandenburg

Tabelle 4: Baumartenmischungstabelle für die Klimafeuchtestufe „mäßig feucht“ (Ausschnitt; MLUK 2022).

KS Klima- feuchte- stufe	STG Stand- orts- gruppe	Misch- Baumarten (MBA, bis 50 %)	Begleit- Baumarten (BBA, bis 30 %)	Begleit- Baumarten* (BBA (oF), bis 20 %) *möglich, aber ohne Förderung	Baum- und Straucharten für den Waldrand
Tm	Z3	GBI, GKI, SEI, TEI	AS, EB, RBU, REI, RO		AB (mc), AS mc, BB (mc), BG cv, CRO ec, EB mc, EWD mc, GBE mc, GBI, GWA v, HBU (ec), HRS ec, SEI, TEI, WLI mc, ZWD mc
Tm	M1	AS, EL, FAH, GKI, HBU, RBU, SEI, SLI, TEI, VKB	AB, BAH, BB, BHA, BRU, EB, EIB, EK, FRU, GBI, GES, NBS, NBW, REI, RO, SAH, SWE, WER, WLI, WTA	ELA, GDG, KTA, NTA, RLB, SKI	AB mc, AS, BB, BG cv, CRO ec, EB, EWD ec, FLB, GBE (ec), GBI, GWA v, HBU e, HRS ec, SDO c, SEI, SHB e, SWE, TEI, VKB, WLI e, ZWD ec

5 Fazit und Ausblick

Um dem Wald der Zukunft eine höhere Resilienz bzw. Toleranz gegenüber klimatischen Extremen wie Trockenheit und Hitzeperioden zu ermöglichen, sind strukturreiche, vielfältig gemischte Wälder eine zentrale Option. Waldbauliche Entscheidungen auf dem Weg dorthin brauchen in einer Zeit, in der sich die Standortbedingungen schnell verändern, realitätsnahe Einschätzungen zum Verhalten der Baumarten in der Zukunft. Die vorgelegten Empfehlungen der BMT sind das Ergebnis fachübergreifender Bemühungen, für die nötigen Entscheidungen möglichst aktuelle Grundlagen zusammenzuführen. Sie ermöglichen in Weiterentwicklung des BZT-Ansatzes eine größere waldbauliche Flexibilität durch die Erhöhung der Freiheit bei der Baumartenwahl. Lokale und regionale Erfahrungen zur besonderen oder eingeschränkten Eignung einzelner Arten können dadurch in noch größerem Maße in die Entscheidungen einfließen. Damit soll auch eine größere

Vielfalt in den Wäldern und dadurch eine bessere Ausgangslage zum Umgang mit den zunehmenden Risiken erreicht werden.

Bei allem Neuen enthalten die BMT auch mehrere Ansatzpunkte für notwendige zukünftige Verbesserungen. So bedarf zum Beispiel das aktuell in Brandenburg angewandte System zur Standortbewertung einer Weiterentwicklung zur genaueren Abbildung der substratbezogenen Wasserverfügbarkeit. Um die Standorte noch effektiver systematisieren zu können, könnte es außerdem hilfreich sein, diese Substratfeuchte mit der Wasserhaushaltsstufe als Ausdruck der Grundwasserverfügbarkeit und der Klimafeuchtestufe zur „Gesamtfeuchte“ zusammenzuführen. Ansätze für eine dadurch vereinfachte Gruppierung von Standorten haben RIEK et al. (2020) bereits vorgestellt. Die räumliche Bindung der Klimafeuchte-Einstufung an die Wuchsbezirke sollte ebenfalls überprüft werden: Zum einen sollte versucht werden, die für die Ableitung der Klimafeuchte nötigen Informationen auf deutlich

kleinerer Bezugsebene zusammenzuführen, zum Beispiel durch geostatistische Verfahren wie die Regionalisierung aktueller Standortkartierungen. Zum anderen wäre ein System, das die Zuordnung der Waldflächen dynamisch an die zukünftige Entwicklung des regionalen Klimas koppelt, vorteilhafter als der aktuelle statische Ansatz.

Ein weiterer offener Punkt für Weiterentwicklung der BMT ist das Klimaszenario, das für die Abschätzung der Klimatoleranz verwendet wurde. Der Ansatz einer pauschalen Verschiebung der Standortcluster um eine Stufe ins Trockenere geht zum einen noch auf das (aus heutiger Sicht sehr konservative) SRES-Szenario A1B zurück (GERSTENGARBE et al. 2003, GRÜLL 2020). Hier ist dringend geboten, aktuellere Klimaszenarien mit regionalisierten Aussagen einzubinden, wenn möglich mit Orientierung am Ensemble-Ansatz, der mittlere Verläufe aus der Anwendung mehrerer Modelle erzeugt (siehe JACOB et al. 2014, 2020). Zum anderen sollten neben den Kartierungsdaten auch die Ergebnisse umfangreicher Studien zur Regionalisierung von Standortinformationen eingebunden werden, die das pauschale Verschieben, wie es momentan erfolgt, durch lokal angepasste, szenariobasierte und standörtlich differenzierte Veränderungen ersetzen können (RIEK UND RUSS 2019).

Die Umsetzung der forstpolitischen Vorgaben (siehe 3.5) in das praktische Handeln bei der Bewilligung von Fördermitteln bedarf noch weiterer Feinjustierungen. Diese erfolgen laufend in enger Abstimmung zwischen der Bewilligungsstelle und den zuständigen Fachbereichen im LFB. Die Einführung der BMT hat in diesem Kontext auch Auswirkungen auf die Bestimmungen in relevanten Förderrichtlinien. So wurden im Rahmen der Überarbeitung der Festbetrags-Fördertabellen auch die förderfähigen Pflanzenzahlen und Saatgutmengen je Hektar diskutiert und punktuell angepasst.

Zur praktischen Anwendung der BMT sind Möglichkeiten dazu geschaffen worden, ihren Informationsgehalt über das öffentlich zugängliche Geodatenportal „Forst Brandenburg“ nutzen zu können⁴. Unter dem entsprechenden Thema „Baumartenempfehlungen“ wird einerseits die BMT-Broschüre (als PDF) bereitgestellt, andererseits sind kartenbasierte Abfragen der entsprechenden Datenbank möglich. Über eine HTML-Tabelle lassen sich zu den empfohlenen Baumarten auch Informationen zum naturschutzrechtlichen Status der Baumart und zu Pflanzenzahlen bei künstlicher Begründung anzeigen. Eine der verwendeten Grundlagen dafür ist die digitale Standortkarte für den Brandenburger Wald.

Im Unterschied zu den bisher gebräuchlichen Bestandeszieltypen können die BMT nur Auskunft darüber geben, welche Baumarten nach heutigem Kenntnisstand unter den regionalen Bedingungen die relativ besten Voraussetzungen dafür haben, sich auf dem spezifischen Standort zu klimawandeltoleranten Mischbeständen zu entwickeln. Die über diese Entwicklungszeit gegebenenfalls nötigen Steuerungseingriffe, zum Beispiel zur Regulierung von Mischungsverhältnissen, Standräumen und Konkurrenzprozessen, sind in den Tabellen nicht enthalten. Dazu braucht es auch weiterhin das reichhaltige Erfahrungswissen der verantwortlichen Försterinnen und Förster sowie aktuelle Ergebnisse der angewandten forstwissenschaftlichen Forschung.

Zur weiteren Entscheidungsunterstützung sollen in einem nächsten Schritt in naher Zukunft auch die mittel- und langfristigen waldbaulichen Leitlinien im Sinne eines Systems von Waldentwicklungstypen für die Brandenburger Wälder überarbeitet und weiterentwickelt werden. Mit den BMT ist eine wichtige Grundlage für diesen Prozess geschaffen worden. Sie bilden den mo-

mentanen Stand der angewandten Forstwissenschaft im Kompromiss mit forstpolitischen und verwaltungsbezogenen Erfordernissen ab. Wie alles, was den Zustand und die Veränderungen der Waldökosysteme beschreiben soll, können sie jedoch nur zielorientierte starke Vereinfachungen hochkomplexer Prozesse sein und müssen sich mit ihrem Gegenstand und dem Fortschritt von Wissen und Methoden weiterentwickeln.

6 Literatur

ALBRECHT, A.; MICHIELS, H.-G.; KOHNLE, U. (2019): Baumarteneignung 2.0 und Vulnerabilitätskarten – Konzept und landesweite Hauptergebnisse. FVA-Einblick (2): 9-14.

ALDINGER, E.; MICHIELS, H.-G. (1997): Baumarteneignung in der forstlichen Standortskartierung Baden-Württemberg. AFZ/Der Wald 52 (5): 234-238.

BOLTE, A.; AMMER, C.; LÖF, M.; MADSEN, P.; NABUURS, G.-J.; SCHALL, P.; SPATHELF, P.; ROCK, J. (2009): Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. Scandinavian Journal of Forest Research (24) 6: 473-482.

BOLTE, A.; HÖHL, M.; HENNIG, P.; SCHAD, T.; KROIHER, F.; SEINTSCH, B.; ENGLERT, H.; ROSENKRANZ, L. 2021: Zukunftsaufgabe Waldanpassung. AFZ – Der Wald 76 (4): 12-16.

GERSTENGARBE, W., BADECK, F.; HATTERMANN, F. et al. (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, PIK Report 83.

GRÜLL, M. (2020): Standörtliche Grundlagen für eine aktualisierte Baumarteneignungsbewertung aus dem Projekt AfF Eberswalde 2007. Präsentation, unveröffentlicht, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde.

HOFMANN, G.; POMMER, U. (2005): Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 24. Herausgeber: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg.

HOFMANN, G.; POMMER, U. (2013): Die Waldvegetation Nordostdeutschlands. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 54. Herausgeber: Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg.

JACOB, D.; PETERSEN, J.; EGGERT, B. et al. (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. Regional Environmental Change 14: 563-578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>

JACOB, D.; TEICHMANN, C.; SOBOLOWSKI, S. et al. (2020): Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EURO-CORDEX community. Regional Environmental Change. 20. 10.1007/s10113-020-01606-9.

KONOPATZKY, A. (2020): Anpassung der Klima-Feuchtestufen in Brandenburg für Waldbau- und Planungszwecke anhand vegetationszeitbasierter Klimakennwerte der Jahre 1961-2016. Internes Dokument Landesbetrieb Forst Brandenburg, unveröffentlicht.

LUA (Landesumwelt Brandenburg, Hg.) (2007): Biotopkartierung Brandenburg. Band 1: Kartierungsanleitung und Anlagen. Interne Druckschrift, Potsdam.

⁴ <https://www.brandenburg-forst.de/LFB/client/>

MLUL (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Hg.) (2015): Wälder Brandenburgs - Ergebnisse der ersten landesweiten Waldinventur. Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB), Potsdam.

MLUK (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Hg.) (2022): Empfehlungen zur Mischung von Baum- und Straucharten im Wald. Redaktion: Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE). Potsdam/Eberswalde.

MLUR (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Hg.) (2004): Waldbaurichtlinie 2004 „Grüner Ordner“ der Landesforstverwaltung Brandenburg. VierC digitalprint, Berlin.

MLUV (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Hg.) (2006): Bestandeszieltypen für die Wälder des Landes Brandenburg. Selbstverlag, Potsdam.

NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) (2017): Tagesraster der Klimawerte für vier nordostdeutsche Bundesländer aus dem Projekt „DSS-RiskMan“, gefördert vom Waldklimafonds, berechnet von Michael Köhler.

RIEK, W.; RUSS, A. (2019): Waldbodenbericht Brandenburg. Weitere Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebungen und Folgerungen für die nachhaltige Waldnutzung. Band 2. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. 68. Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (Hrsg.), Eberswalde 238 S.

RIEK, W.; RUSS, A.; GRÜLL, M. (2020): Zur Abschätzung des standörtlichen Anbaurisikos von Baumarten im Klimawandel im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 49-71.

SCHULZE, G.; KOPP, D. (2005): Standorterkundungsanleitung für das nordostdeutsche Tiefland. Hrsg.: Landesforstanstalt (LFOA) Mecklenburg-Vorpommern.

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; Herausgeber: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg.

Der Robinien-Lehrpfad SCHWENOW: Waldbauliche Schlussfolgerungen aus einer aktuellen Wiederholungsaufnahme¹

Jan Engel

1 Einleitung

Die nordamerikanische Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) – im Volksmund auch Akazie genannt – ist inzwischen eine alte Bekannte in Brandenburg. Allgegenwärtig, wenig beachtet, führt sie als Lichtbaumart jedoch vielfach ein Schattendasein. Seit über 340 Jahren ist sie in Brandenburg beheimatet. Als geschätztes Landschafts-, Rekultivierungsgehölz, Tropenholzersatz und Bienenweide bleibt ihr Anbau im Wald vielfach umstritten. Viele der Robinien-Bestände sind überaltert, pflegebedürftig und hinsichtlich des Holzertrags unbefriedigend. Andererseits wird ihr wertvolles Kernholz mehr denn je gefragt. Schließlich überzeugt die schnellwüchsige Baumart durch eine gewisse Hitze- und Trockenheitstoleranz. Angesichts spürbarer Klimaveränderungen könnte der „Baum des Jahres 2020“ sogar strategisch eine alternative Baumart der Zukunft sein (vgl. *MLUK 2020*; *ROLOFF u. GRUNDMANN 2008*), obwohl die Robinie aktuell auf weniger als 0,5 % der deutschen Waldfläche vorkommt.

Dass Baumarten Gegenstand öffentlicher Diskussionen sind, ist ein neu zu beobachtendes Phänomen, welches z. B. in online-Foren zutage tritt, wie anlässlich der Nominierung der Robinie zum Baum des Jahres 2020 (Abb. 1).

Spätestens hier zeigt sich, dass die gesellschaftliche Diskussion als zusätzlicher und gewichtiger Aspekt für die Waldwirtschaft wirksam wird. Am Beispiel Klimawandel und Baumartenwahl sollen die Einflüsse auf die Formulierung von Forschungsfragen, deren Bearbeitung und Überleitung in die Praxis dargelegt werden, welche auch das FastWOOD-Team geleitet haben. Die Abb. 2 zeigt den Klimawandel als Eingangsfaktor, denn dieser ist zweifellos spürbar. Über Ursachen und Gegenmaßnahmen sollte die wissenschaftliche Diskussion offenbleiben. Ein „weiter so“ in der Waldbewirtschaftung wird es also nicht geben können. Es sei denn, dass keine Änderungen im Waldgefüge wahrgenommen würden. Dann wäre es eine komfortable Situation und alles bliebe wie bisher. Doch das ist leider nicht der Fall.

Also sind alternative heimische und nicht-heimische Baumarten einzubeziehen. Gäbe es diese nicht, landeten wir in einer Sackgasse. Glücklicherweise gibt es zahlreiche Alternativen, doch sind diese waldbaulich geeignet? Hier kommt ein neuer, wesentlicher Standortfaktor hinzu, die gesellschaftliche Akzeptanz. Diese sollte Forschung erst nehmen, sich aber nicht von ihr begrenzen lassen. Auch wenn diese zunächst bzw. noch nicht oder nur von meinstarken Minderheiten fehlte, sollte der Weg frei sein für Forschung und Entwicklung. Diese nützt jedoch nichts ohne die Überführung in die Praxis und eine kritische Evaluierung. Genau das möchte dieser Beitrag tun.



rbb 24 POLITIK WIRTSCHAFT KULTUR PANORAMA SPORT MAUERFALL ER

Invasive Baumart Robinie ist "Baum des Jahres 2020"

24.10.19 | 12:11 Uhr

Sie verdrängt die heimische Flora und ist stark giftig - andererseits ist sie wunderschön anzusehen und gilt durch ihre Anspruchslosigkeit und ihr hartes Holz als Hoffnungsträger in Sachen Klimawandel: Die Robinie ist jetzt Baum des Jahres 2020 geworden.

10 Kommentare

4. Kesen Müller | Donnerstag, 24.10.2019 | 17:29 Uhr
Weshalb bitte wird eine invasive Baumart, die nicht nur nicht ins Ökosystem passt, sondern dazu auch noch giftig ist, Baum des Jahres?

Antworten

3. Hanu | Schöneberg | Donnerstag, 24.10.2019 | 15:47 Uhr
Akazien gedeihen hier gar nicht? Was wächst denn dann in der Akazienstraße?

Antworten

2. Rikie | Berlin | Donnerstag, 24.10.2019 | 15:29 Uhr
Wenn man sich also nicht 150 Gramm Rinde und / oder Früchte dieses Baumes einverleibt, passiert gar nichts. So schlecht sehen diese Bäume auch nicht aus meine ich - nicht ohne Grund werden sie... mehr...

Antworten

1. Tobias | Berlin | Donnerstag, 24.10.2019 | 14:38 Uhr
Stark giftig für den Menschen, das klingt ja vielversprechend.

Antworten

Kommentartexte aufklappen

¹ Fortschreibung von Ergebnissen aus dem FNR-Projekt FastWOOD FKZ 22003111 & FKZ 22003211

Abb. 1: Es geht doch nur um eine Baumart: Online-Forum mit teils zynischen, boshaften Kommentaren und der typischen Forumsdynamik zur Robinie als Baum des Jahres 2020

Entscheidungen zu (fremdländischen) Baumarten im Klimawandel (eigene Darstellung)

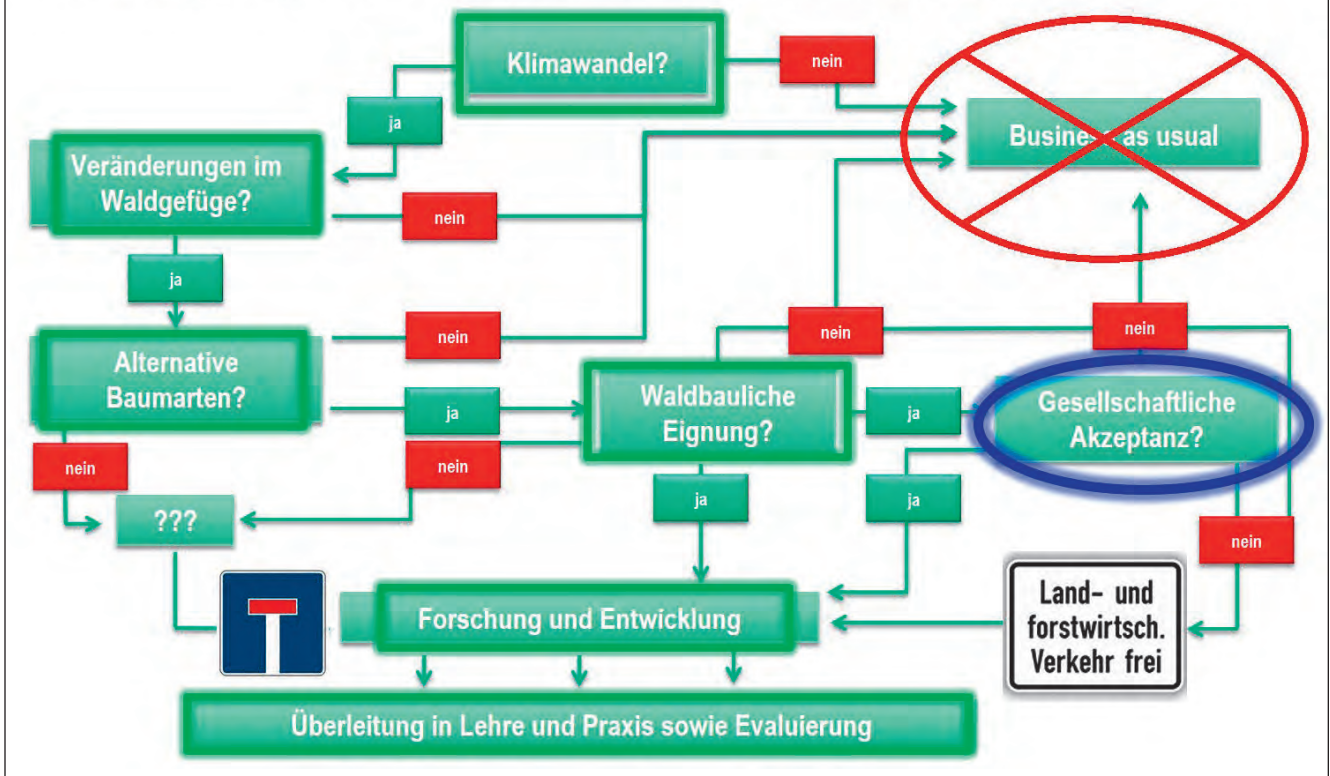


Abb. 2: Klimawandel, Baumartenwahl und gesellschaftliche Akzeptanz: Das Schaubild zeigt die Einflüsse auf die Formulierung von Forschungsfragen, deren Bearbeitung und Überleitung in die Praxis (eigene Darstellung)

2 Brandenburg – Ein Robinienland?

Die Robinie nimmt bundesweit etwa 34.000 ha Holzboden ein (BWI). Davon entfällt auf Brandenburg ein Vorkommen von 8.900 ha inventarisierte Fläche (Abb. 3) im Oberstand und rund 1.500 ha im Zwischen- und Unterstand (DSW2, 2020). Diese Flächen liegen zu 75 % im Privatwald, welches ein ausbaufähiges regionales Wertschöpfungspotenzial darstellt (ENGEL, KNOCHKE 2020). Die rechtsschiefe Altersklassenverteilung weist auf eine Verjüngungsnotwendigkeit hin, da Robinie bei höheren Umtriebszeiten durch Kernfäule entwertet wird, was auch Verkehrssicherungsprobleme auslösen kann.

In den jüngeren Altersklassen etabliert sich die Robinie auch im Zwischen- und Unterstand, wofür waldbauliche Antworten zu finden sind.

Hervor sticht hier das rasche Jugendwachstum: Bis zum Alter von etwa 30 bis 50 Jahren übertrifft ihre Derbholzbildung viele andere Waldbaumarten (LOCKOW u. LOCKOW 2013). Im standörtlichen Optimum erreicht der Gesamtzuwachs an Biomasse (dG_Z) in der Jugendphase bei Bewirtschaftung in kurzen Umtrieben maximale $10 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (KNOCHKE u. ENGEL 2012a, b), auf speichertrockenen Rohböden des Lausitzer Braunkohlenbergbaus noch $7 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Die Abb. 4 zeigt eine Besonderheit des Robinienvorkommens in Brandenburg, nämlich die kleinen Behandlungseinheiten, die technologisch meist nicht effektiv bewirtschaftet werden können. Für den Privatwald, wo ein Großteil der Flächen liegt, bietet sich aber auch die Chance, die Dinge mit überschaubarem Einsatz „selbst zu machen“.

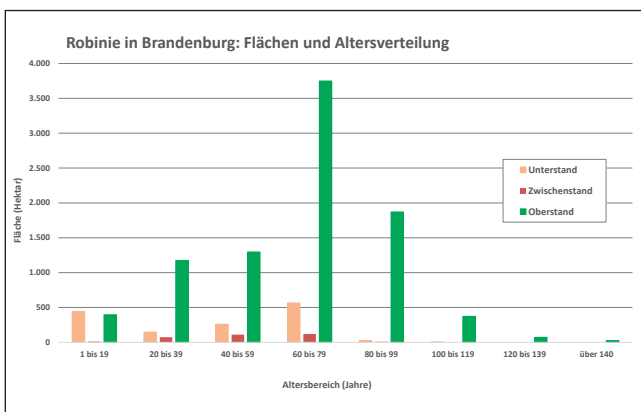


Abb. 3: Flächen- und Altersverteilung der Robinie in Brandenburg aus Daten des DSW2 (2021)

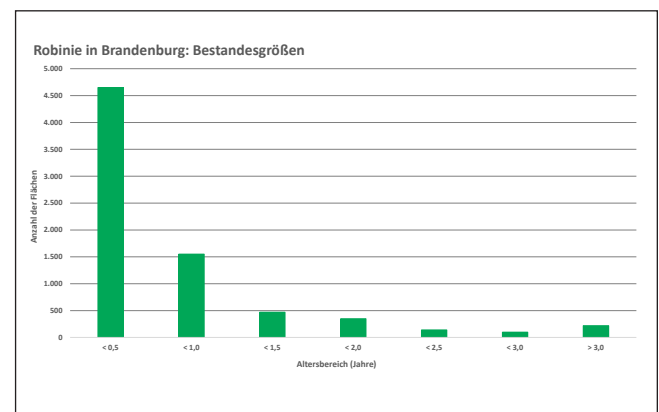


Abb. 4: Größenverteilung von Robinenbeständen in Brandenburg

Wie Robinienbestände sinnvoll verjüngt und ertragreich bewirtschaftet werden können, untersuchten das Landeskompentenzentrum Forst Eberswalde (LFE) und das Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften (FIB) auf neun Versuchsflächen mit 36 Versuchspartzen im Land Brandenburg im Forschungsverbund FastWOOD I-III (2009-2018) (KNOCHÉ et al. 2018). Dieser widmete sich in sieben weiteren Teilvorhaben/Institutionen insbesondere der Pappel- und Weidenzüchtung zur energetischen Nutzung in der Zeit der 2008er Finanzkrise und der Suche nach klimafreundlicheren regenerativen Energieträgern aus Biomasse.

Ursprünglicher Forschungsansatz des Teilprojektes Robinie im Forschungsverbund FastWOOD war die Erprobung von Verfahren zur vordringlichen energetischen Nutzung. Durch Erkenntnisfortschritte im laufenden Projekt (Erntetechnologien, Holzqualität, Wuchspotenzial und Neubewertung der primären ernergischen Nutzung von Waldholz) wurden kombinierte Verfahren entwickelt, welche auch die Erziehung wertvoller Holzsortimete verfolgen.

Leider werden die meisten abgeschlossenen Drittmittelprojekte nicht oder nur selten mit Haushaltsmitteln fortgeführt. So werden auch die Projektflächen als „nicht aktiv“ im Versuchsflächenverzeichnis des LFE geführt. Die Fläche SCHWENOW, der während des Projektes etablierte Robinien-Lehrpfad, wird am LFE weiterhin intensiv bearbeitet.

3 Der Robinien-Lehrpfad SCHWENOW

Der brandenburgische Lehr- und Informationspfad Robinie liegt im Revier Schwenow der Landeswaldoberförsterei Hammer (Startpunkt an der Straße von 15859 Limsdorf nach Schwenow. GPS 52,15203 N; 14,02893 E).



Abb. 5: Informationstafeln am Startpunkt des Robinien-Lehrpfades

3.1 Die Demonstrationsflächen

Auf einer Fläche von 1,0 ha mit 5 Bewirtschaftungsvarianten (Abb. 6) sind die Ergebnisse innovativer Verfahren zur Verjüngung und Pflege mit kombinierten Nutzungsoptionen (MLUK 2020) nebeneinander am konkreten Bestandesbild zu sehen. Sie werden von Informationstafeln (Abb. 5) erläutert, welche auf Basis der folgenden Ergebnisse aktualisiert werden sollen.

Versuchsanlage Robinien-Lehrpfad SCHWENOW	
5 „A-Grad“, keine waldbauliche Behandlung seit 2009	
3 Z-Baumvariante „Auskeseln“, Aufwuchs seit 2009	4 Z-Baumvariante „Komplette Freistellung“, Aufwuchs seit 2009
2 2 x 2-jährige Rotation, dann Aufwuchs seit 2013	
1 3 x 1-jährige Rotation, dann Aufwuchs seit 2012	
0 Durchgewachsener Ausgangsbestand seit 1990	
Aufnahme (Google Earth) aus dem Frühsommer 2022. Die Flächengröße (ohne Parzelle 0) beträgt 1,00 ha.	



Abb. 6: Versuchsanlage der FastWOOD-Modellfläche SCHWENOW 1

Tab. 1: Waldbauliche Ausgangssituation auf der Fläche des Robinie-Lehrpfades SCHWENOW im Jahr 2009

Flächengröße	Forstort	Alter & Vorrat (2009)	Bonität	Bodentyp	Standorteinheit
1,00 ha ¹	LWaldobf Hammer Revier Schwenow Abt. 5191 c5	19 Jahre Vorrat: 104 Vfm (D)/ha	-0,1 ²	Normbraunerde (BBn) ³	K2 (t)

¹ ohne Rückegassen 0,92 ha
² Relative Höhenbonität (EKL) nach Et ERTELD (1952)
³ Standortformengruppen nach SEA 95, Bodentyp nach AG Boden (2005)



Abb. 7: Normbraunerde: Bodenprofil des Lehrpfades SCHWENOW

3.2 Waldbauliche Ausgangssituation

Die Demonstrationsfläche ging aus einem 19-jährigen, wüchsigen und qualitativ mittlerem Ausgangsbestand aus überwiegend Kernwüchsen hervor. Dieser Bestand wurde im Jahr März 2009 komplett genutzt (Tab. 1) und flächig beräumt. Auf dieser Freifläche wurden die verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten etabliert. Der Standort ist als trockene bis mäßig frische und kräftige Sandbraunerde (Abb. 7) grundsätzlich laubholzfähig, wie auch Nachbarbestände aus Rot-Eiche und Buche zeigen. Auf der Fläche SCHWENOW 1 begünstigt ein mäßiger Stauwassereinfluss das Waldwachstum (KNOCHÉ u. ENGEL 2012b).

3.3 Bisherige Maßnahmen und heutige Situation auf dem Lehrpfad

Die hohe Wuchsdynamik der Robinie bei vegetativer Verjüngung, verstärkt durch die unterschiedlichen Maßnahmen auf den Versuchspartellen, zeigen bereits in den wenigen Jahren der Beobachtung deutlich sichtbare Effekte und eröffnen Optionen für die waldbauliche Weiterbehandlung. Die folgende Tabelle Nr. 2 zeigt aktuelle Bestandesbilder der Versuchsvarianten und beschreibt bisher durchgeführte Maßnahmen und waldbauliche Kenngrößen.

Tab. 2: Versuchsvarianten und bisherige waldbauliche Maßnahmen auf der Fläche des Robinie-Lehrpfades SCHWENOW

Varianten und waldbauliche Maßnahmen seit Anlage im Jahr 2009 Stand der Daten: 11/2021		Impressionen, Bestandesbilder
0	Durchgewachsener Ausgangsbestand Aufwuchs seit 1990, frühere Eingriffe nicht bekannt. Referenzbestand, bisher keine weiteren waldbaulichen Eingriffe. Vorrat: 204 Vfm³ (D)/ha (ERTELD 1951). DGZ: 6,37 fm pro Hektar und Jahr entspr. 4,78 t_{atro} pro Hektar und Jahr Kernwuchs Stammzahl: 633/ha DG: 22,6 cm HG: 18,2 m	

Abb. 8: Parzelle 0 im Herbst 2021

Varianten und waldbauliche Maßnahmen seit Anlage im Jahr 2009 Stand der Daten: 11/2021		Impressionen, Bestandesbilder
1	3 x 1-jährige Rotation Danach Aufwuchs seit 2012 3x komplette Ernte in den Jahren 2009, 2010, 2011 für Hackschnitzel. Frühe Auswahl von 54 Z-Baum-Anwärtern 08/2014 (216 Stk./ha). Entnahme von Bedrängern 11/2017 (Foto) mit Werbung von 834 Stangen (14,3rm; 6,7t) pro Hektar. Vorrat: 50,0 t_{atro} Vornutzungen: 29,5 t_{atro} GWL: 79,5 t_{atro} Wurzelbrut : Stockausschlag = 49 : 41 Stammzahl: 1.185/ha DG: 10 cm HG: 14 m	 Abb. 9: Parzelle 1 im Herbst 2017
2	2 x 2-jährige Rotation Danach Aufwuchs seit 2013. 2x komplette Ernte in den Jahren 2010, 2012 für Hackschnitzel. Frühe Auswahl von 57 Z-Baum-Anwärtern 08/2014 (226 Stk./ha). Entnahme von Bedrängern 11/2017 mit Werbung von 1.176 Stangen (16,0rm; 7,4t) pro Hektar. Vorrat: 44,0 t_{atro} Vornutzungen: 49,6 t_{atro} GWL: 93,6 t_{atro} Wurzelbrut : Stockausschlag = 64 : 36 Stammzahl: 1.110/ha DG: 10 cm HG: 14,2 m	 Abb. 10: Parzelle 2 im Herbst 2021
3	Z-Baumvariante „Auskesseln“ Aufwuchs seit 2009. Frühe Auswahl und Markierung von 21 Z-Baum-Anwärtern (170 Stk./ha) 12/2011 und Entnahme der Bedränger. Vorrat: 70,2 t_{atro} Vornutzungen: 7,8 t_{atro} GWL: 78,0 t_{atro} Wurzelbrut : Stockausschlag = 26 : 74 Stammzahl: 967/ha DG: 13 cm HG: 15,8 m	 Abb. 11: Parzelle 3 im Herbst 2021

Varianten und waldbauliche Maßnahmen seit Anlage im Jahr 2009 Stand der Daten: 11/2021		Impressionen, Bestandesbilder
4	Z-Baumvariante „Komplette Freistellung“ Aufwuchs seit 2009 Frühe Auswahl und Markierung von 17 Z-Baum-Anwärtern (144 St./ha) 12/2011 und deren komplette Freistellung mit Werbung für Hackschnitzel. Vorrat: 41,5 t_{atro} Vornutzungen: 42,0 t_{atro} GWL: 83,5 t_{atro} Wurzelbrut : Stockausschlag = 45 : 55 Stammzahl: 958/ha DG: 12 cm HG: 13,2 m	 Abb. 12: Parzelle 4 im Herbst 2021
5	„A-Grad“, keine waldbauliche Behandlung Aufwuchs seit 2009 Frühe Auswahl und Markierung von 38 (182 Stk./ha) Z-Baum-Anwärtern 12/2011 zur Beobachtung der Entwicklung ohne Eingriffe Vorrat (GWL): 72,5 t_{atro} 118 Vfm³ (D)/ha (ERTELD 1951) Vornutzungen: keine Wurzelbrut : Stockausschlag = 42 : 58 Stammzahl: 1.475/ha DG: 11 cm HG: 15,1 m	 Abb. 13: Parzelle 5 im Herbst 2021

3.4 Ertragserfassung

Auch in dieser Folgeaufnahme ging es klassisch um eine Ertragserfassung der Biomasse für Rohstoff und Energie (Substitution) bzw. Kohlenstoff-Speicherung. Die gesellschaftlichen, politischen und ökonomischen Prioritäten wechselten bereits während der Projektlaufzeit und aktuell steht auch Bioenergie wieder im Blickpunkt des Interesses.

Durch das Projekt FastWOOD existieren allometrische Biomassefunktionen in Abhängigkeit vom Triebbasisdurchmesser (D00) bzw. Brusthöhendurchmesser (D13) und für verschiedene Durchmesserbereiche der Bestände kleiner bzw. größer 10cm (vgl. KNOCHE, ENGEL, 2012b). Für diesen Beitrag fiel daher die Entscheidung wegen der Durchmesservertelung der Bestände und aus Gründen der Arbeitsökonomie auf die blaue (Abb. 14) Funktion mit dem Bezug D₁₃.

$$TM [kg] = 0,236715 \cdot D_{1,3}^{2,2178}$$

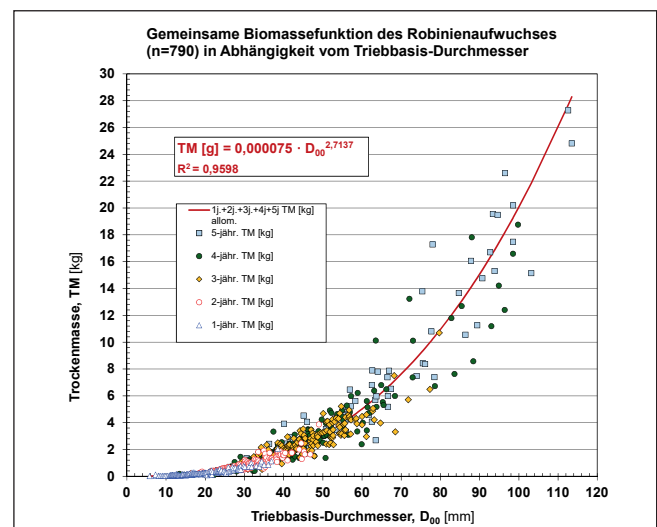


Abb. 14: Allometrische Biomassefunktion für junge Robinienbestände

3.5 Bisherige Wuchsleistung

Nach den ersten acht Aufwuchsjahren zeigte sich über alle Standorte und Varianten ein durchschnittlicher jährlicher Gesamtzuwachs an Biomasse - dGZB: $\bar{\varnothing} 5,7 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha/a}$; die Gesamtwuchsleistung (GWL) lag von 21,8 bis $76,1 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha}$. Die stärksten Wachstumseffekte zeigten sich im 2. – 5. Jahr.

Im Mai 2011 trat ein starkes Spätfrostereignis auf, welches auf allen Standorten jedoch im laufenden Jahr durch Neuaustrieb kompensiert wurde. Ab dem 5. Jahr nähert sich die anfänglich stark differenzierte Zuwachsleistung der Bestände einander an, so dass bis dahin die Bestandesbehandlung wirken sollte. Die relative Oberhöhenbonität der Verjüngungsbestände folgt dabei dem Ertragsniveau der Ausgangsbestockungen.

Weiteres frühes Ergebnis aus FastWOOD ist die Ertragssteigerung bis zum vierjährigen Aufwuchs mit zwei- bis vierjährigen Rotationen. Der durchschnittliche Gesamtzuwachs (dGZ) lag im Mittel über alle 9 FastWOOD-Standorte in 1-jähriger Rotation bei $4,74 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha/a}$ und bei 4-jährigem Aufwuchs bei $8,02 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha/a}$.

Die dort produzierten Hackschnitzel sind jedoch noch zu feinfaserig mit hohem Splint- und Rindenanteil und daher in modernen Holzfeuerungen mit automatischer Beschickung nicht einsetzbar.

Die Rotationszyklen haben jedoch einen großen Effekt als Kultur- und Jungwuchspflege.

Kürzere Rotationszyklen haben einen geringeren wachstumssteigernden Effekt. Die Pflanzen brauchen Zeit, ihr Wachstumspotential zu entwickeln (Abb. 15). Ab dem dritten Jahr ist bei dieser „jungdynamischen“ Baumart wieder ein Rückgang des Zuwachses zu verzeichnen, welcher zusätzlich von Frost, Mäusen, Gras oder Witterung beeinflusst werden kann.

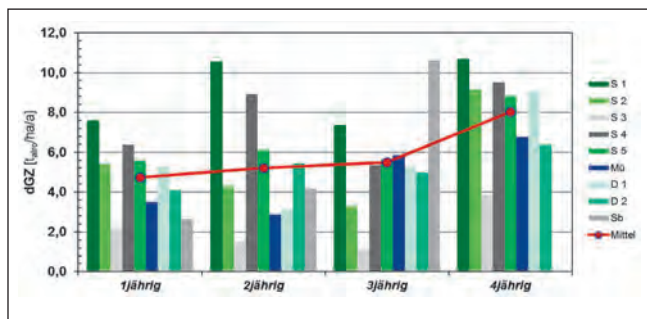


Abb. 15: Jährlicher (dGZ) durchschnittlicher Gesamtzuwachs von ein- bis vierjährigen Robinienbeständen. KNOCHÉ, LANGE, ENGEL (2017)

Die nachfolgend mit den Daten von WESTHÄUSER (2022) ausgewertete Wiederholungsaufnahme zeigt, wie sich die bisherigen Rotationen und Behandlungskonzepte auch weiterhin auf das weitere Wachstum nach dem Ende von FastWOOD auswirkten.

3.6 Arbeitsverfahren und Holznutzung

In der Versuchsreihe kamen drei verschiedene Arbeitsverfahren zur Pflege der Bestände bzw. zur Werbung von Hackschnitzeln und Holz zum Einsatz

- Motormanuelles Verfahren mit Freischneider und Sägeblatt bzw. leichter Motorkettensäge für Kulturpflege ohne Holzwerbung
- Vollmechanisiertes Verfahren zur Werbung von Hackschnitzeln mit Harvester und Fäller-Bündler-System für Kultur-Jung-

wuchspflege (Abb. 16). Rückung mit Forwarder und Hackung am Bestandesrand direkt in LKW

- Motormanuelles Verfahren mit kleiner Motorkettensäge und Herausragen (Vorlieferentfernung bis 50m) zur Werbung von Stangen/Pfählen.

Durch die unregelmäßige Pflanzenverteilung mit starken Stockausschlägen auf den zumeist kleinen Flächen und die Vorgaben zu Bodenschutz und Zertifizierung ist die Nutzung klassischer KUP-Erntetechnik im Wald nicht möglich.



Abb. 16: Fäller-Bündler-System BRACKE bei der flächigen Ernte der Zwischenfelder auf Parzelle 4

Herkömmliche Fäll-Bündel-Aggregate (vgl. STOLL, BURGER, 2012) für die Schwachholzernte zur Energieholznutzung im frühen Bestandesalter waren zum Zeitpunkt der Versuchsreihe nur bei entsprechenden Erntemengen ($>10 \text{ t}$ pro Jahr und Hektar) oder Preisen von über 100,- EUR/t für Hackschnitzel (KNOCHÉ et al., 2014b) wirtschaftlich einsetzbar.

Der Einsatz dieser Technik kann bei größeren Bestandeseinheiten auch als Investition in die Bestandespflege mit innerbetrieblicher Nutzung der Biomasse dienen, da die jung produzierten Hackschnitzel mit hohem Splint- und Rindenanteil noch zu feinfaserig und daher für moderne Holzfeuerungen mit automatischer Beschickung nicht geeignet sind.

Kulturpflege

Wie sind wir also zu diesen jetzigen Beständen gekommen?

Es erfolgte je nach Variante eine komplette motormanuelle (Abb. 17) Entnahme des Stockausschlages nach einem Jahr (3 mal) und nach zwei Jahren (2 mal), um der Wurzelbrut gegenüber den sperrigen Stockausschlägen einen Wachstumsvorsprung zu ermöglichen und dadurch die Qualität des Aufwuchses zu erhöhen.

Wegen der ursprünglichen Zielstellung Biomasse erfolgte die Ertragserfassung auf diesen Flächen mit im Projekt aufgestellten Biomassefunktionen in systematischen Probekreisen.

Zeitaufnahmen für das motormanuelle Verfahren sind wegen der ertagskundlichen und späteren technologischen Ausrichtung leider nicht erfolgt. Zur Orientierung können die Festbeträge für geförderte Waldumbaumaßnahmen (MLUK, 2022a) im Land Brandenburg gelten, welche zwischen 440,- EUR und 660,- EUR pro ha für erschwerte Bedingungen liegen.

In einem weiteren Schritt wurden wegen der begrenzten Projektlaufzeit bereits 2 Jahre nach dem (Wieder-)Aufwuchs Z-Bauman-



Abb. 17: Kulturpflege mit Freischneider und Sägeblatt

wärter ausgewählt. Das war nach klassischen Waldbauverfahren zwar sehr gewagt, aber möglich, wie die folgenden Ergebnisse der aktuellen Aufnahmen untermauern.

Jungbestandspflege

Eine erste wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeit ergab sich bei der Läuterung in den Parzellen 1 und 2 im November 2017. Nach früher Auswahl von Z-Baum-Anwärtern und nach vorausgegangener „kurzumtriebiger“ Nutzung mit folgendem Aufwuchs seit 2012 bzw. 2013 erfolgte dort die Freistellung dieser Bäume von ihren stärksten Bedrängern mit Werbung von Robinienstangen (3m) im motormanuellen Verfahren mit kleiner Motorkettensäge und Herausragen (Vorlieferentfernung bis 50m). Wenn auch mit einem geringen Mittendurchmesser von rund 7cm (m. R.) bei ei-

ner Sortimentslänge von 3m, ergab sich eine Nutzung von rund 800 Stangen pro Hektar (~15 rm, 7t)

Bei einem Zeitaufwand von ca. 12 min pro Stange GAZ und einer max. manuellen Vorlieferentfernung von 50m (Kalkulierter Stundenlohn incl. MKS-Zeit 35,- EUR/h) ergaben sich 7,- EUR Lohnkosten pro Stange. Im Netz werden etwas stärkere Sortimente „gehobelt“ für 35,- EUR/Stück (www.robinia24.de) oder „Natur“ geschält für 42,- EUR/Stück (<https://hoefer-naturholz.de/rundholz-robinie.htm>) angeboten. Das hier angefallene Sortiment fand zu einem auskömmlichen Preis einen Abnehmer im Gartenbau im nahen Berlin. Legt man vergleichbare Richtwerte für solche Maßnahmen zugrunde, z. B. Fördersatz für Jungwuchs-/ Jungbestandspflege 357,- €/ha (brutto) der FORSTGAKFÖRL M-V (2020), kann man also bereits im sehr frühen Bestandesalter eine Jungbestandspflege mit positiven wirtschaftlichen Erlösen verbinden, auch wenn weniger zu vermarktendes Holz anfällt. Selbst ohne Holzerlös ist es eine lohnende Investition in die Zukunft, wie die aktuellen Bestandesbilder zeigen und spätere Untersuchungen weiter belegen mögen.

4 Wiederholungsaufnahme der Bestandessituation im November 2021

Nach den letzten ertragskundlichen Aufnahmen zum Abschluss des Projektes FastWOOD im Jahr 2016 erfolgte im November 2021 eine Wiederholungsaufnahme im Rahmen einer vom Autor betreuten Bachelor-Arbeit (WESTHÄUSER, 2022) im Studiengang Forstwirtschaft an der Hochschule Eberswalde.

4.1 Gesamtwuchsleistung (GWL) und durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGZ)

Wesentliche ertragskundliche Ergebnisse finden sich zusammenfassend auch in der vorherigen Tab. 2, doch werden sie hier zusätzlich vergleichend mit den Ergebnissen und Schlussfolgerungen der ersten Aufnahmen dargestellt.

Die Darstellung in Abb. 19 vergleicht die erste Untersuchungsperiode 2009-2013 (Bewirtschaftungsphase in der Projektlaufzeit FastWOOD) und den gesamten Betrachtungszeitraum von 2009 – 2021. Im Mittel über alle Flächen ergibt sich eine Gesamtwuchsleistung (GWL) von 81,8 t_{atro} pro Hektar bei einem Median von

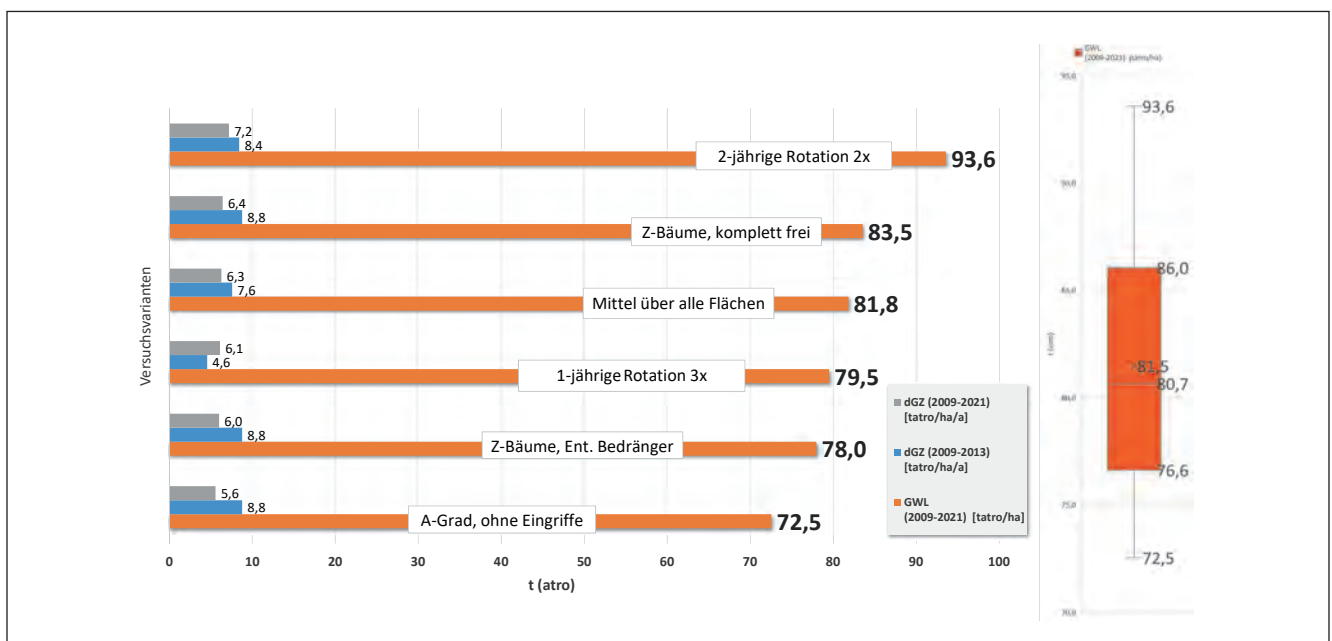


Abb. 19: Gesamtwuchsleistung und durchschnittlicher Gesamtzuwachs der Parzellen von 2009 bis 2021

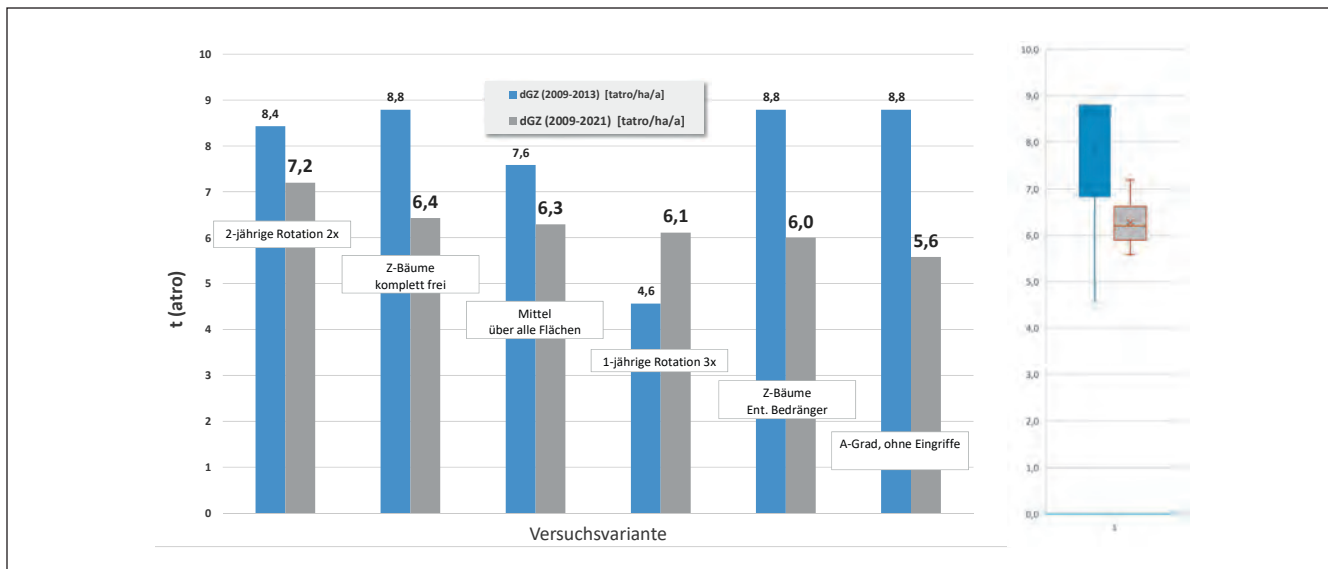


Abb. 20: Durchschnittlicher Gesamtwuchs: Vergleich der Wachstumsperioden

80,7 t_{atro} . Außerhalb des 50 %-Bereichs des Boxplots liegen als unterer Ausreißer nur der A-Grad als unbehandelte Fläche und oberhalb die Parzelle 2 mit der 2-jährigen Rotation. Damit heben sich diese in der Wuchsleistung signifikant von den anderen Varianten ab. Diese Tendenz zeigt sich bereits in der ersten Untersuchungsperiode auch im durchschnittlichen Gesamtwuchs (dGZ).

Dieser erhöht sich im Vergleich bis heute auf der unbehandelten Fläche durch die ausgebliebenen Eingriffe, jedoch zu Lasten der Stabilität und Qualität. Ein Wachstumseffekt durch die frühe und auch mehrfache Nutzung bzw. Pflege in mehr als 1-jährigen Abständen ist zu erkennen. Dieser zeigt sich auch in der Parzelle der komplett freigestellten Z-Baumanwärter, wo der nach zwei Jahren entnommene Nebenbestand noch einmal aufwachsen konnte. Das ist auch umgekehrt zu erkennen, wo das Wachstum in den Zwischenfeldern der nur ausgekesselten Z-Baumanwärter so nicht angeregt wurde. Damit bestätigt sich die Annahme aus der ersten Untersuchungsperiode, dass eine jährliche Nutzung keinen Wachstumseffekt hervorbringt, sondern zwei- bis vierjährige Zyklen das Wachstum und die Qualität verbessern.

Das zeigt auch ein genauerer Blick auf den durchschnittlichen Gesamtwuchs (dGZ) in der Abb. 20. Ein zunächst höherer dGZ nach den teilweise mehrfachen frühen Eingriffen und den mitgenommenen Wachstumseffekten in der ersten Untersuchungsperiode verringert sich dann wieder über den längeren Zeitraum.

Der verspätete Wachstumseffekt der 3 x 1-jährigen Rotation zeigt sich daran, dass nur in dieser Variante der dGZ für die gesamte Periode gestiegen ist aber trotzdem noch unter dem aktuellen Mittel aller Flächen liegt. Die mehrmalige kurze Rotation ist also weder für die effektive Nutzung von Energieholz (hier Hackschnitzel) noch als Bestandespflege für Wachstum dienlich, allerdings augenscheinlich für die Steigerung der Qualität. Auch beim dGZ erreicht die 2 x 2-jährige Rotation den höchsten frühen Zuwachs aller Varianten und hält diesen deutlichen Vorsprung von rund 15 % über dem Mittel aller Flächen, was im ersten Untersuchungszeitraum so deutlich noch nicht in Erscheinung trat.

Die unbehandelte Fläche 5 (A-Grad) liegt auch beim dGZ an letzter Stelle aller Varianten und rund 12 % unter dem Mittel aller Flächen. Durch teils mehrfach vorausgegangene Nutzungen auf den anderen Parzellen lassen sich wachstumssteigernde Pflege-Effekte und die Erhöhung der Qualität der Bestände erzielen.

Der in der ersten Untersuchungsperiode noch gleiche dGZ der Parzellen 3, 4, 5 liegt an der bis dahin noch gleichen oder noch nicht begonnenen Behandlung. Deren Wirkungen zeigen sich erst nach 2013.

4.2 Entwicklung des Ausgangsbestandes ohne Eingriffe

Wie sich der Ausgangsbestand ohne Eingriffe durch FastWOOD und ohne weitere Bestandesbehandlung weiterentwickelt hat, zeigt die folgende Abb. 21.

Die GWL des durchgewachsenen Ausgangsbestandes in Höhe von 204 Vfm ergibt einen DGZ von 6,37 fm/ha/a bzw. 4,78 t/ha/a (ohne bekannte Vornutzungen), so dass auch im späteren Alter noch guter Zuwachs „ohne Pflege“ generiert wird. Möglichkeiten der Vornutzung und der Qualitätssteigerungen wurden dabei natürlich nicht ausgeschöpft. In eine abschließende Gesamtbeurteilung müsste zudem die vorzeitige Nutzung im Bestandesalter von 19 Jahren im Jahr 2009 der anderen Parzellen mit einbezogen werden.



Abb. 21: Der durchgewachsene Ausgangsbestand ohne weitere Bestandesbehandlung

4.3 Das Verhältnis Stockausschlag zu Wurzelbrut

Im Durchschnitt über alle Flächen zeigt sich ein ausgeglichenes Verhältnis von ~ 50:50. In den beiden in 1/1 und 2/2 bewirtschafteten Parzellen wurde durch frühe Pflege (Nutzung) das Verhältnis zur stabileren Wurzelbrut verschoben, wodurch die wertorientierte Bewirtschaftung weitergeführt werden kann.

Die Z-Baum-Parzelle 3 hat – wegen der ausgebliebenen frühen Pflege in den Zwischenfeldern- den geringsten Anteil Wurzelbrut, doch konzentriert sich diese auf die von ihren Bedrängern freigestellten Z-Bäume als Wertträger.

Durch die komplett freigestellten Z-Bäume in Parzelle 4 wurde in den Zwischenfeldern ein verspäteter Pflege-Effekt erreicht, der dort zu einem höheren Anteil an Wurzelbrut führte und weitere waldbauliche Möglichkeiten eröffnet, zumal die Z-Baumanwärter erwartungsgemäß keine „Zukunft“ mehr haben (vgl. auch WESTHÄUSER, 2022).

In der unbehandelten Variante übernimmt der Stockausschlag die Führung und konzentriert hier die Biomasse mit der steigenden Gefahr des Ausbruchs und der Wurzelfäule, wenn in längeren Umtriebszeiten gewirtschaftet werden soll.

4.4 Entwicklung der Varianten der Z-Baum-Bewirtschaftung

Der zunächst kurzen Projektlaufzeit geschuldet, wurden auf den Parzellen sehr früh und in hoher Zahl Z-Baumanwärter ausgewählt und gekennzeichnet. Das geschah, nachdem das ursprüngliche Projektziel der Energieholzproduktion im Kurzumtrieb um die Perspektive der Verjüngung und stofflichen Nutzung erweitert wurde.

Je nach vorausgegangener Behandlung wurden nach bis zu dreijähriger (Wieder-)Aufwuchszeit zwischen 139 und 219 Z-Baumanwärter pro Hektar (Tab. 3) ausgewählt.

Im hier 9. bis 13. Jahr haben alle Z-Baumanwärter die Derbholzgrenze deutlich überschritten und Höhen der ausgehenden Läuterungsphase erreicht (Tab. 3). Während ausgefallene bzw. umgesetzte Z-Baumanwärter auf den früh mehrfach gepflegten bzw. genutzten Flächen größtenteils aus der Reserve ausgeglichen werden konnten, war das auf der unbehandelten Fläche durch die Dominanz sperriger Stockausschläge nicht mehr möglich, obwohl hier zunächst nur 30 % Ausfall zu verzeichnen war. Die verbleibende Anzahl von 139 St./ha

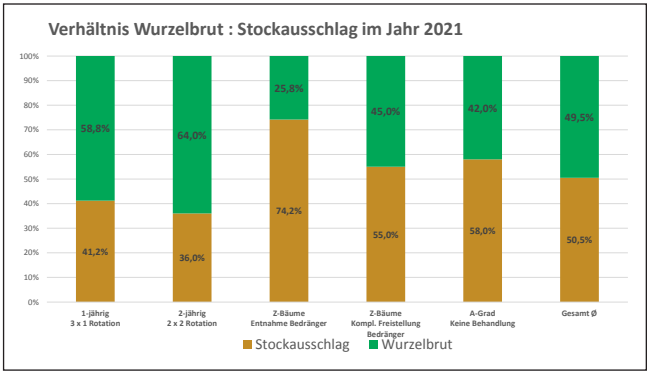


Abb. 22: Verhältnis Wurzelbrut zu Stockausschlag auf den Parzellen im Jahr 2021

ist grundsätzlich mehr als ausreichend, doch bestehen diese vielfach aus weiter umbrechenden Stockausschlägen.

Die komplett freigestellten Anwärter verloren durch den ausgeprägten „Bogenlampen-Effekt“ alle ihren Status und sind vielfach sogar ganz ausgefallen. Nach der Entnahme von bis zu drei Bedrängern fielen über die Jahre auch fast 40 % der Bäume aus oder setzten nach unten um, wovon die Hälfte neu ausgewählt werden konnte. Das signifikant starke Durchmesserwachstum der komplett freigestellten Bäume wurde am Ende mit extremen Qualitäts- und Stabilitätsverlust bis zum völligen Ausfall erkaufte und das in Verbindung mit dem geringsten Höhenzuwachs aller Varianten. Die signifikant (bei Beachtung der unterschiedlichen Alter im Jahr 2021) größten Höhen erreichten die Z-Baumanwärter, die behutsam von Ihren Bedrängern freigestellt worden sind.

Ein rationelle, frühe und bei Absatzchancen auf Biomasse auch mehrfache Pflege lenkt den Zuwachs auf die vielversprechende Wurzelbrut und bringt einen qualitativ guten Dichtstand hervor, bei der man sehr früh bei Auswahl von Z-Baumanwärtern aus dem Vollen schöpfen kann. Die Durchmesserleistung ist durch extremen Freiland in frühen Jahren, jedoch zu Lasten der Qualität, deutlich zu steigern. Die gemäßigte Entnahme von Bedrängern hat dabei sichtbare Wirkung auf das Höhenwachstum, Qualität und GWL des Gesamtbestandes.

Tab. 3: Entwicklung der Varianten der Z-Baum-Bewirtschaftung im Herbst 2021

Parzelle	1-jährig 3 x 1 Rotation	2-jährig 2 x 2 Rotation	Z-Bäume Entnahme Bedränger	Z-Bäume Kompl. Freistellung Bedränger	A-Grad Keine Behandlung
Auswahl	2014	2014	2011	2011	2011
Anzahl auf Parzelle	53	52	17	6	29
bisher ausgeschieden	16	13	7	6	9
davon neu	15	8	3	0	0
Anzahl pro Hektar	219	213	138	0	139
Alter	10	9	13	13	13
mittlerer D1.3 (cm)	11,6	11,4	15,4	17,1	14,3
mittlere Höhe (m)	14,8	14,2	16,7	14,2	16,2

5 Waldbauliche Empfehlungen

Eine aktive Bewirtschaftung von Robinienbeständen lohnt sich, denn dadurch eröffnen sich verschiedene Optionen, wie energetische, stoffliche oder kombinierte Nutzung in unterschiedlichen Produktionsräumen, Kohlenstoffspeicher und auch ein späterer Walddumbau.

Aus dem Ursprung des FastWOOD-Projektes und den aktuellen Ergebnissen werden daher die folgenden waldbaulichen Empfehlungen in Stichpunkten ausgesprochen.

- Die Qualität und Perspektive des Ausgangsbestandes entscheiden über den Nutzungszeitpunkt. Dieser kann bereits bei 20 Jahren liegen.
- Eine flächige Nutzung ist effektiv und für die Verjüngung sinnvoll aber nicht notwendig (Kahlschlagvermeidung).
- Eine frühe und mehrfache Pflege kann motormanuell effektiv erfolgen. Die energetische Nutzung unter einer Umtriebszeit von 8 Jahren ist nicht zu empfehlen.
- Forstschutzaspekte sind Wild, Frost, Mäuse, Gras.
- Eine Z-Baumauswahl von bis zu 200 Z-Baumanwärtern/ha nach 2 Jahren ist zwar sehr gewagt, aber möglich, wie die aktuellen Aufnahmen untermauern.
- Eine frühe Jungbestandspflege erscheint angesichts der hohen Wuchsdynamik lohnenswert. Die Freistellung von Z-Baumanwärtern sollte bis zum Alter 5 erstmals erfolgen und kann ab dann bereits Sortimente mit positivem Deckungsbeitrag erzeugen.
- Für die weitere Bestandesbehandlung wird Kronen- und Schaftpflege empfohlen. Mischbaumarten sind zu fördern.

5.1 Vegetative Verjüngung als Standortvorteil im Klimawandel

Nach der Beräumung der Ausgangsbestände entwickelten sich bereits im ersten Jahr bis zu 40.000 Ruten pro Hektar mit einem Verhältnis von Wurzelbrut zu Stockausschlag von 30:70 ohne weitere Pflegeeingriffe. Durch das etablierte Wurzelwerk der Altbäume erreichten diese im ersten Jahr Höhen bis rund 3 Meter. Dieses Potenzial konnte durch die verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten in den ersten Jahren gesteigert und auch gelenkt werden, wie in diesem Beitrag gezeigt wurde.

Die Robinie steht hiermit exemplarisch für fremdländische Baumarten mit hohem vegetativen Verjüngungspotenzial, einer meist in Vergessenheit geratenen bzw. negativ beurteilten Eigenschaft. Damit können auch die Spätblühende Traubenkirsche oder Pappelsorten eine neue waldbauliche Rolle bei Wiederbewaldung, Walderhalt oder Zwischennutzung einnehmen. Für die perspektivisch steigende Herausforderung des Waldbrandschutzes kann hier Anleihe beim aus der Vergangenheit bekannten Anbau und der Bewirtschaftung der Rot-Eiche genommen werden.

5.2 Mischung

Die Notwendigkeit der Mischung zum Aufbau klimastabilerer Waldbestände wird anerkannt, doch wurde aus Kapazitätsgründen dieser Aspekt im Projekt FastWOOD und auch durch WESTHÄUSER (2022) nur subjektiv wahrgenommen. In den aktuellen „*Empfehlungen zur Mischung von Baum- und Straucharten im Wald. Die Baumartenmischungstabelle (BMT)*“ (MLUK, 2022b) wird die Robinie als

„eingebürgerte Gehölzart (EB)“ geführt, weil sie sich in Brandenburg als eingebürgert/etabliert in freier Natur und ohne menschliche Hilfe über mehrere Generationen als Population erhält.

Die Robinie gilt in der BMT als Begleitbaumart (BBA, bis 30 %). Nichtheimische Laubbaumarten werden entsprechend der Baumartenmischungstabelle als BBA gefördert. Eine Förderung als Mischbaumart (MBA) ist ausgeschlossen, wie zum Beispiel bei Rot-Eiche und Robinie, da (auf allen Standorten) mindestens zwei heimische Baumarten als MBA förderfähig sind. Die Robinie taucht in meist kleinbestandsweisem Vorkommen auch auf ziemlich armen und trockenen Standorten als BBA auf (bis 30 %).

In Mischungen kann die Robinie ergänzen und dadurch stabilisierend/füllend wirken und in von Robinien dominierten Verjüngungen können sich nach der baldigen natürlichen oder früh gelenkten Lichtstellung ausreichend Mischbaumarten etablieren.

Damit ist der Fokus auf Mischungsregulierung zugunsten der heimischen Baumarten und auf den Schutz vor schädigendem Wildeinfluss zu richten.

6 Diskussion

Die Wiederholungsaufnahme einer Fläche, welche nach dem Abschluss eines Drittmittel-Projektes als „abgehackt“ hätte gelten können, zeigt die Notwendigkeit einer langfristigen Beobachtung von klassischen, also nicht modellierten, forstlichen Versuchflächen. Erkenntnisse aus dem Projekt konnten weiter bestätigt, aber auch Veränderungen sichtbar gemacht werden. Ebenso haben sich nach der Projektlaufzeit neue und alte ökonomische, ökologische, gesellschaftliche und politische Fragen aufgeworfen.

So ging es in diesem Beitrag einmal wieder um um GWL und DGZ, was oft schon in Vergessenheit geraten war. Doch das ist nicht nur ein wichtiger Parameter für die Rohstoffherzeugung, sondern auch für die C-Speicherung. Auch hier zeigt sich der Wechsel in der Priorität gesellschaftlicher Ansprüche.

Entgegen früher Hoffnungen sind nennenswerte Erträge auf schwachen und auch trocken und warmen Standorten nicht zu erwarten, jedoch werden Diversifizierung, Risikostreuung oder auch einfach der Walderhalt damit unterstützt. KUP und Energieholz sind auch bei Robinie den besseren und landwirtschaftlichen Standorten vorbehalten, auf denen nun noch mehr Flächenkonkurrenz (Nahrungsmittel, Energie, Infrastruktur) herrscht. Wie auch WESTHÄUSER (2022) herausgesellt hat, wurden auf den Versuchsflächen bisher nur vier, wenn auch teils kombinierte, Bewirtschaftungsverfahren erprobt. Damit ist nicht auszuschließen, dass andere Verfahren zu mehr Wertschöpfung führen könnten. Da die Parzellen 1 und 2 ähnlich behandelt wurden und sich vergleichbar entwickelten, könnte eine dieser Flächen perspektivisch noch in ein anderes Bewirtschaftungsverfahren überführt werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das hohe Verjüngungspotenzial der Robinie durch Stockausschlag und Wurzelbrut eröffnet vielfältige waldbauliche Optionen aber auch Risiken. Durch frühe und gezielte waldbauliche Maßnahmen können Wert- und Masseleistung der Bestände gesteigert und gelenkt werden. Das wertvolle Holz mit vielfältigen Nutzungsoptionen kann durch das kleinflächige Vorkommen vor allem im Privatwald besonders zur regionalen Wertschöpfung beitragen, wobei es aufgrund der bisher geringen Flächenausdehnung weiter ein Nischenprodukt bleiben wird. Im Klimawandel kann die Robinie eine strategisch alternative Baumart der

Zukunft in Nordostdeutschland werden. Aus Naturschutzgründen sensible Bereiche wie Offenland-Biotop und Magerstandorte sind von der Robinie freizuhalten.

Vor dem Hintergrund KLIMAWANDEL und ROHSTOFFVERSORGUNG können bisher unscheinbare, unbequeme oder unbekannte Baumarten neue Perspektiven für die Forstwirtschaft im Klimawandel bieten. Alternative Bewirtschaftungsverfahren zum klassischen Hochwald eröffnen neue Wege für eine risikoärmere Verjüngung und ertragreiche Nutzung. Entscheidungsträger in der Forstwirtschaft (Waldbesitz, Verwaltung, Lehre und Forschung) müssen Baumarten und Verfahren für eine zukunftssichere Waldwirtschaft weiterhin auf den Prüfstand stellen. Steigende gesellschaftliche Ansprüche an den Wald sind mit Blick auf den Klimawandel und damit hinsichtlich der Frage des Walderhalts und der Rohstoffversorgung zu hinterfragen und ggf. neu zu formulieren. Die Ergebnisse können aber auch Impulsgeber für die Bewirtschaftung anderer, bisher nicht gelittener, stockausschlagfreudiger Baumarten werden, wie z. B. Spätblühende Traubenkirsche oder Rot-Eiche sein auch für Aufgaben des Waldbrutschutzes. Es steht zu befürchten, dass wir Zeiten entgegensteuern, in denen nicht mehr die Frage zählt, welche Baumarten wachsen, sondern ob welche wachsen.

8 Vielen Dank

Mein Dank geht an das Team Schwenow, insbes. Lothar Welke und Joachim Schmelz (LFB), Dr. Dirk Knoche, Dr. Christian Lange & Kollegen (FIB) sowie Joel Westhäuser (HNEE) und Prof. Dr. Jens Schröder (LFE).

9 Literaturverzeichnis

9.1 zitierte Literatur

AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Auflage, Hannover. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 438 S.

BwI³, Bundeswaldinventur 3 (2014): <http://www.bundeswaldinventur.de>

Dsw² (2021): Abfrage Datenspeicher Wald 2 für das Land Brandenburg. Landesbetrieb Forst Brandenburg. Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE).

ENGEL, J. u. KNOCHE, D. (2011): Energie aus dem Stock - Zur Bewirtschaftung der Robinie im Schnellumtrieb. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 45: 25-35.

ERTELD, W. (1952): Wachstum und Ertrag der Robinie im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Eberswalde.

FORSTGAKFÖRL M-V (2020): Richtlinie zur Förderung forstwirtschaftlicher Maßnahmen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“. (ForstGAKFöRL M-V). Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt vom 23. Juli 2019 – VI 210/7445.1 – 1. Änderung vom 22.11.2020. URL: https://www.wald-mv.de/static/Wald-mv/Dateien/Forstbehoerde/Finanzielle%20Foerderung/nichtamtl_%20Lesefassung_1_%20C3%84_VV_ForstGAKF%C3%B6RL_22_11_2020.pdf

KNOCHE, D. u. ENGEL, J. (2012a): Robinie: Lichtbaumart beendet ihr Schattendasein - Brandenburg erprobt Schnellwuchsbetrieb als nachfrageorientierte Bewirtschaftungsstrategie für die Robinie. Holz-Zentralblatt 1/2012: 16-17.

KNOCHE, D. u. ENGEL, J. (2012b): Verbundvorhaben. Züchtung schnellwachsender Baumarten für die Produktion nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb (FastWOOD), Teilvorhaben 7 & 8: Modellprojekt zu Begründungsverfahren der Robinie. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 8: 143-164.

KNOCHE, D., RUPPRECHT, S., ENGEL, J. u. LANGE, C. (2014b): Bewirtschaftung der Robinie in Brandenburg - eine finanzmathematische Analyse. AFZ-Der Wald 2/2014: 40-43.

LOCKOW, K.-W. u. LOCKOW, J. (2013): Die Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.). Eine schnellwachsende Baumart mit wertvollen Holzeigenschaften. Mitt. d. Ges. zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Norddeutschland e.V., Heft 1/2003: 1-7.

MLUK (2022a): Anlage EU-MLUK-Forst-RL. Festbeträge für Maßnahmen zum Waldumbau durch Entwicklung standortgerechter und stabiler Mischbestände und naturnaher Waldgesellschaften im Land Brandenburg gemäß Maßnahmenbereich I. Stand 1. August 2022. URL: <https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Festbetragstab%2001.pdf>

MLUK (2022b): Empfehlungen zur Mischung von Baum- und Straucharten im Wald. Die Baumartenmischungstabelle. Eberswalde, 91 Seiten.

ROLOFF, A. u. GRUNDMANN, B. (2008): Waldbaumarten und ihre Verwendung im Klimawandel. Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol. 42: 97-109.

STOLL, B. u. BURGER, F. (2012): Fäller-Bündler-Technologie in der KUP-Ernte. LWF-aktuell 90/2012: 18-19.

ENGEL, J.; KNOCHE, D. (2020): Die Robinie: Eine »kurzumtriebige« Baumart mit vielfältigen Nutzungsoptionen – LWF Wissen 84: 67-75.

MLUK (2020): Informationen für Waldbesitzer. Hinweise zur Bewirtschaftung von Robinien-Beständen in Brandenburg. Faltblatt, 12 Seiten. 2. Auflage.

WESTHÄUSER (2022): Neuaufnahme des Robinien-Lehrpfades SCHWENOW und waldbauliche Schlussfolgerungen. Bachelor-Thesis zum Erreichen des akademischen Grades Bachelor of Science (B.Sc.) an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Fachbereich Wald und Umwelt, Studiengang Forstwirtschaft. 31 Seiten.

9.2 Weiterführende Literatur

BLÜMKE, S. (1950): Die Robinie in Deutschland. Forstw. - Holzw., Nr.1: 8.

BONGARTEN, B.C., HUBER, D. u. APSLEY, D. (1992): Environmental and genetic influences on short-rotation biomass production of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the Georgia Piedmont. Forest Ecology and Management 55: 315-331.

BÜSSOW, P., JANDER, A. u. SCHOLZ, C. (1997): Robinienwirtschaft in Ostbrandenburg. In den nächsten zwei Jahrzehnten muß mehr Robinie vermarktet werden. Holz-Zentralblatt 116: 1686.

C.A.R.M.E.N. - CENTRALES-AGRAR-ROHSTOFF-MARKETING- UND ENERGIE-NETZWERK E.V. (2012): http://www.carmen-ev.de/dt/energie/hackschnitzel/hackschnitzelpreis_grafiken.html

DINI-PAPANASTASI, O. (2008): Effects of clonal selection on biomass production and quality in *Robinia pseudoacacia* var. *monophylla* Carr. Forest Ecology and Management 256, 849-854

EBERHARDINGER, A. (2010): Innovative Energieholzernte-Ernteverfahren mit Fäller-Bündler-Aggregaten bieten neue Möglichkeiten. EnergieHolz 2010: 14-18.

FEHRMANN, L. (2006): Alternative Methoden zur Biomasseschätzung auf Einzelbaumebene unter spezieller Berücksichtigung der k-Nearest Neighbour (k-NN) Methode. Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaft und Waldökologie, Dissertation.

HAPLA, F. (1998): Robinien-Holzprodukte europaweit nachgefragt. Holz-Zentralblatt 133: 1976-1977.

JÜRGENS, A. (2012): Modellierung des Biomassepotentials von Robinie im Kurzumtrieb auf forstlichen Flächen in Brandenburg. Diplomarbeit, Studienfachbereich Geographie, Technische Universität Dresden (TUD).

KETTERINGS, Q. M., COE, R., VAN NOORDWIJK, M., AMBAGU, Y. u. PALM, C.A. (2001): Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management 146: 199-209.

KNOCHE, D. u. ENGEL, J. (2011): Eine Wiederbelebung historischer Bewirtschaftungsformen? Projekt zur vordringlich energetischen Nutzung der Robinie in Brandenburg. AFZ-DerWald 9/2011: 26-28.

KNOCHE, D., ENGEL, J. u. LANGE, C. (2014a): Bewirtschaftung von Robinien-Beständen in Brandenburg - Ergebnisse aus dem FNR-Projekt FastWOOD. Informationen für den Waldbesitzer, 12 S.

KRÖBER, M. U. HEINRICH, J. (2014): Optimierung der Flächenausnutzung bei der Anlage von Kurzumtriebsplantagen. AFZ Der Wald 21/2014: 63-67.

KOWARIK, I. (1990): Zur Einführung und Ausbreitung der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) in Brandenburg und zur Gehölzsukzession ruderaler Robinienbestände in Berlin. Verh. Berl. Bot. Ver. 8: 33-67.

KÜCHLER, S. (2001): Stand und Entwicklung des Rohholzaufkommens der Robinie in Ungarn - Unter besonderer Betrachtung der Rohholzqualität. Diplomarbeit, Professur für Forst- und Holzwirtschaft Osteuropas, Technische Universität Dresden (TUD).

KUDLICH, W. (2014): Energiewald profitabler als Ackerbau? Der Mittlere Umtrieb. AFZ Der Wald 21/201: 10-12.

LANDGRAF, D. (2012): Die Begründung von KUP auf Kleinstflächen. AFZ Der Wald 15/2012: 10-11.

LANDGRAF, D. u. HEYDECK, P. (2014): Pilzinfektion in neu begründeten Robinienbeständen. AFZ-Der Wald 2/2014: 44-45.

MANIG, K. (2001): Grundlagen zur Erarbeitung eines Marketingkonzeptes am Beispiel der Baumart Robinie unter besonderer Berücksichtigung des Forstbetriebes Sauen. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften.

MANTHE, K. (2010): Alters- und standortsabhängiges Stockauschlagsvermögen der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) nach einjährigem Umtrieb in Brandenburg. Bachelorarbeit, Fachrichtung Forstwirtschaft und Ökosystemmanagement, Fachhochschule Erfurt.

MOLNÁR, S. (1992): Die Robinie eine vernachlässigte Holzart wird salonfähig. Internationaler Holzmarkt 7, 8: 9-11.

NEMESTÓTHY, N. (2012): Energieholzzerkleinerung - vom wertvollen Holzrohstoff zum Hackschnitzel oder zu Staub? BFW-Praxisinformation 28, 24-26., www.waldwissen.net

PECENKA, R., SCHWEIER, J. u. LENZ, H. (2014): Was kostet die Ernte von KUP? Praxiserprobte Erntetechnologien im Vergleich. AFZ-Der Wald 21/2014: 6-9.

RÉDEI, K., CSIHA, I. u. KESERÜ, Z. (2011): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). Short-rotation crops under marginal site conditions. Acta Silv. Lign. Hung. 7: 125-132.

RÖHLE, H., HARTMANN, K.-U., STEINKE, C. u. MURACH, D. (2009): Leistungsvermögen und Leistungserfassung von Kurzumtriebsbeständen. In.: REEG, T., BEMMANN, A., KONOLD, W., MURACH, D. u. SPIECKER, H. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen: 41-55.

RUPPRECHT, S. (2012): Die Rentabilität der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) im Land Brandenburg bei Nieder-, Mittel- und Hochwaldbewirtschaftung. Masterarbeit, Fachrichtung Umweltwissenschaften, Masterstudiengang Raumentwicklung und Naturressourcenmanagement, Technische Universität Dresden (TUD).

SCHRÖCK, O. (1953): Beitrag zur Züchtung der Robinie (*Robinia pseudoacacia*). Der Züchter 23: 266-272.

SEA 95. SCHULZE, G. u. KOPP, D. (1996): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland. Schwerin, Eberswalde.

SPINELLI, R., SCHWEIER, J. u. DE FRANCESCO, F. (2012): Harvesting techniques for non-industrial biomass plantations. Biosystems Engineering 113: 319-324.

Waldbrand und wie weiter?

Totholzdynamik auf den Brandflächen bei Treuenbrietzen aus Sicht des Projekts PYROPHOB

Danica Clerc, Marina Schirmmacher, Jens Schröder

1 Hintergrund zum Projekt

Das Forschungsprojekt PYROPHOB startete im Sommer 2020 mit einer fünfjährigen Förderung im Rahmen des „Waldklimafonds“, der gemeinsam vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) getragen wird.

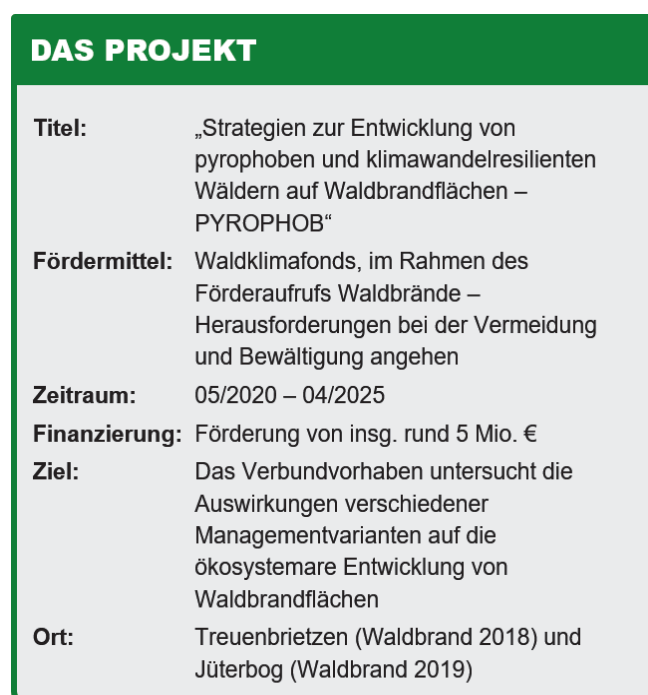


Abb. 1: Projektinfo

Ziel des Projekts ist es herauszufinden, wie sich Waldbrandflächen im Rahmen unterschiedlicher Managementstrategien entwickeln, um daraus Handlungsempfehlungen für die Forstpraxis abzuleiten. Ein wichtiger Aspekt der Forschung ist dabei die anschließende Synthese, bei der die Einzelergebnisse der Spezialdisziplinen miteinander in Beziehung gesetzt werden (vgl. Abb. 2).

Dabei geht es auch darum, eine Entwicklung von Waldökosystemen zu fördern, die kurzfristig das Feuerrisiko senken und zudem bestmöglich im Klimawandel bestehen.

Das Projekt wird von einer Forschungsgemeinschaft von acht Institutionen umgesetzt: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), Universität Potsdam (UP), Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU), Johann Heinrich von Thünen-Institut für Forstgenetik (TI), Senckenberg Deutsches Entomologisches Institut (SDEI), Naturwald Akademie (NWA) und Stiftung Naturlandschaften Brandenburg (SNLB).

2 Das Untersuchungsgebiet

Als Untersuchungsgebiet dienen Flächen in Südbrandenburg, die nahezu ausschließlich mit Kiefern bestockt waren und auf denen es in 2018 (Treuenbrietzen, insgesamt 334 ha) und 2019 (Jüterbog, insgesamt 744 ha) zu großflächigen Bränden kam (Abb. 3). Die Kombination verschiedener forstlicher Behandlungen, die

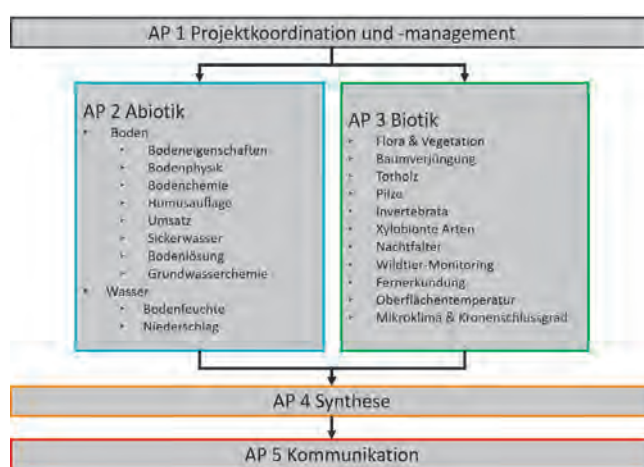


Abb. 2: Übersicht der Arbeitspakete (AP), Themen und Herangehensweise im Projekt PYROPHOB

von den Waldbesitzern auf den Flächen nach den Bränden durchgeführt wurden, bietet dabei eine einzigartige Forschungsumgebung. Seit Juli 2020 wurden im Untersuchungsgebiet insgesamt 150 Probekreise eingerichtet und mit der Datenerhebung begonnen. Sowohl in Treuenbrietzen als auch in Jüterbog wurden außerdem angrenzende Vergleichsflächen als Referenz hinzugezogen, die nicht vom Brand betroffen waren.

Zentraler Bestandteil des Projekts ist es, die Unterschiede der Flächen nach ihrer forstlichen Behandlung zu erforschen, um die verschiedenen Managementvarianten zu vergleichen. Dabei werden die Forschungsflächen nach diesen Kriterien unterschieden:

Unterschiede während des Brandes:

- Brandintensität: unverbrannt - gering - mittel - hoch (ICKRATH 2022)

Unterschiede nach dem Brand:

- Beräumung: 0 % - 50 % - 75 % - 100 %
- Zäune: ja - nein
- Bodenverwundung: gepflügt - aufgeraut - unverwundet
- Verjüngung: Naturverjüngung - Saat - Wildlinge - Pflanzung
- Baumarten: Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Rot-Eiche, Gemeine Kiefer

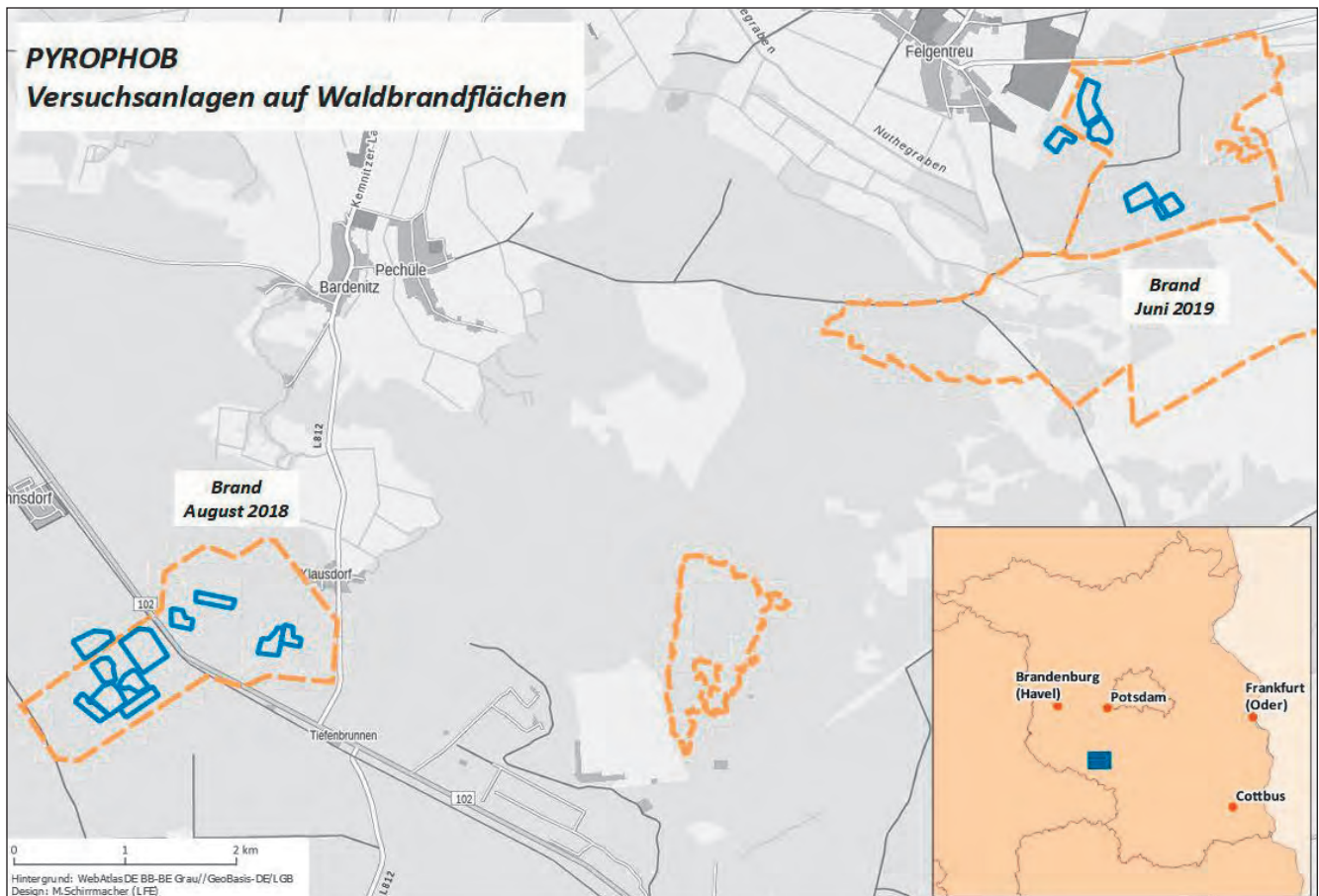


Abb. 3: Lage der Untersuchungsflächen (blau umrahmt) sowie Ausdehnung der Brände 2018 und 2019

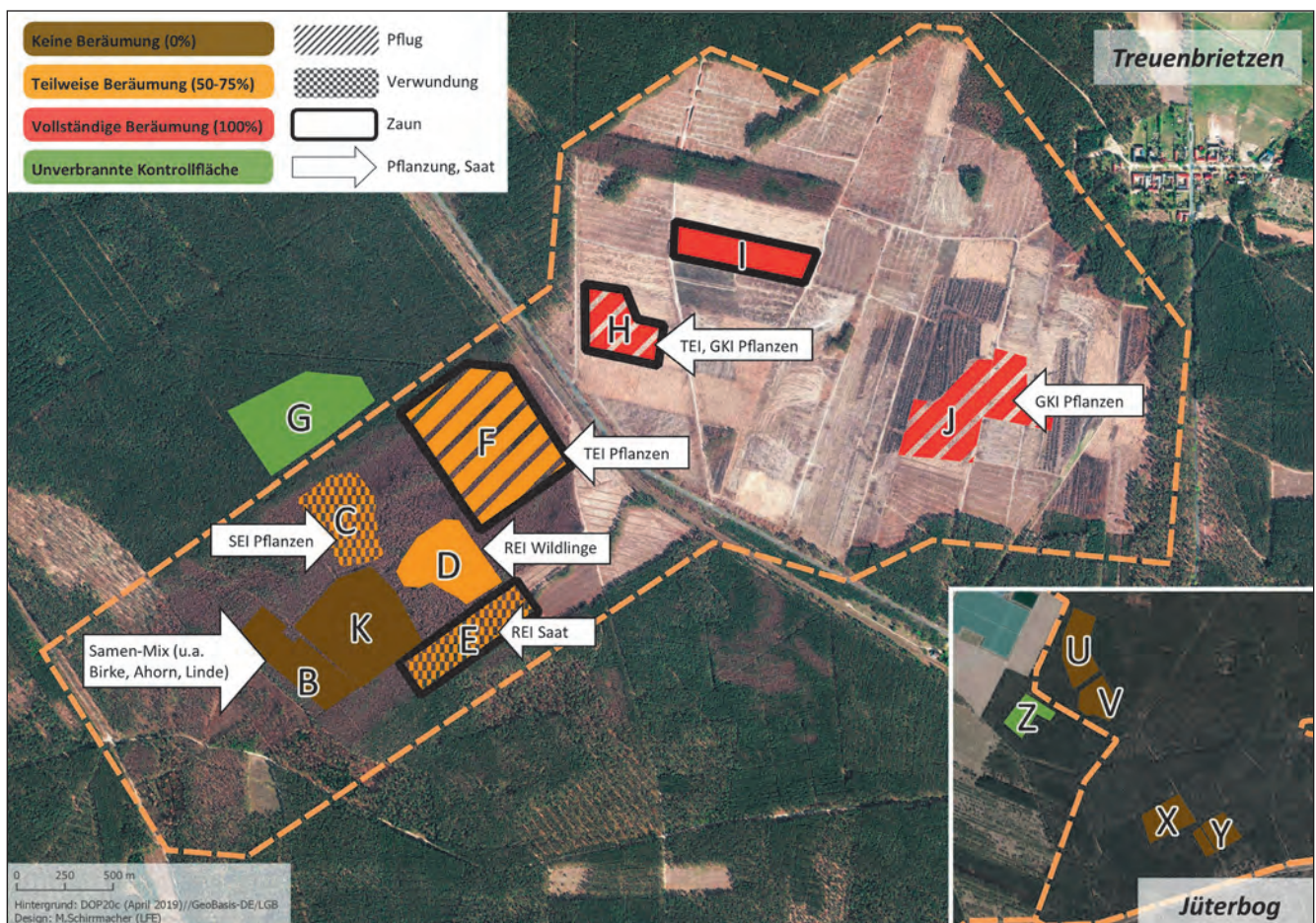


Abb. 4: Übersicht der verschiedenen Managementvarianten auf den Projektflächen

3 Schwerpunkte des LFE

Im Verbundprojekt koordiniert das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) die Aufnahmen und Auswertungen der natürlichen und künstlichen Wiederbewaldung auf den Brandflächen (Bereich „Waldstruktur“). Dazu gehören Erhebungen zu den Themen Verjüngung sowie Totholz (AP 3, vgl. Abb. 2). Außerdem ist das LFE für die Kommunikation und den Wissenstransfer in die Forstpraxis mitverantwortlich (AP 5).

Übersicht zur Datenerhebung im Bereich „Waldstruktur“

TOTHOLOZ	Stehendes Totholz sowie Stubben; ab 7 cm Durchmesser • Erfassung im Radius $r = 17,8\text{ m}$ • Aufnahme auf insg. 45 Plots • Erstaufnahme Winter 2020/21 • Kontrolle etwa alle 6 Monate
	Liegendes Totholz Erfassung ab 0,1 cm Durchmesser • Erfassung im Radius $r = 7,3\text{ m}$; auf drei Transekten • Aufnahme auf insgesamt 150 Plots • Erstaufnahme Winter 2021/22 • Wiederholungsaufnahmen je 2022, 2023, 2024
VERJÜNGUNG	Verjüngung (allgemein) Hierbei werden alle Bäume bis zu einem BHD von 7cm dokumentiert, jedoch ohne Erfassung der genauen Position und ohne Nachvollziehbarkeit der einzelnen Baumindividuen. • Erfassung im Radius $r = 10\text{ m}$ • Aufnahme auf insgesamt 45 Plots • Erstaufnahme Sommer 2020 • Wiederholungsaufnahmen je im Sommer 2021, 2022, 2023, 2024
	Verjüngung (individual) Erfassung aller Bäume ab 10 cm Höhe bis 7 cm BHD inkl. Position, dauerhafte Markierung mit ID-Plomben. Zählung aller Bäume bis 10 cm (Anzahl pro Baumart) • Erfassung im Radius $r = 2\text{ m}$ • Aufnahme auf insgesamt 105 Plots • Erstaufnahme Januar 2021 • Wiederholungsaufnahmen je im Winter 2021/22, 2022/23, 2023/24

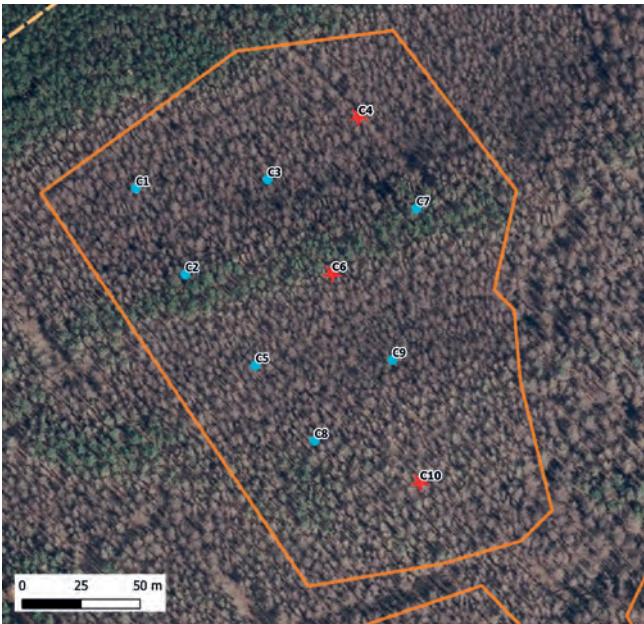


Abb. 5: Exemplarische Darstellung der Untersuchungsfläche „Site C“ mit 3 Very Important Plots (VIPs, rot) sowie 7 Individual Tree Plots (ITPs, blau)

Verjüngung

Die Daten zur Baumverjüngung dienen als einer der Indikatoren zur Beschreibung der Waldstruktur (zusammen mit Mikroklima, Gehölzbiomasse und Totholz), zur Interpretation des Erfolges von Behandlungsvarianten und zur Einschätzung der zukünftigen Entwicklung auf den Waldbrandflächen.

Auf jeweils drei der zehn Probekreise pro Fläche werden jährlich in einem Zeitraum von August bis Oktober (am Ende der Wachstumsperiode) in einem Radius von 10 Metern um den Plotmittelpunkt vollständige Aufnahmen der Verjüngung durchgeführt. Alle Bäume in der Verjüngung ($\leq 7\text{ cm}$ Durchmesser) werden taxonomisch bestimmt und die senkrechte Höhe sowie der Wurzelhalsdurchmesser gemessen, Schäden werden dokumentiert.

Auf den anderen sieben der zehn Probekreise pro Fläche werden jährlich zwischen November und April in einem Umkreis von 2 Metern um den Plotmittelpunkt die Bäume individuell erfasst. Jeder einzelne Baum in der Verjüngung ($\leq 7\text{ cm}$ Durchmesser) und einer Höhe von $\geq 10\text{ cm}$ wird zur Identifizierung mit einem nummerierten Schlaufenetikett (Durchziehplombe) markiert und vermessen, Schäden werden dokumentiert. Bäume mit einer Höhe $< 10\text{ cm}$ werden nur bestimmt und gezählt. Um die Lage jedes einzelnen Baumes auf dem Probekreis zu dokumentieren, wird dessen Position relativ zum Mittelpunkt des Probekreises bestimmt. Diese Daten dienen der Einzelverfolgung des Zustands eines jeden Baumes über die Projektlaufzeit, der Dokumentation von Artenvielfalt und -zusammensetzung sowie der Ermittlung von Biomassevorräten der Gehölze.



Abb. 6: Aufnahmen zur Verjüngung auf Individual Tree Plots (ITPs), je 7 Plots pro Fläche (insg. 105). Zu sehen sind die eingesetzten Durchziehplomben, durch die die Bäume markiert sind und deren individuelle Entwicklung über die Jahre erforscht werden kann.

Totholz

Stehendes Totholz

Als stehendes Totholz wird das gesamte Derbholz mit einem Brusthöhendurchmesser ab 7 cm erfasst. Bei der Grundaufnahme im Winter 2020/2021 wurden ebenfalls alle sichtbaren Stubben erfasst. Die Aufnahme des stehenden Totholzes wird seit der Grundaufnahme etwa im Halbjahresturnus wiederholt. Durch diese kontinuierliche Beschreibung des Zustandes werden unter anderem die Zeitpunkte von Brüchen oder Wüfen erfasst. Weiterhin können Rückschlüsse auf die Bestandesstruktur vor dem Brand gezogen werden.

Liegendes Totholz

Liegendes Totholz (engl.: downed deadwood) wird mit Hilfe einer Transektmethode aufgenommen. Als Grundlage dient das Verfah-

ren der Waldinventur des USDA Forest Service (WADDEL 2002, WOODALL et al. 2019). Die Methode wurde dem bisherigen Versuchsdesign im Projekt PYROPHOB angepasst und erfasst alles liegende Holz ab 0,1 cm Durchmesser (LANGE 2022). Dafür werden um jeden Plot-Mittelpunkt die Transekte mit Maßbändern in den Ausrichtungen 30°, 150° und 270° abgesteckt. Bei der Aufnahme wird das liegende Totholz unterschieden in grobes Totholz / Coarse Woody Debris (CWD) und feines Totholz / Fine Woody Debris (FWD). Alle Totholzstücke, welche die Transekt-Linie schneiden, werden je nach Kategorie gezählt (vgl. Abb. 8 und 9).



Abb. 7: Blick in eine „VIP“-Fläche, auf der stehendes Totholz und die Veränderungen über die Zeit erfasst werden

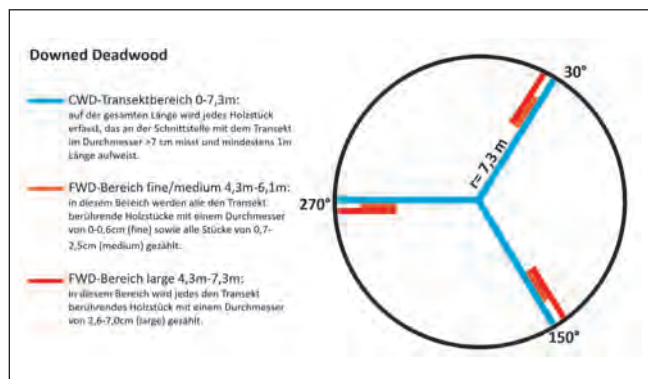


Abb. 8: Darstellung der im Projekt angewandten Methode zur Erfassung des liegenden Totholzes entlang von Transekten



Abb. 9: Eingruppierung eines Holzstücks (Unterscheidung zwischen fine, medium, large), das einen Transekt berührt

4 Erste Ergebnisse im Bereich Totholz

Scientific Foto Monitoring

Ein Teil des Projekts ist die kontinuierliche Durchführung eines wissenschaftlichen Fotomonitorings, koordiniert von der Stiftung Naturlandschaften Brandenburg. Die entstandenen Bilder eignen sich besonders als visualisierende Ergänzung zur Datenaufnahme im Bereich des stehenden Totholzes und geben einen Überblick über die Situation vor Ort. Die Aufnahmen erfolgen über die gesamte Projektzeit, etwa halbjährlich und finden immer an identischer Position statt; zum Vergleich der Perspektive dient die Fluchtstange im Bild.



Abb. 10: Wissenschaftliches Fotomonitoring, Fläche B in Treuenbrietzen (Fotos: Dr. Tilo Geisel)

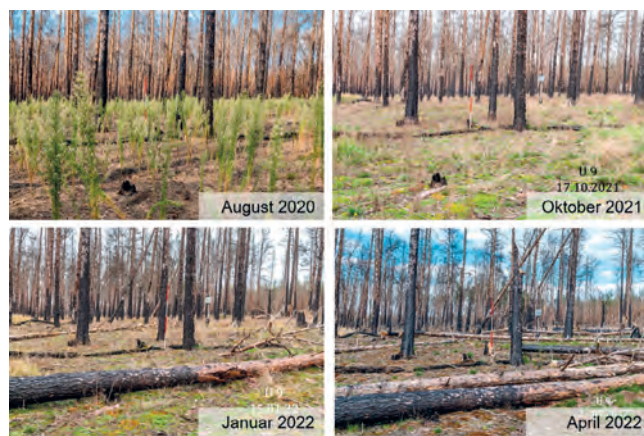


Abb. 11: Wissenschaftliches Fotomonitoring, Fläche U in Jüterbog (Fotos: Dr. Tilo Geisel)

Erste Ergebnisse zum stehenden Totholz

Aus den aufgenommen Daten lassen sich erste Ergebnisse zum stehenden Totholz ableiten, insbesondere zum Zeitpunkt des Brechens bzw. Umstürzens. Deutlich wird dabei, dass etwa 3 Jahre nach dem Brand auf den Flächen eine deutliche Änderung eintritt. Standen bis dahin noch viele der belassenen Bäume, so verändert sich die Situation dann rasant. So geht auf der Fläche F das im Frühjahr 2021 fast vollständig noch als „stehend“ eingeordnete Totholz bis zum darauffolgenden Winter überwiegend in liegendes Totholz über (vgl. Abb. 12). Auch für Fläche C (vgl. Abb. 13) kann der beschriebene Umbruch in dieses Zeitfenster eingeordnet werden.

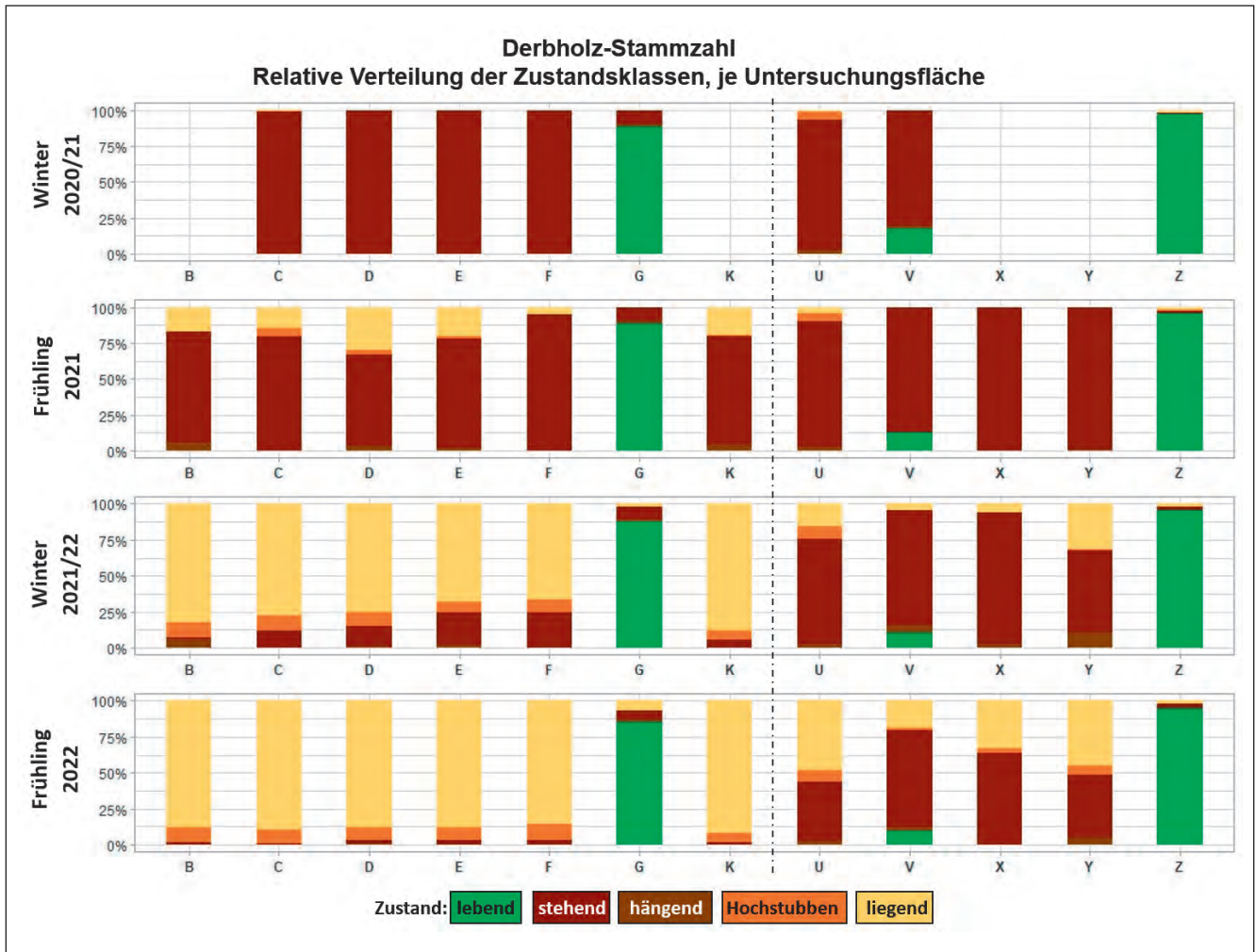


Abb. 12: Dargestellt ist der relative Anteil der Totholz-Stämme nach Zustand je Untersuchungsfläche. Die Flächen B-K sind Treuenbrietzener Flächen (Brand 2018), U-Z Jüterboger Flächen (Brand 2019). Die Flächen G und Z sind die unverbrannten Referenzflächen. Die verschiedenen Zeilen zeigen die Ergebnisse zu den jeweiligen Zeitpunkten: die erste Aufnahme (1. Zeile) erfolgte im Winter 2020/21, die zweite im Frühling 2021 usw. Die Veränderungen auf den jeweiligen Untersuchungsflächen über die Zeit werden so ersichtlich.

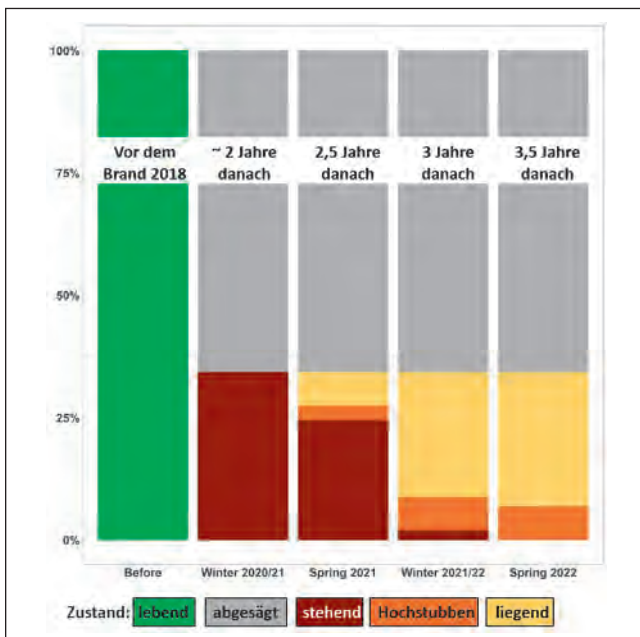


Abb. 13: Detailansicht zu Fläche C10 veranschaulicht die Dynamik des stehenden Totholzes. Die erste Totholzaufnahme erfolgte hier im Winter 2020 (2. Spalte): dort wurden 35 stehende Bäume (rot) und 66 Stubb (grau) vorgefunden. Anhand dessen wurde der Ausgangszustand vor dem Brand rekonstruiert (1. Spalte). Zum Zustand vor dem Feuer gab es bislang keine Daten. Mit den Folgeaufnahmen (3.-5. Spalte) wurden dann die Veränderungen im Laufe der Zeit erfasst. Zuletzt kommen im Juni 2022 nur noch Hochstubb und liegende Stämme vor, keine stehenden Bäume. Auch aus dieser Darstellung wird deutlich, dass im Herbst/Winter 2021 ein großer Umbruch auf den Flächen stattfand.

Erste Ergebnisse zum liegenden Totholz

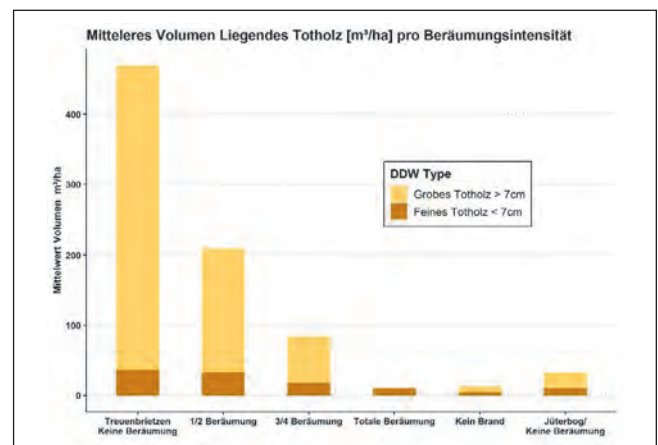


Abb. 14: Liegende Totholz mengen (Mittelwert in m^3/ha) je nach Behandlungs- bzw. Beräumungsvariante. Einbezogen ist hier die gesamte Menge des liegenden Totholzes (feines Totholz ab 0,1 cm bis 7cm Durchmesser; grobes Totholz > 7cm Durchmesser). Dabei macht das feine Totholz (FWD, fine woody debris; vgl. auch Abb. 8) bei den nicht beräumten Flächen B und K in Treuenbrietz weniger als 10 % der Gesamtmenge aus. Oder anders ausgedrückt: etwa 90 % des liegenden Totholz volumens geht auf liegende Stämme und Kronenteile mit einem Durchmesser > 7cm zurück.

Zwischenfazit zum Forschungsthema Totholz

Die Aufnahmen zum Totholz verfolgen verschiedene Ziele:

- Die aus den Untersuchungen hervorgehenden Erkenntnisse zum stehenden Totholz, zum Beispiel zu dessen Standdauer,

sollen eine Orientierung für FörsterInnen und Waldbewirtschaftende bieten. Das Zeitfenster, in denen Handlungsspielraum hinsichtlich Totholz besteht, konnte bereits jetzt recht genau eingegrenzt werden. Die Ergebnisse fließen in eine abschließende Handlungsempfehlung ein, von der Managementstrategien abgeleitet werden können.

- Mit der Grundaufnahme konnte eine Rekonstruktion der Ausgangssituation der Waldstruktur vor dem Brand geschaffen werden. Diese war notwendig, da überwiegend keine Daten für die Bestände zur Verfügung standen. Diese Bestockungsinformationen nehmen ebenfalls Einfluss auf Handlungsempfehlungen, zum Beispiel auf Grund möglicher Zusammenhänge zwischen Bestockungsdichte und Feuerintensität.
- Der Datensatz schafft eine Grundlage für Partner im Verbund, sodass Korrelationen mit Daten aus anderen Bereichen möglich sind. Erkenntnisse aus dem Bereich Totholz können beispielsweise mit Verjüngungsdaten in Verbindung gebracht werden: „Inwiefern nimmt das Totholz Einfluss auf die Etablierung und die Entwicklung der Verjüngung?“
- Im Themenbereich Totholz werden die Daten im Verbund mit verschiedenen Methoden erfasst, um sowohl die Ergebnisse als auch die Methoden in Aufwand und Ergebnisqualität zu vergleichen und möglicherweise Verbesserungen für künftige Inventarisierungen vorschlagen zu können. So wurde das stehende Totholz vierfach erfasst:
 - klassische Methode mittels Vollklappung, Positionsbestimmung und Messung repräsentativer Höhen zur Ableitung von Bestandeshöhenkurven (LFE)
 - Terrestrisches Laserscanning (NWA)
 - Drohnenaufnahmen (UP)
 - Satelliten-Daten (UP)



Abb. 15: Pappelverjüngung wächst durch die liegenden Totholzstämme empor. Der Aspekt, inwiefern Totholz bei Naturverjüngung unterstützen kann – z. B. begünstigt durch Windberuhigung, Schatten- und Feuchtigkeitsspende, Verbissschutz – wird im Projekt untersucht.

5 Ausblick

Kurz nach den letzten Kontrollaufnahmen zum stehenden Totholz im Juni 2022 kam es zu einem erneuten Brand auf den Treuenbrietzener Waldflächen, der etwa 200 ha umfasste. Das Thema Totholz ist seitdem sowohl innerhalb des Projekts als auch medial besonders in Erscheinung getreten und wird intensiv diskutiert.

Ziel des Projekts war und ist jedoch nicht, einfache Botschaften wie „gutes Totholz“ oder „schlechtes Totholz“ zu produzieren, sondern die Möglichkeiten sowie Effekte im Bereich Totholz differenzierter zu untersuchen. Nicht zuletzt wurden dafür unterschiedliche Behandlungsvarianten als Grundlage ins Projekt eingebracht. Jedoch sind nun einige dieser Flächen ein zweites Mal verbrannt, auf denen abgestufte Maßnahmen stattfanden – also auf denen beispielsweise 50 % der verbrannten Bäume zunächst belassen wurden. Für einen Vergleich zwischen den Managementvarianten konnten in knapp zwei Jahren Forschungszeit bis zum erneuten Brand im Juni 2022 leider nicht ausreichend belastbare und statistisch abgesicherte Daten gesammelt werden.

Dennoch oder gerade weil sich die Debatte in einen Richtungsstreit zu entwickeln droht, ist es notwendig zu differenzieren. Es gilt zu diskutieren, in welchem Verhältnis der ökologische Nutzen des Totholzes zu der darin verborgenen Brandlast und damit möglicherweise höheren Risiken für Waldbrandschäden steht. Im diesen Sinne empfiehlt sich eine kritische, differenzierte Risiko-Nutzen-Abwägung und zwar hinsichtlich:

- der Menge des Totholzes
→ ab welcher Menge Totholz sind möglichst viele Vorteile und gleichzeitig ein möglichst geringes, vertretbares Risiko vorhanden?
- des Zustands des Totholzes
→ welche Vor- oder Nachteile bietet stehendes Totholz gegenüber liegendem?
→ welche Unterschiede resultieren aus grobem Totholz (beispielsweise Stämme) gegenüber feinem (Reisig)?
- des Zeitpunkts und -raums
→ für welchen Zeitraum gilt eine Risikobewertung?
- der Besonderheiten einer Fläche
→ für welche (ggf. Kampfmittelverdachts-, oder Naherholungs-) Flächen treffen diese Einschätzungen zu?

Die hier vorgestellten Ergebnisse bilden zunächst einen Zwischenstand ab. Analysen der anderen Teilprojekte konnten bislang noch nicht einbezogen werden. Bis zum Projektende im Sommer 2025 strebt das Projektteam des LFE fundierte und multidisziplinär erarbeitete Erkenntnisse zur komplexen Thematik „Waldbrand“ an. Dabei wird beabsichtigt, möglichst viele praxisrelevante Fragestellungen einzubeziehen.

6 Literatur:

ICKRATH, L. (2022): Forest fire severity mapping and post-fire vegetation monitoring on different silvicultural treatment scenarios - A case study with Sentinel-2 Data of three years in Treuenbrietzen. Bachelorarbeit am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde.

LANGE, K. (2022): Erfassung von liegendem Totholz auf Waldbrandflächen in Südbrandenburg. Bachelorarbeit am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde.

WADDEL, K. L. (2002): Sampling Coarse Woody Debris for Multiple Attributes in Extensive Resource Inventories. *Ecol. Ind.* 1:139-153.

WOODALL, C. W.; MONLEON, V. C.; FRAVER, S.; RUSSELL, M. B.; HATFIELD, M. H.; CAMPBELL, J. L.; DOMKE, G. M. (2019): Data Descriptor: The downed and dead wood inventory of forests in the United States. *Scientific Data* 6(1):180303 | DOI: 10.1038/sdata.2018.303

Waldschutz über den Tellerrand

Praxisbeispiele einer bewährten Symbiose zwischen Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg

Christian Müller

1 Einleitung

Die Landesforst Mecklenburg-Vorpommern (MV) und das Land Brandenburg (BB), vertreten durch das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), kooperieren seit mehr als 26 Jahren auf dem Gebiet des Waldschutzes. Dabei übernimmt das LFE als Dienstleister festgelegte Aufgaben aus den Bereichen Phytopathologie und Entomologie, wie zum Beispiel die Auswertung des Monitorings für bestimmte Schaderreger, die Erarbeitung von Prognosen zu schwer bestimmmbaren Schäden und Schaderregern sowie die Ableitung von Empfehlungen für Gegenmaßnahmen oder Prophylaxemöglichkeiten. So entsteht ein intensiver Informations- und Datenaustausch in der Waldschutz-Beratung.

Die Resultate dieser Zusammenarbeit sind diverse Überwachungsergebnisse, Vorträge, Berichte, Flyer, Schulungen & gemeinsame Waldschutzexkursionen in Abhängigkeit vom aktuellen Schadensgeschehen. Durch das große Repertoire an fachlichen Kompetenzen und die gute technische Ausstattung unterstützt das LFE die Landesforst MV bei der Waldschutz-Überwachung der Wälder in MV. Im Folgenden werden nur einige von mehreren Dutzenden gemeinsamen Arbeiten vorgestellt, bzw. Ereignisse in denen das LFE zur Diagnoseerstellung beitragen konnte.

2 Schwerpunkte und einige Beispiele der Zusammenarbeit im Rückblick

2.1 Winterbodensuchen

Hauptrolle dieser Kooperation nehmen die jährlich durchgeführten Winterbodensuchen ein. Die Probesuchen im Bestand werden von den Mecklenburger Kollegen selbst durchgeführt. Anschließend wird das Fundmaterial an Kieferngrößschädlingen und deren natürlicher Gegenspieler zur weiteren Untersuchung und schließlich zur Auswertung an das LFE gesendet. Im Labor werden zahlreiche Vitalitätsparameter bestimmt. Dazu zählen Geschlech-

terverhältnis, Puppengewicht, Mortalität, Parasitierung und bei den Kiefernbuschhornblattwespen die Schlupfbereitschaft. Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen können bei der Auswertung – auch unter Betrachtung der langjährig vorliegenden Daten – Aussagen zur Populationsentwicklung und zum Gradationsstadium erfolgen (Abb. 1). Mit den Laboruntersuchungen wird die Genauigkeit der Prognosen wesentlich erhöht. Es kann bereits frühzeitig festgelegt werden, ob ein weiterführendes Monitoring für bestimmte Schadinsekten notwendig sein wird. Circa ein Viertel der jährlichen Arbeitsleistung des Mitarbeiters für das Projekt „Mecklenburg-Vorpommern“ wird durch die Winterbodensuche beansprucht. Die Ergebnisse werden der Landesforst MV jedes Jahr in Form eines Berichtes mit ausführlichen Ergebnistabellen zur Verfügung gestellt. Die Entscheidungen zur Folgeüberwachung erfolgen nach Abstimmung letztlich durch die Waldschutzmeldestelle in Schwerin.

2.2 Waldschutzexkursionen und gemeinsame Entscheidungen im Risikomanagement

2010 wurde, wie auch schon mehrere Jahre zuvor, im Stadtforst Rostock starker Harzfluss an Sitkafichte beobachtet. Vor Jahren war der Verdacht auf den Riesenbastkäfer gefallen, ein Nachweis konnte aber nicht erbracht werden. Erneut war unklar, wer der Verursacher ist. Am 26. und 27.05.2010 trafen sich die Mecklenburger und Brandenburger Waldschutzkollegen zum fachlichen Austausch in Form einer Waldschutzexkursion. Frau Dr. Hielscher (LFE) konnte im Rahmen dieser Waldschutzexkursion die Larven finden, diese bestimmen und so belegen, dass der Riesenbastkäfer (*Dendroctonus micans*) die Schäden verursacht hatte.

Aufgrund kritischer Kiefernspannerdichten bei den Winterbodensuchen 2007/08 nahm Frau Dr. Möller (LFE) im Rahmen der Entscheidung zum Pflanzenschutzmitteleinsatz an der vom 10.-11.7.2008 stattgefundenen Bereisung der gefährdeten Bestände mit den Mitarbeitern des MLUV/MV und der Landeswaldschutz-

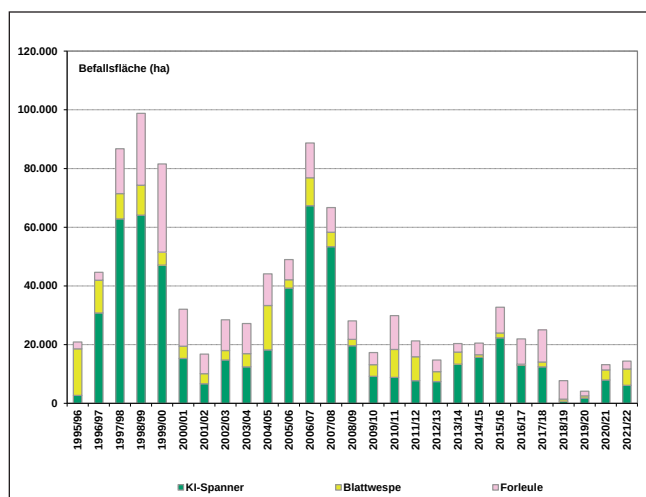


Abb. 1: Winterbodensuche – langjährige Überwachungsergebnisse der Kieferngrößschädlinge Kiefernspanner, Forleule und Blattwespe in MV



Abb. 2: Gemeinsame Waldschutzexkursion zu den Themen abiotische Schäden und Eschentriebsterben; Rostock, 2014 (Foto: P. Heydeck)

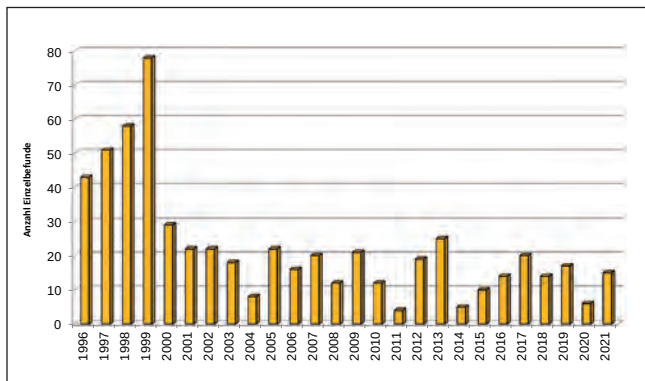


Abb. 3: Diagnosen für Mecklenburg-Vorpommern



Abb. 4: Beratung zum Ameisenschutz mit Bestimmungsübungen; Karow, 2019

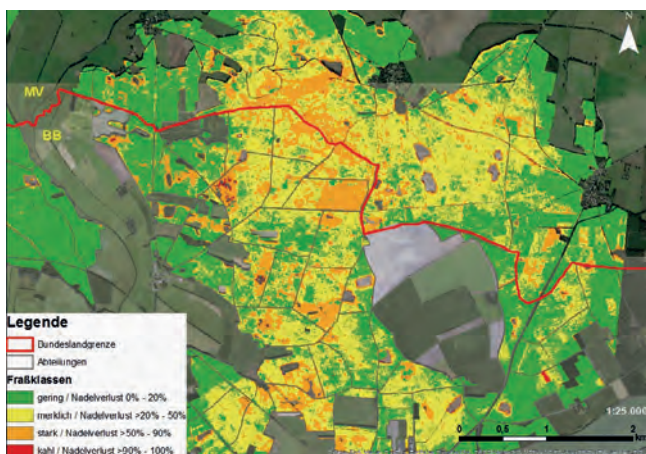


Abb. 5: Fraßgebiet entlang der Grenze zwischen den Bundesländern MV und BB. Biomasseveränderung auf Grundlage von PlanetScope Satellitendaten; Beak Consultants GmbH (überarbeitet)



Abb. 6: *Gilpinia frutetorum* – Seitenansicht; Rumpf hell-dunkelgrün gestreift

meldestelle MV teil. Insbesondere die Nachweise der zumeist intensiven Parasitierung der Eier durch *Trichogramma evanescens* und Starkregenfälle während des Falterfluges und -schlupfes sowie das Schwarzwildvorkommen im FoA Conow führten zur sehr deutlichen Reduzierung der Applikationsflächen von 5.655 ha auf 136 ha.

2002 wurde Deutschland von einer Welle von Absterbeerscheinungen an Gemeiner Esche überrannt. Erst als der Erreger von T. Kowalski Jahre später isoliert wurde, konnte man dem Schadensgeschehen einen Namen geben: Eschentriebsterben. Die Krankheitssymptome wurden für das Nordostdeutsche Tiefland erstmals 2002 in Mecklenburg-Vorpommern im Forstamt Neubrandenburg nachgewiesen. Später folgten die Forstämter Torgelow, Poggendorf und Schuenhagen. An den Symptommachweisen und den begleitenden Diagnosearbeiten war Dr. Paul Heydeck (LFE) maßgeblich beteiligt.

2.3 Diagnosearbeiten

Diagnosearbeiten sind umfangreicher Bestandteil des Werkvertrages zwischen MV und Brandenburg. Das LFE ist insbesondere bei schwer zu erkennenden Ursachen gefragt und diagnostiziert phytopathologische, entomologische sowie abiotische und komplexe Schadensursachen. In Abb. 3 sind die jährlich summierten Einzeldiagnosen seit Beginn der Zusammenarbeit dargestellt.

2.4 Schulungen und Vorträge

Regelmäßig beteiligte sich das LFE mit Vorträgen bei Waldschutz-Fachveranstaltungen in Mecklenburg-Vorpommern. Dr. Katrin Möller (LFE) hat daneben mehrfach Schulungsveranstaltungen zur Biologie und Ökologie von Waldameisen geleitet. Inhalt waren dabei auch Übungen zur Artbestimmung und die Wissensvermittlung zur Durchführung von Rettungsumsiedlungen Roter Waldameisen. Damit wurde Ausbildung und Etablierung von Waldameisen-Umsiedlern in der LFoA-MV unterstützt.

3 Ein aktuelles Beispiel – Kiefernbuschhornblattwespen auf beiden Seiten der Ländergrenze

3.1 Die Situation

Im Juni 2021 ereignete sich eine Massenvermehrung einer Blattwespe, die bisher eher eine Nebenrolle im Waldschutzgeschehen eingenommen hat und als Begleitart bei Massenvermehrungen von *Diprion pini* bekannt ist. Das länderübergreifende Befallsgebiet entlang der Grenze zwischen den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern (Forstamt Grabow, Revier Steesow) und Brandenburg (Oberförsterei Gadow, Revier Lenzen) erforderte eine engmaschige Zusammenarbeit sowie einen kontinuierlichen Wissensaustausch, um schließlich gemeinsam Lösungskonzepte erarbeiten zu können. Im weiteren Verlauf wird auf dieses Schadensereignis ausführlich eingegangen.

Bei einer Routinekontrolle einer Pheromonfalle fiel den Brandenburger Kollegen starker Kotfall auf der Windschutzscheibe auf. Nachdem die ersten Bilder der Afterraupen den Fachbereich Waldschutz des LFE erreichten, konnte die für den Fraß und Kotfall verantwortliche Art zügig determiniert werden. Es handelte sich um die Kleine Dunkle Kiefernbuschhornblattwespe (*Gilpinia frutetorum* F.).

In der Literatur ist wenig über diese Art zu finden, obwohl sie laut SCHWENKE (1982) die am häufigsten vertretene solitär fressende Kiefernbuschhornblattwespe sein dürfte. Der Rumpf der Larven ist hell-dunkelgrün gestreift. Sowohl im Bestand als auch bei den

Laboruntersuchungen wurden außerdem hell-dunkelrosa gestreifte Exemplare gefunden. Ob es sich hierbei um eine weitere Variante oder um eine eigene Art handelt, konnte nicht abschließend geklärt werden. Das markanteste Merkmal ist ein geschlossenes schwarzes Stirndreieck, dessen Innenfläche hell bleibt, auf einer (grün-) gelben Kopfkapsel (Abb. 8).

3.2 Zu Biologie und Vorkommen

Die seltenen Massenvermehrungen von *Gilpinia frutetorum* scheinen sich an Jahre mit besonders hohen Temperaturen und Niederschlagsdefiziten anzuschließen und sind bisher aus Polen und einigen Bereichen Norddeutschlands bekannt (SCHWENKE 1982). In Hinblick auf die Massenvermehrung 2021 kann dies bestätigt werden, da die Jahre 2018, 2019 und 2020 überdurchschnittlich warm und trocken ausfielen.

Die Verbreitung der Art erstreckt sich über Nord- und Mitteleuropa. Im Osten findet man sie bis Kleinasien, dem Kaukasus und teilweise in Sibirien. Sie wurde bereits in die östlichen Teile der USA und Kanadas eingeschleppt. Meldungen über hohe Dichten betrafen in Deutschland vor allem die Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 1931–32, Brandenburg 1995 und 2021, Niedersachsen 1949 und 1951–52 und Sachsen-Anhalt.

1949 wurde in einer Karte das „bedrohliche Auftreten“ von *Gilpinia frutetorum* (damals noch als *Diprion frutetorum* bezeichnet) dokumentiert (Abb. 9). Laut SCHWENKE durchläuft *G. frutetorum* zwei Generationen pro Jahr (Mai/Juni und August-September). SCHWENKE lässt die Möglichkeit offen, ob der bivoltine Zyklus die Regel ist oder, in Anlehnung anderer *Diprionidae*, ein univoltiner Zyklus mit mehreren verzettelten Schlupfwellen stattfinden könnte.

3.3 Wie ging es 2021 am LFE weiter?

Nachdem klar war, um welches Schadinsekt es sich handelt und da der Sommerfraß bereits in vollem Gange war, wurde den Kollegen beider Bundesländer empfohlen im 2-wöchigen Wechsel im Boden nach Kokons zu suchen, um diese an das LFE einzusenden. Ziel war die frühestmögliche Erkennung einer zweiten Schlupfwellen bzw. einer zweiten Generation, um einem möglichen Herbstfraß vorzubeugen. Um solche Prognosen ableiten und Empfehlungen aussprechen zu können, bedarf es der Bestimmung von Vitalitätsparametern wie der Schlupfbereitschaft und der Parasitierung. Im fachlichen Austausch und unter Einbeziehung von sowohl Fachliteratur als auch der aktuellen Beobachtungen entstand ein vorläufiges Monitoringkonzept. Alle Beteiligten sollten wissen, worauf mit welchem Ziele geachtet werden sollte.

Im Folgenden wird die Durchführung der Laboruntersuchungen am LFE beschrieben.

Schlupfbereitschaft

Nach dem Einspinnen in den Kokons durchlaufen die Blattwespen eine Morphogenese. Durch Untersuchungen anderer *Diprionidae* weiß man, wie viel Zeit die einzelnen Entwicklungsstadien im Durchschnitt in Anspruch nehmen. Dadurch lässt sich ableiten, wann die adulten Blattwespen schlüpfen werden. Das Eonymphenstadium dauert ca. 1–4 Tage oder geht in eine Diapause (Entwicklungsruhe) über (Abb. 11). Die Nymphen können mehrere Jahre überliegen, ehe es zum Schlupf der Wespen kommt. Das Eonymphenstadium sagt noch nichts über die Schlupfbereitschaft aus. Im Pronymphenstadium, welches 5–10 Tage andauert,



Abb. 7: *Gilpinia frutetorum* – Rückensicht; Länge ca. 25 mm



Abb. 8: Stirndreieck schwarz auf gelblicher Kopfkapsel

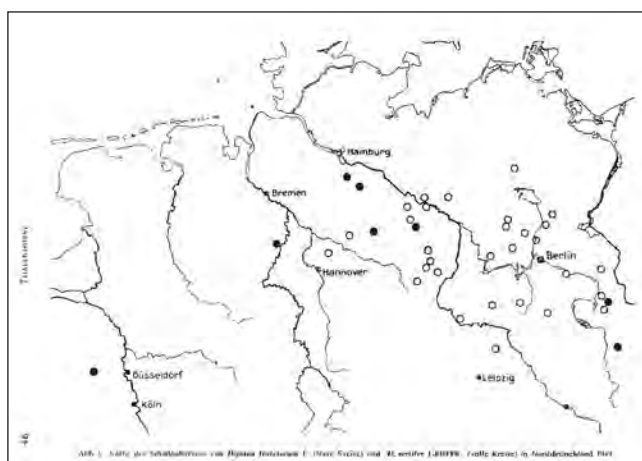


Abb. 9: Karte des Schadauftritts von *Diprion frutetorum* F. (leere Kreise) und *D. sertifer* (SCHWENKE 1982) in Norddeutschland 1949 (THALENHORST 1953)



Abb. 10: Kokons – links *Gilpinia frutetorum*, rechts *Diprion pini*

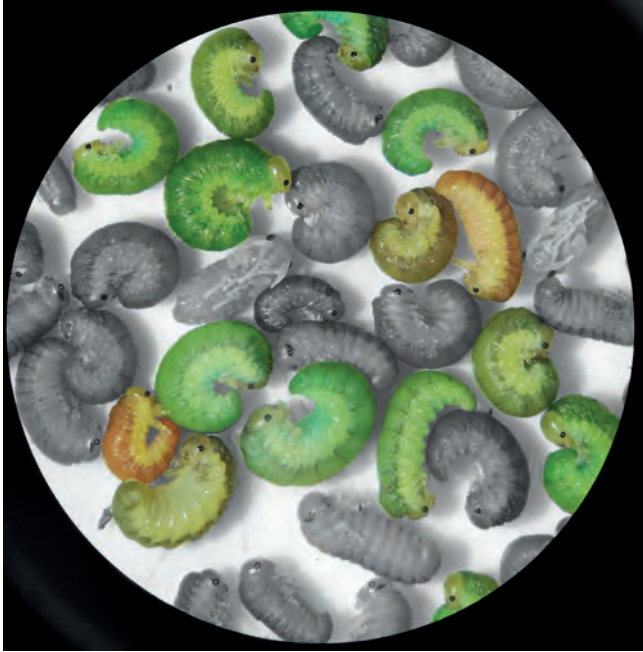


Abb. 11: Eonymphen

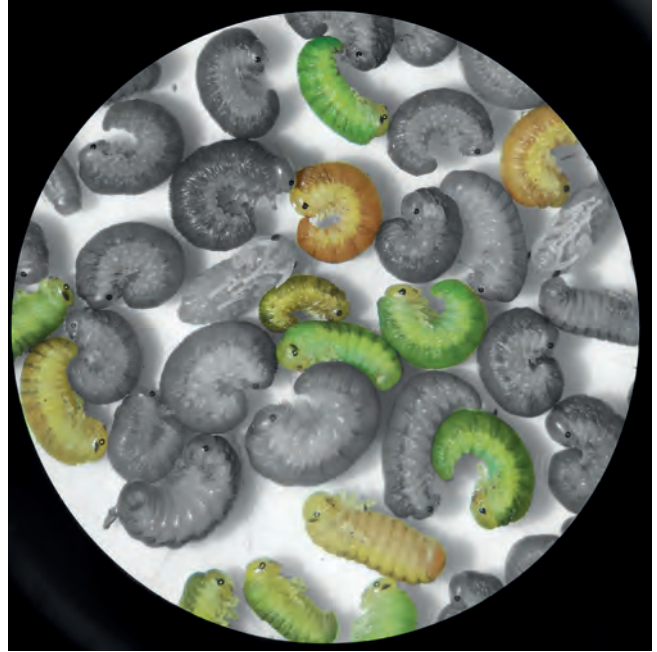


Abb. 12: Pronymphen

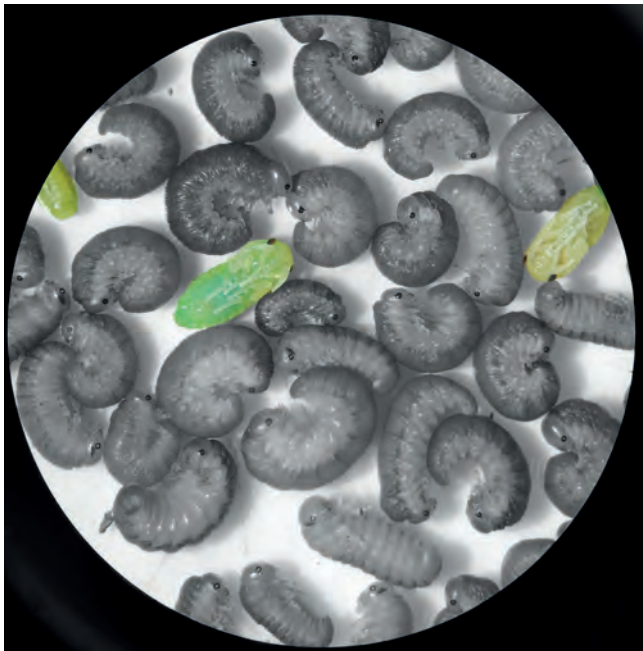


Abb. 13: Puppen



Abb. 14: Kleiner als 1 mm – Parasitoidenlarve (Raupenfleie) in der Körperflüssigkeit, der grünen Hämolymphe; links: Eonymphe

wird das scharf abgegrenzte, kreisrunde, schwarze Larvenauge allmählich funktionslos und blass. Gleichzeitig beginnt sich das Puppenauge zu entwickeln. Es ist anfangs nur als ein verwaschenes „Komma“ oder „Schweif“ am Rand des Larvenauges sichtbar (Abb. 12). Im anschließenden Puppenstadium (Abb. 13) sind die morphologischen Unterschiede zur Nymphe deutlich zu erkennen. Dieses Stadium dauert ca. 6–14 Tage. Die Imagines verbleiben noch für weitere 1–2 Tage im Kokon. Addiert man die Zeiträume der einzelnen Stadien (Eonymphe nicht mitgerechnet), dauert es somit ab der Ausprägung des Puppenauges im Pronymphenstadium 2–4 Wochen, bis die adulten Blattwespen schlüpfen.

Parasitierung

Ein weiteres wichtiges Merkmal, um die Genauigkeit der Prognose zu erhöhen, ist die Ermittlung der Parasitierung. Verschiedene Larven- und Kokonparasitoide können die Abundanz deutlich reduzieren. Bei *Gilpinia frutetorum* sind es vor allem Erzwespen (Chalcidoidea) wie z. B. *Dahlbominus fuscipennis*, Schlupfwespen (Ichneumonidae) wie z. B. *Hypsantyx lituratus* oder Raupenfliegen (Tachinidae), darunter u. a. *Blondelia inclusa*, die zum Tod ihres Wirtes führen.

Mit dem Skalpell wird die Kopfkapsel der vorher aus dem Kokon präparierten Larven abgetrennt und anschließend der Körperinhalt ausgestrichen. Ist die Entwicklung des Parasitoiden bereits fortgeschritten, erkennt man im besten Fall bereits okular die schmarotzende Larve. In den frühen Entwicklungsstadien befinden sich die mikroskopisch kleinen Parasitoidenlarven meist im Darm ihres Wirtes. In jedem Fall wird die Hämolympheflüssigkeit unter dem Mikroskop genau untersucht.

3.4. Frage Folgemonitoring – Eisuchen als Lösung

Mit der Ermittlung von Schlupfbereitschaft und Parasitierung hat man bereits zwei wichtige Grundbausteine, um Empfehlungen und Prognosen ableiten zu können. Überschreiten die Ergebnisse die artspezifischen kritischen Zahlen und lassen somit eine schwere Bestandsschädigung erwarten, werden als letzte Stichprobenerhebung vor einer endgültigen Entscheidung für oder gegen eine Bekämpfung und u. a. zur Befallsgebietsabgrenzung,

bei den häufigen Kiefernbuschhornblattwespen (*Diprion pini* und *D. similis*), Eisuchen durch Probebaumfällungen durchgeführt.

Wie auch beim „Pilzesammeln“ ist es hilfreich, wenn man vorher die Möglichkeit hat, sich auf die zu findenden Objekte „einzugucken“. Leider ist die Eiablage von *Gilpinia frutetorum* in der Literatur lediglich verbal beschrieben. Nach den Winterbodensuchen 2021/22, also in dem ersten Winter nach der seltenen Massenvermehrung, wurden deshalb ca. 500 Kokons aus dem Befallsgebiet in den Zuchtkammern am LFE gehalten und der Schlupf der Wespen beobachtet. Immer frische Kiefernzweige sorgten für die Möglichkeit der Eiablage.

Möglich war so die Beobachtung, Beschreibung und fotografische Dokumentation der Eiablage: An den Kiefernadeln wird in den meisten Fällen **ein Ei pro Nadel** abgelegt. Dazu legt das Weibchen in der Nähe der **Nadelscheide** seitlich eine **Eitasche** an, in der das längliche und weißliche Ei platziert wird (Abb. 15). Selten sind die Eier in den mittleren Nadelbereichen zu finden. Teilweise werden die Eier von der Nadelscheide verdeckt, sodass Eizählungen in der Praxis vermutlich sehr zeitaufwändig und mit einem großen Übersehfehler einhergehen würden.

Sind die Larven aus den Eiern geschlüpft, setzt in den Nadelbereichen entlang der Eitaschen eine beginnende Verbraunung ein (Abb. 16). In diesem Stadium ist die bereits zurückliegende Eiablage besser erkennbar. Allerdings ist man der Entwicklung des Schadinsekts in dieser Phase bereits einen Schritt hinterher.

Klassische Eisuchen bei *Gilpinia frutetorum* sind somit sehr wahrscheinlich keine Option für die Praxis. Möglichkeiten zur Fraßprognose könnten bei einer zweiten Generation die Zählungen der Sommerkokons darstellen. Für die Frühjahrs- generation ist die Zählung der adulten Weibchen in den Kronen sicher eine bessere Option als die Eizählung. Die Weibchen von *G. frutetorum* sind sehr träge und fliegen kaum. Nach einer Probebaumfällung könnten die auf und zwischen den Nadeln befindlichen oder auf die Plane gefallenen Weibchen eingefangen und gezählt werden. Kritische Zahlen sind in jedem Fall noch neu zu ermitteln.

Die Matrix zur Ermittlung der Bestandesgefährdung durch die zweite Generation von *Diprion pini* über die Kokonanzahlen je Krone (Sommerkokons) in Abhängigkeit vom Bestandesalter und der Bonität bietet eine hilfreiche Grundlage um kritische Weibchenzahlen pro Krone für *G. frutetorum* zu ermitteln. Diese Matrix muss entsprechend angepasst werden.

3.5 Situation 2021 und 2022 – learning by doing in der Praxis

Bis zum August 2021 hatte bereits merklicher Fraß mit einer letztlich durchschnittlichen Restbenadelung von 40–60 % stattgefunden. Anfang August wurde bei den Laboruntersuchungen einer Einsendung von der Mecklenburger Befallsseite ein Anstieg der Schlupfbereitschaft festgestellt. Dies war Grund zur Annahme, dass die zweite Generation bzw. eine zweite Schlupfwelle zum Kahlfraß der Bestände führen könnte. In der dritten Augustwoche trafen sich erneut Mecklenburger und Brandenburger Kollegen für einen fachlichen Austausch zu Fragen der Populationsentwicklung. Mit Probebaumfällungen in beiden Befallsgebieten konnte die Annahme eines möglichen Herbstfraßes widerlegt werden, da Eier bzw. Larven nur in verschwindend geringen Anteilen gefunden wurden.

Bereits ab der ersten Schadensmeldung wurde sowohl die Beratung der Privatwaldbesitzer als auch die Überwachung der Bestände intensiviert, was bei den nachfolgenden Winterbodensuchen 2021/22 ein verdichtetes Suchraster zur Folge hatte. Im



Abb. 15: Eiablage von *Gilpinia frutetorum* an der Nadelscheide



Abb. 16: Verlassene Eitaschen

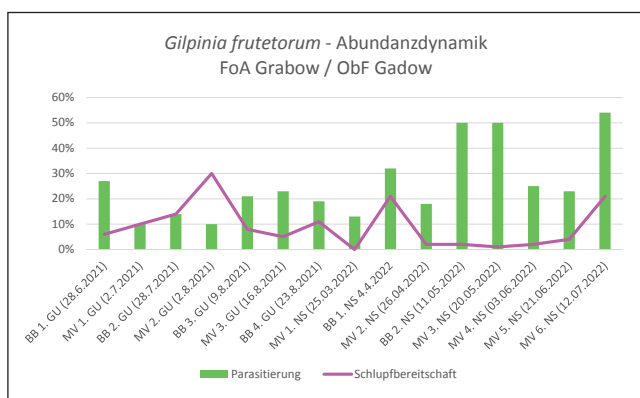


Abb. 17: Parasitierung und Schlupfbereitschaft 2021 und 2022

weiteren Verlauf der Gradation stieg der Anteil der Gegenspieler an, wobei die Parasitierung lokal deutliche Unterschiede aufwies (Abb. 17). Anfang April 2022 war ein Anstieg der Schlupfbereitschaft von 0 auf 20 % zu erkennen. Allerdings war der Stichprobenumfang mit 19 intakten Kokons, von denen vier als schlupfbereit und vital eingestuft wurden zu gering, um statistisch diese Werte als Start für die erste Generation 2022 anzusehen. Bei Vernachlässigung dieser Untersuchung wurde bis Ende Juni eine durchschnittliche Schlupfbereitschaft von 1–2 % ermittelt. Die letzte Untersuchung am 12. Juli 2022 zeigte einen erneuten Anstieg der Schlupfbereitschaft und lässt auf eine verspätete

Schlupfwelle mit voraussichtlich geringem Fraß schließen. Die steigende Parasitierung durch die Gegenspieler wird aber vermutlich die Oberhand gewinnen. Die Zeitspanne zur Ausbildung einer zweiten Generation wird nicht ausreichen.

3.4 Blick zurück: Winterbodensuche vor dem Fraßereignis

Wenn die Auswertung der Winterbodensuchen, wie eingangs erwähnt, sehr sorgfältig und aufwendig erfolgt, stellt sich die Frage, weshalb man das Fraßereignis nicht hat kommen sehen. Der Blick soll zur Verdeutlichung auf den Schwellenwert von **12 Kokons/m²** gerichtet werden. Bei Individuendichten um diesen Wert oder darüber hinaus verlassen die Blattwespen i. d. R. die Latenz, und es kann zu einem bestandesbedrohenden Fraß kommen. In jedem Fall erfordern Werte in diesem Bereich in der Folge die nächste Überwachungsstufe zur Validierung der Gefährdung in erkannten Befallsgebieten.

Im folgenden Kartenausschnitt (Biomasseveränderung via *PlanetScope*) sind die Winterbodensuchbestände (türkis) inklusive Kokonzahlen/m² (weiß-schwarz) dargestellt, die sich in der Nähe des Fraßgebietes befinden. Der Maximalwert von **1,2 K/m²** ist um das 10-fache geringer als der Schwellenwert. Ist der Blick zu sehr auf diesen Wert fokussiert, bleiben die „Ampeln“ auf grün, Alarmsignale bleiben aus (Abb. 18).

Die Winterbodensuche stellt in Mecklenburg-Vorpommern mit dem angestrebten 180-ha-Raster ein Stichprobenverfahren dar. Auf dem Kartenausschnitt ist zu erkennen, dass das Fraßgebiet zu klein ist, um allein durch die Winterbodensuche erkannt zu werden. Dies sollte bei zukünftige Auswertungen Berücksichtigung finden.

Auch wenn die Kokondichten nicht unmittelbar auf eine Gefahr für das kommende Jahr schließen ließen, so hat die Winterbodensuche vor dem Fraß dennoch einige Hinweise auf eine mögliche Gefährdung der Bestände gegeben. Diese gilt es zukünftig aufmerksamer zu interpretieren: Alle eingesendeten und intakten Kokons aus den Forstämtern Grabow und Kaliß (Nachbarforstamt) konnten der Gattung *Gilpinia* zugeordnet werden. Bereits in den Auswertemonaten Januar und Februar 2021 wurde eine hohe Schlupfbereitschaft von 56 % ermittelt.

3.5 Fazit aus dem Fraßereignis durch *Gilpinia frutetorum*

Speziell in Hinblick auf die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse der Winterbodensuchen sollte dem was zwischen den Zeilen geschrieben steht, mehr Beachtung gewidmet werden. Auch der Klimawandel hinterlässt seine Spuren bei der Insekten-

fauna. Es kommt zu Arealverschiebungen mit Profiteuren sowie Verlierern und somit zur Zu- und Abwanderung von neuen/alten Schädlingen oder auch Antagonisten. Dies könnte dazu führen, dass altbewährte Richtwerte/Schwellenwerte/kritische Zahlen überdacht, neu interpretiert oder angepasst werden sollten oder diese flexibel, den abiotischen und biotischen Einflüssen anpassbar, formuliert werden müssen. Ein Ziel des Verbundprojektes „*Artemis – Adaptives Risikomanagement in trockenheitsgefährdeten Eichen- und Kiefernwäldern mit Hilfe integrativer Bewertung und angepasster Schadschwellen*“ ist es, differenzierte und situationsangepasste Lösungen im Waldschutz in Zeiten des Klimawandels zu finden. Im Mittelpunkt steht dabei die Definition flexibler Schadschwellen. Wie bereits erwähnt, sollte es erlaubt sein den starren Blick auf die Richtwerte, welche bei konstanten Bedingungen auch weiterhin ihre Berechtigung haben, abschweifen zu lassen, um Raum für die beschriebenen „Nebensächlichkeiten“ zu schaffen. Insgesamt sollte dem Zusammenspiel aller Überwachungsmethoden in den mehrstufigen Überwachungsverfahren mehr Bedeutung gewidmet werden. Das erfordert aber auch immer ausreichende und gut geschulte „Beobachter“ im Wald.

4 Die Zusammenarbeit mit Mecklenburg-Vorpommern (auch in Zukunft)

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass diese Kooperation erfolgreich und zielführend ist. Es handelt sich nicht ausschließlich um einen Werkvertrag, in dem das LFE der Landesforst MV als Dienstleister gegenübertritt. In den vielen Jahren der Zusammenarbeit hat sich aus diesem Vertrag eine sehr kollegiale und vertrauensvolle Partnerschaft entwickelt. Das LFE unterstützt die Landesforst MV in speziellen Fragen des Waldschutzes, da Mecklenburg die nötigen personellen Voraussetzungen nicht vorhalten kann. Umgekehrt kann das LFE die vorhandenen fachlichen und technischen Ressourcen besser ausnutzen. Einen Zuwachs an Waldschutzwissen haben beide Seiten. Ein Mehr an Fragen fordert alle und die gemeinsame Lösungssuche nützt allen. Auch im Falle des seltenen Fraßereignisses von *Gilpinia frutetorum* haben beide Bundesländer von den gemeinsam gewonnenen Erkenntnissen profitiert.

Der Vertrag unterliegt momentan einer Neugestaltung mit dem beiderseitigen Wunsch, die Zusammenarbeit zukünftig weiter fortzuführen. Als zusammenfassendes Resümee bleibt festzuhalten:

Waldstörungen richten sich nicht nach Ländergrenzen! Und die Zusammenarbeit ermöglicht ein sehr effektiveres Agieren!

5 Literatur

- ALTENKIRCH, W.; MAJUNKE, C.; OHNESORGE, B. (2002): Waldschutz auf ökologischer Grundlage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KAPLICK, J.; THIEME, C.; ZIMDARS, A. (2021): Wie geht das zusammen? Zur Integration von Ökosystemleistungen im Waldschutzrisikomanagement. In: MLUK (Hrsg.): Tagungsband zum Jubiläumskolloquium „150 Jahre Waldforschung in Brandenburg“ am 9. Juni 2021. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 70: 67–72.
- LANGER, G.; HARRIEHAUSEN, U.; BRESSEM, U. (2015): Eschentriebsterben und Folgeerscheinungen. AFZ-Der Wald, 20: 22–28.
- LFB (2020): Waldschutzordner – Anleitung für die Forstpraxis in Brandenburg. 3. Auflage. Potsdam.

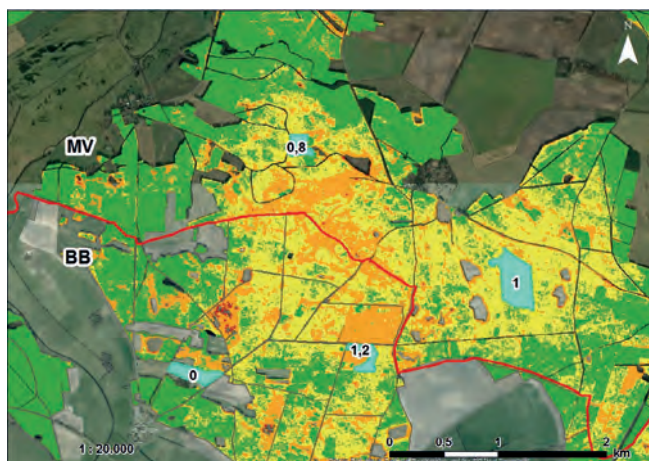


Abb. 18: Winterbodensuchbestände 2020 und Fraßgebiet 2021

METZLER, B.; BAUMANN, M.; BAIER, U.; HEYDECK, P.; BRESSEM, U.; LENZ, H. (2013): Bundesweite Zusammenstellung: Handlungsempfehlungen beim Eschentriebsterben. AFZ-Der Wald, 5: 17–20

MÖLLER, K. (2002): Das Geheimnis der Puppen. Brandenburgische Forstnachrichten. 11 (98): 8–10

MÜLLER, C.; MÖLLER, K.; JANSEN, M. (2022): Die Kleine Dunkle Kiefernbuschhornblattwespe (*Gilpinia frutetorum*) mit Massenvermehrung. AFZ–DerWald 20/2022, S. 28 – 31

REISCH, J. (1974): Waldschutz und Umwelt. Berlin, Heidelberg & New York. Springer Verlag, 568 Seiten.

SCHWENKE, W. (Hrsg) (1982): Die Forstschädlinge Europas: Hautflügler und Zweiflügler. 4. Band Hamburg und Berlin. Verlag Paul Parey, 392 Seiten.

SCHWERDTFEGGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten – Ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. 4. Auflage. Hamburg und Berlin. Verlag Paul Parey, 486 Seiten.

THALENHORST, W. (1953): Das Auftreten von Kiefernbuschhornblattwespen in Norddeutschland 1949. Journal of Applied Entomology, 34(1): 45–64.

THALENHORST, W. (1953). Vorzeitiger Zusammenbruch einer Massenvermehrung von *Gilpinia frutetorum* F. (Hym., Diprionidae). Anzeiger für Schädlingkunde, 26: 53–56.

Klimawandelfolgen aktuell - Gewinner und Verlierer bei den pilzlichen Schaderregern

Aline Wenning

Es gibt schätzungsweise 2,2 – 3,8 Millionen Pilzarten weltweit. Pilze bilden damit das zweitgrößte Organismenreich auf der Erde, nach den Tieren. Ihre Artenvielfalt übertrifft die der Pflanzen um das 6 – 10-fache. Pilze besitzen eine enorme Bedeutung für die Stoffkreisläufe in Ökosystemen.- HAWKSWORTH & LÜCKING (2017)

1 Einleitung

Die durch Menschen verursachte Erhöhung von Treibhausgaskonzentrationen und die intensive Änderung der Landnutzung haben direkte Auswirkungen auf Wetter und Klima. Die damit einhergehende Erwärmung ist in der Region Berlin – Brandenburg in den vergangenen Jahren deutlich mess- und spürbar. Das hat auch gravierenden Einfluss auf den Gesundheitszustand der heimischen Wälder. Mit etwa 1,1 Mio. Hektar Wald, die 37 % der Landesfläche entsprechen, wird Brandenburg zu Recht als „Waldland“ bezeichnet. Am stärksten bewaldet ist der Süden mit etwa 43 % der Fläche, während im Norden etwa 38 % und die Mitte Brandenburgs nur 34 % bewaldet sind (MLUK 2015). Eine Besonderheit der Brandenburger Wälder ist der hohe Kiefernanteil. Dieser liegt bei ca. 77 %. Weitere Baumarten, die das Waldbild prägen, sind Eichen (6,7 %), die Rot-Buche (3,3 %), aber auch Birke und Erle. Auch hier gibt es regional starke Unterschiede.

Die nördlichen Landesteile weisen einen vergleichsweise hohen Laubholzanteil von 30 % auf. Brandenburg, mit seiner Lage im Nordostdeutschen Tiefland, wurde geologisch während des Eiszeitalters geprägt. Die Eismassen, aber auch das abfließende Schmelzwasser formten so die Besonderheit der Landschaft. Eiszeitliche Ablagerungen gestalten mit trockenen Sandflächen die Oberflächenstrukturen eben bis hügelig, mit ausgeprägten Endmoränen und Urstromtälern und resultierten in ausgeprägten Flüssen, Seenketten und Feuchtgebieten. Diese mosaikartigen Strukturen finden sich bis heute auch in der Strukturvielfalt der Wälder. In den vergangenen Jahrhunderten wurde die Kiefer als Wirtschaftsbaumart bevorzugt, was neben ihrer hohen Anpassungsfähigkeit zu dem heute überproportional hohen Flächenanteil beigetragen hat.

Das Klima in Brandenburg ist vergleichsweise gemäßigt und weist von West nach Ost zunehmend kontinentale Züge auf. Mit einer

durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge von 590 mm ist es relativ trocken. Brandenburg gilt als gewässerreich und niederschlagsarm. Deutschlandweit ist Brandenburg eine der wärmsten und trockensten Regionen. Seit 1881 ist es im Jahresmittel um 1,3 Grad Celsius wärmer geworden (DWD, 2019). Ein weiterer Anstieg der Temperatur in Brandenburg wird erwartet. Der Klimawandel spiegelt sich auch in der Niederschlagsvariabilität wieder. Die Veränderungen werden deutlich durch eine Zunahme von Trockenperioden und Extremwetterereignissen, aber auch durch die Veränderung von Niederschlagsmustern und Niederschlagsmengen im jahreszeitlichen Verlauf. Messbare Folgen des Klimawandels sind auch sinkende Wasserspiegel von Seen und die Abnahme des pflanzenverfügbaren Wassers im Boden, eine Ursache des Absterbens von Bäumen. Die Veränderungen beeinflussen unsere Wälder in vielerlei Hinsicht, auch über forstpathologisch relevante pilzliche Krankheitserreger. Klimaveränderungen spielen nicht nur eine Rolle bei der Betrachtung der Ansprüche von Bäumen, sondern auch bei der Reaktion der Schadorganismen. Sie wirken auf alle Elemente des Waldökosystems. Die Betrachtung der Reaktion der Wälder auf Schadorganismen gewinnt mit dem Klimawandel daher zunehmend an Bedeutung (TARKKA und HILDEBRANDT 2020).

2 Spürbare Veränderungen sind Folgen des Klimawandels

Wie sehr der Klimawandel bereits wirkt, lässt sich besonders am Zustand der Wälder ablesen. Nicht erst seit dem Rekordsommer 2018 und dem trocken-heißen Sommer 2019 weisen starke Waldschäden auf die Vulnerabilität des Ökosystems hin. Deutschlandweit gilt das Jahr 2020 als das zweitwärmste Jahr seit Beginn flächendeckender Wetteraufzeichnungen (seit 1881). Die leichte Entspannung im recht durchschnittlichen 2021 war von Wetterextremen begleitet. 2022 aber begannen die Böden erneut bereits im Frühjahr stark auszutrocknen.

Der Deutsche Wetterdienst teilte in einer Pressemitteilung mit, dass damit zu rechnen sei, dass die Jahre 2022 bis 2028 etwa 0,5 bis 1,0 Grad zu warm ausfallen werden. Besonders gravierend für die Wälder in Brandenburg ist die Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate. Ein erhöhtes Dürrierisiko während der Vegetationszeit ist die Folge. Eine große Gefahr geht auch von einer Zunahme in Anzahl und Intensität von Extremwetterereignissen wie Sturm und Hagel aus. Diese Klimaveränderungen, mit Dürre im Sommer, höheren Temperaturen und stärkerer Sonneneinstrahlung, führen zu physiologischem Stress für die Bäume. Dieser erhöht die Anfälligkeit gegenüber potenziellen Schaderregern wie Insekten und Pilze (Abb.1).

Die stärkere Prädisposition der Bäume führt zudem zu einer Zunahme der Schäden durch potenzielle Wund- und Schwächeparasiten bis hin zu Saprobionten. Aus diesen Gründen lässt sich in den vergangenen Jahren ein vermehrtes Auftreten von Schaderregern beobachten. Auf Grund der Biologie und Lebensweise



Abb.1: Starke Waldschäden durch Dürre und Diplodiabefall nach Hagelschlag

pilzlicher Organismen ist abgesehen vom Klima die Witterung zu bestimmten Zeitfenstern im Jahresverlauf von entscheidender Bedeutung. Während das Klima bzw. Klimaveränderungen als durchschnittlicher Zustand der Atmosphäre über einen längeren Zeitraum beschrieben werden, steht das Wetter für den momentanen Zustand der untersten Schicht der Atmosphäre an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit. Bleibt ein bestimmter Wettercharakter über mehrere Tage, Wochen oder sogar Monate bestehen, spricht man von Witterung. Witterungseinflüsse in Verbindung mit günstigen standörtlichen Bedingungen und dem Vorhandensein potenziell geeigneten Substrats können so zu einer massenhaften Etablierung pilzlicher Pathogene führen. Dem entsprechend können sich unter geeigneten Rahmenbedingungen einige Schadorganismen endemisch entwickeln.

Ein Beispiel ist die Kiefernscütte (*Lophodermium seeditiosum*). Kommt es in den Sommermonaten (Juni – September) zu ausgedehnten, anhaltenden Niederschlägen, werden besonders viele Sporen an den am Boden liegenden Nadeln gebildet. Diese, durch den Witterungsverlauf begünstigte, Sporenproduktion führt im Jahresverlauf zu einem gesteigerten Infektionsdruck auf die einjährigen Nadeln. Ergebnis ist eine massive Frühjahrsschütte der jungen Kiefern. Diese kann, wiederum beeinflusst von Infektionsdichte und Witterungsverlauf, in mehreren Schüttewellen verlaufen (BUTIN 2011). Der Infektionserfolg eines pilzlichen Schaderregers ist in der Regel stark vom Witterungsverlauf des Jahres abhängig.

3 „Neue“ pilzliche Schaderreger

3.1 Daten des Meldewesens - eine Betrachtung

Diese Erkenntnisse spiegeln sich auch in den Waldschutzmeldungen der Reviere wider. So gibt es immer wieder Schadsituationen, die in größerem Umfang im gesamten Land Brandenburg vermehrt auftreten, während sie in anderen Jahren von geringer Bedeutung sind. Die Auswertung dieser Meldungen erlaubt es Tendenzen über eine längere Zeitreihe darzustellen und diese mit Witterungsereignissen in Verbindung zu bringen. Durch die jahrzehntelangen Datenreihen ist aber auch der Einfluss des Klimas ableitbar bzw. der von Klimaveränderungen auf einzelne Pathogene darstellbar.

An die Hauptstelle für Waldschutz in Eberswalde werden jährlich eine Vielzahl von Proben zur Untersuchung auf pilzliche Schaderreger gesandt. Die Anzahl der Proben variiert von Jahr zu Jahr und belief sich im Durchschnitt der Jahre 2002 bis 2022 auf etwa 100 Einsendungen jährlich. Die Auswertung dieser Proben zeigt einen deutlichen Schwerpunkt bei Nadel- und Trieberkrankungen (Abb. 2). Diese machen im Schnitt etwa 50 % der diagnostischen Fragestellungen aus.

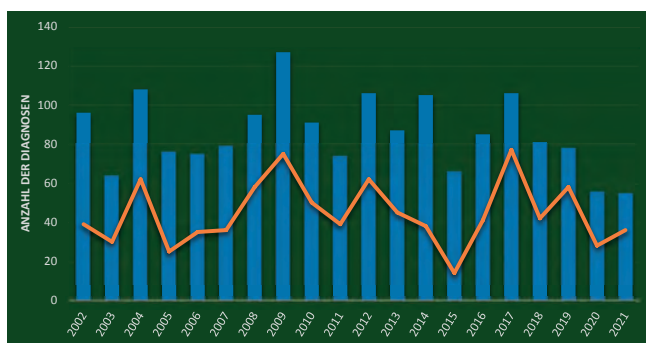


Abb. 2: Auswertung der zur Diagnose eingesandten Pflanzenproben (blaue Balken) im Zeitraum von 2002 bis 2022 und Darstellung des prozentualen Anteils der Proben mit Trieberkrankungen (orange Linie)

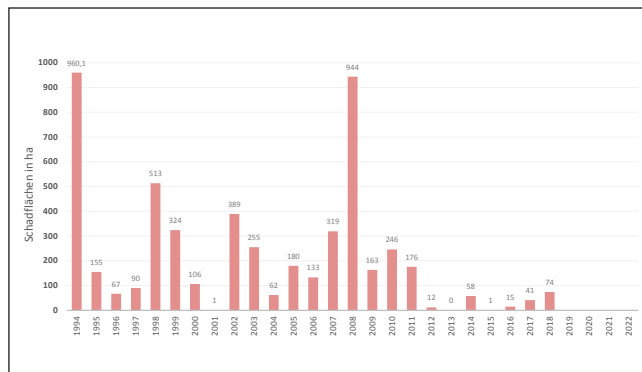


Abb. 3: Auswertung der Ergebnisse des monatlichen Meldedienstes der Jahre 1994 bis 2022 mit Angabe der Schadflächen verursacht durch den Kieferndrehrost

Neben den nichtparasitären Schäden an Nadeln und Blättern, die beispielsweise durch abiotische Faktoren wie Frost oder Hitze verursacht werden, spielen hier besonders die Schütte- und Rostpilze eine zentrale Rolle. Diese sind durch ihre Lebensweise von passenden Witterungsverhältnissen abhängig. Ein Beispiel ist der Erreger der Kiefernscütte (*Lophodermium seeditiosum*). Voraussetzung für das massenhafte Auftreten von Schäden ist eine hohe Luftfeuchtigkeit in der Zeit zwischen Juni bis September. Können Nadeln bzw. Blätter nicht gut abtrocknen, begünstigt dies die Infektion des Gewebes. Das immer häufigere Ausbleiben feuchter Witterungslagen zum Zeitpunkt der Sporenreife ist daher Ursache des Rückgangs endemischer Schadwellen in Brandenburg. Nicht nur klimatische Veränderungen haben das Schadgeschehen der vergangenen 20 Jahre beeinflusst. Auch die waldbaulichen Bemühungen hin zu mehr Laubholz sind in die Betrachtungen einzubeziehen. Dass die Kiefer nur noch selten als Reinbestand in dichten Kulturen heranwächst, spiegelt sich in abnehmenden Schadmeldungen wider.

Auch andere pilzliche Schadorganismen haben in den letzten Jahren zunehmend an Relevanz verloren. Während Trieberkrankungen wie das Kieferntriebschwinden (*Cenangium ferrugineum*) oder der Kieferndrehrost (*Melampsora pinitorqua*) bis zum Beginn des Jahrtausends bedeutende pilzliche Pathogene darstellten, gehen die Meldungen über deren massives Auftreten in den letzten 20 Jahren stetig zurück (Abb. 3).

3.2 Kieferndrehrost

Im Falle des Kieferndrehrosts wird deutlich, wie sehr das Auftreten von witterungsbedingten Einflüssen und dem Vorhandensein vulnerabler Wirtspflanzen abhängig ist. Die Betrachtung der im monatlichen Meldedienst dokumentierten Schadflächen zeigt nach zum Teil erheblichen Flächenanteilen in den Jahren 1994 und 2008 - mit Werten über 900 ha - auch, dass in den vergangenen drei Jahren (2019-2022) gar keine Schäden gemeldet wurden. Es ist davon auszugehen, dass die trocken-heißen Sommer und die im Schnitt viel zu geringen Niederschlagsmengen der vergangenen Jahre das Schadpotential dieses Pilzes deutlich herabgesetzt haben.

Dem gegenüber stehen Beobachtungen im Spätsommer 2022. Auf ehemaligen Waldbrandflächen bei Treuenbrietzen und Jüterbog wurde an Kiefernkulturen und auch -naturverjüngungen ein massives Auftreten des Kieferndrehrosts festgestellt. Die Krankheit kommt nur an jungen Kiefern - bis zum Alter 10 - vor). Die Infektion der jungen Triebe durch den wirtswechselnden Rostpilz findet vorwiegend bei hoher Luftfeuchtigkeit zum Zeitpunkt des Austriebs im Frühjahr statt. Der Erreger benötigt für seine Entwicklung einen obligaten Wirtswechsel zwischen Kiefer und Pappelarten, z. B. Aspe, Silber- und Graupappel. Auf den ehemali-



Abb. 4: Starke Schäden an einer jungen Kiefer verursacht durch den Kiefernrehrost (*Melampsora pinitorqua*)

gen Brandflächen waren somit optimale Entwicklungsbedingungen vorhanden und der günstige Witterungsverlauf führte zu großflächigen Schäden (Abb. 4).

3.3 Kieferntriebschwinden und Kieferntriebsterben

Eine weitere Trieberkrankung, das Kieferntriebschwinden (Erreger: *Cenangium ferruginosum*), war bis Mitte der 1990er Jahre ein häufig auftretender pilzlicher Schaderreger. Bedeutung hat dieser Erreger sowohl als Schwächeparasit als auch als primärer Schaderreger an vorgeschädigten Kiefern. Der Rückgang der Schäden durch das Kieferntriebschwinden fällt zusammen mit dem Auftreten einer „Neuen“ Trieberkrankung an der Kiefer. Erste Nachweise des zuerst an Schwarz-Kiefer gefundenen Diplodia-Triebsterbens wurden Mitte der 1990er geführt. Der Kleinpilz *Sphaeropsis sapinea* (Abb. 5) ist ein wärmeliebender, weltweit verbreiteter Wund- und Schwächeparasit sowie Saprobiont.

Die anhaltende Trockenheit der vergangenen Jahre in Verbindung mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen hat die Vitalität der Bäume spürbar herabgesetzt. Daraus resultiert eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Krankheitserregern, insbesondere Schwächeparasiten. Beim Diplodia-Triebsterben ist der Zusammenhang zwischen den veränderten klimatischen Bedingungen, der damit einhergehenden Prädisposition und dem parasitischen Auftreten belegt. Eine besondere Bedeutung kommt dabei Dürreperioden mit sommerlichen Starkwetterereignissen wie Gewittern mit Hagel zu. Die Verletzung der Rinde durch die Hagelkörner begünstigt das massive Auftreten des Erregers bei gleichzeitig erhöhter Krankheitsanfälligkeit des Wirtes. Der Pilz profitiert auch von den überdurchschnittlich hohen Temperaturen in den letzten Jahren und kann sich somit unter den veränderten Witterungsbedingungen optimal reproduzieren. An diesem Beispiel wird sehr deutlich, wie die veränderten Klimabedingungen nicht nur direkte Ein-



Abb. 5: Typisches Schadbild des Triebsterbens durch *Sphaeropsis sapinea*



Abb. 6: Unterschiedliche Stufen des Schädigungsgrades an Esche im Bereich der Krone verursacht durch das Eschentriebsterben

flüsse auf den Wirtsbaum haben, sondern auch das Auftreten von Pathogenen beeinflussen können.

3.4 Eschentriebsterben

Eine Trieberkrankung die sich seit Beginn des Jahrtausends in den Brandenburger Wäldern umfangreich etablieren konnte, ist das Eschentriebsterben (*Hymenoscyphus fraxineus*). Dieser Erreger führt seitdem zu gravierenden Schäden an Eschen aller Altersklassen (Abb. 6). Die ersten Symptome sind welkendes Laub und das Absterben einzelner Triebe. Bei fortschreitendem Krankheitsverlauf kommt es zu weiteren Symptomen wie Rindennekrosen und zur Besiedelung durch Schwächeparasiten und Saprobionten. Bereits 2009 entfielen 80 % der aus den Revieren gemeldeten



Abb. 7: Rotbuchen, die nach dem Dürresommer 2019 nicht mehr austreiben und schnell absterben

Triebkrankungen auf die Esche. Eine retrospektive Betrachtung zeigt für die trocken-heißen Jahre 2013 und 2019 eine Abnahme der gemeldeten Schäden. In Jahren mit durchschnittlichen oder erhöhten Niederschlagsmengen wurden deutlich mehr Schäden gemeldet.

3.5 Schäden an Buche

Wie gravierend der Einfluss zunehmender Häufigkeit und Intensität klimatischer Veränderungen wie Dürre und Hitze auf unsere Wälder ist, lässt sich besonders am Schädgeschehen der Rotbuche verdeutlichen (Abb. 7). Die seit 2019 auftretenden Schäden in Altbeständen der Rotbuche sind direkte Folge der ausbleibenden Niederschläge im Frühjahr und Sommer.

Das komplexe Schädgeschehen ist maßgeblich beeinflusst und getrieben durch eine Vielzahl pilzlicher Schaderreger (LANGER et al. 2020). Allen voran ist hier die Pfennigkohlenkruste (*Biscogniauxia nummularia*) zu nennen. Der endophytisch in der Rotbuche vorkommende Pilz ist als Tothholzzersetzer bekannt, als einer der ersten Saprobionten im Zersetzungsprozess aber auch schon an recht frischem Tothholz erfolgreich (BLASCHKE UND HAHN, 2006).

Seit 2019 kommt es jedoch an lebenden, durch Trockenheit geschwächten Rotbuchen zu immer stärkeren Schäden durch diesen Erreger. Als typischer Schwächeparasit auf der Rinde verursacht er erste Rindenläsionen (Abb. 8), die nachfolgend von weiteren pilzlichen Pathogenen besiedelt werden können. Danach kommt es zur rasch einsetzenden Holzfäule in den besiedelten Ast- und Stammpartien. Diese schreitet schnell voran und erhöht so die Bruchgefahr der Buche erheblich.

Besonders unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherung ist diese Situation kritisch zu bewerten. Der Grad der Schädigung der Krone von Altbuchen kann vom Boden aus nicht eingeschätzt werden, da die betroffenen Äste häufig noch grünes Laub tragen und daher nicht als potenziell bruchgefährdet zu erkennen sind.

3.6 Rußrindenkrankheit

Die Rußrindenkrankheit ist ein weiterer pilzlicher Schaderreger der vorwiegend an Bäumen auftritt, deren Vitalität durch abiotische Faktoren (Trocken- und Hitzestress) herabgesetzt ist. *Cryptostroma corticale* ist ebenfalls ein Endophyt und Schwächeparasit, der zu Rinden- und Kambiumnekrosen führt. Bei Fortschreiten der Krankheitssymptome folgen Absterbe- und Welkeerscheinungen der Krone. Besonders betroffen ist der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*).



Abb. 8: Schadbild der Pfennigkohlenkruste (*Biscogniauxia nummularia*) an stark geschädigter Rotbuche



Abb. 9: Abgestorbener Ahorn mit abblätternder Rinde und deutlichen schwarzen Sporenlagern des Pilzes *Cryptostroma corticale*

Seltener treten Schäden bei Spitz- (*A. platanoides*) und Feldahorn (*A. campestre*) auf. Symptomatisch zeigt sich ein ein- bis mehrjähriger Absterbeprozess, beginnend mit Schleimflussflecken am Stamm. Nach dem Absterben des Baumes blättert im Bereich der Stammbasis die Rinde ab und die rußartigen flächigen Sporenlager des Pilzes werden sichtbar (Abb. 9).

4 Ausblick – Womit müssen wir rechnen?

Doch nicht nur „neue“ pilzliche Schaderreger führen im Zuge des Klimawandels zu zunehmenden Schäden an den Wäldern in Brandenburg. Auch die durch den Waldumbau der vergangenen Jahre zunehmende Anbaufläche alternativer Baumarten führt zum Anstieg von Schadflächen. Beispielhaft können hier die bei zunehmender Anbaudauer und stärkerer Verbreitung der Douglasie verstärkelt auftretenden Schäden in Douglasienkulturen, verursacht durch den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*), angeführt werden. Die Douglasie zählt hinsichtlich der Wurzelfäulepilze zu den „empfindlicheren“ Baumarten. Neben dem Wurzelschwamm wird die Douglasie durch weitere Stammholzfäuleerreger wie Krause Glucke (*Sparassis crispa*) und Kiefernbraunporling (*Phaeolus schweinitzii*) besiedelt (BLASCHKE et al. 2008). Der Klimawandel und die damit einhergehenden Veränderungen, wie die Zunahme von Witterungsextremen, langanhaltende Dürreperioden und steigende Temperaturen setzen Waldbäume unter physiologischen Stress und reduzieren ihr Abwehrvermögen. Prognosen gehen davon aus, dass die Häufigkeit von Extremereignissen wie Orkane, Starkregen, Hagelschauer und Dürreperioden zunehmen werden (SPEKAT et al. 2007). Diese Veränderungen wirken nicht nur direkt auf die Wälder, sondern auch die Wechselbeziehungen zwischen Bäumen und Schadorganismen (HOCH 2017). Es ist zu beobachten, dass vormalig als Schwächeparasiten gehandelte Organismen in der Lage sind, physiologisch beeinträchtigte Bäume stark zu schädigen bzw. abzutöten. Das gestiegene Gefährdungspotential wird auch dadurch deutlich, dass unter den veränderten Rahmenbedingungen das endemische Auftreten einzelner Arten zunimmt. Entscheidend für das massenhafte Etablieren solcher Pathogene sind neben den Witterungseinflüssen die standörtlichen Bedingungen (HEYDECK und DAHMS 2001). Der Klimawandel führt zur Verschiebung der Arealgrenzen in denen sich Bäume optimal entwickeln können. Am Rand der potenziellen Verbreitungsgebiete nimmt die Anfälligkeit von Bäumen gegenüber Schädigungen zu. Neben dem klimatischen Wandel, der auf Waldökosysteme im großen Maße einwirkt, ist der stark gestiegene weltweite Handel eine weitere Ursache für die Ausbreitung von Schadorganismen (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT FÜR WALDPOLITIK, 2021). Dabei spielt nicht nur die Einschleppung neuer Schadorganismen eine wesentliche Rolle, sondern auch die Etablierung neuer bzw. nicht heimischer Baumarten. Auch potenzielle Risiken, die von bekannten Schadorganismen ausgehen, sind für neue Baumartenzusammensetzungen sehr schwer einzuschätzen. Das Schadpotential wird häufig erst mit zunehmender Anbaudauer und stärkerer Verbreitung deutlich. Deshalb ist es wichtig, beim Waldumbau pilzliche Krankheitserreger als Risikofaktoren mit zu berücksichtigen. Es lohnt daher der Blick auch über den Waldrand hinaus in die natürlichen Verbreitungsgebiete der eingeführten Baumarten. Es muss davon ausgegangen werden, dass mit eingeführten Pflanzen, wenn auch zeitlich verzögert, die Gesamtheit der beteiligten Biozönose eingeführt wird.

Es wird angenommen, dass die natürliche Verjüngung deutlich besser an neue Witterungsbedingungen angepasst und auch die Widerstandsfähigkeit etablierter Schad- und Schwächeparasiten ausgeprägter ist. Die Komplexität des Waldökosystems und das Tempo des Klimawandels verringern aber die Wahrscheinlichkeit solcher Annahmen.

Betrachtet man das Auftreten neuer pilzlicher Schaderreger in Bezug auf die letzten Einhundert Jahre so wird deutlich, mit welcher Dynamik sich der Wandel vollzieht. In immer schnellerer Abfolge sind Pathogene in der Lage, sich über ihre Verbreitungsgebiete hinweg neue Lebensräume zu erschließen. Die wichtigsten Treiber dieser Prozesse sind:

- Der rasch voranschreitende Klimawandel, welcher die Vulnerabilität der Wälder verschärft
- Die klimatischen Veränderungen, die die Pathogenität etablierter pilzlicher Pathogene begünstigen
- Der globale Wandel, der durch zunehmenden Personen- und Warenverkehr die Einschleppung invasiver Schaderreger begünstigt und beschleunigt
- Der zunehmende Flächenanteil neuer Baum- und Straucharten, die durch etablierte bzw. neue Schadorganismen besiedelt werden können, aber auch die mögliche invasive Ausbreitung gebietsfremder Arten

Die Etablierung neuer Schaderreger bis hin zum Auftreten von Quarantäneschadorganismen, lässt sich kaum verhindern. Daher ist es wichtig, in diesen Bereichen die Forschung und den Wissenstransfer voranzubringen. Eine besondere Bedeutung kommt hier dem Monitoring und damit der Schulung der Praxis und auch der Waldbesitzenden zu, da das Erkennen Grundvoraussetzung für Maßnahmen zur Blockierung oder Reduzierung von Infektionsprozessen ist. Eine Bekämpfung von Schadorganismen und Krankheitserregern ist häufig nicht möglich oder mit immensen Kosten und Aufwand verbunden. Es gilt also Maßnahmen zur Blockierung der Infektionsprozesse zu finden und durch standortgerechte Baumartenwahl, unter Beachtung der prognostizierten klimatischen Veränderungen, die Vitalität der Bäume und Wälder zu verbessern.

5 Literatur

- BLASCHKE, M.; HAHN, C. (2006): Totes Holz – Substrat, auf dem die Pilze wuchern. LWF aktuell 53, S. 22-23.
- BLASCHKE, M., BUSSLER, H., SCHMIDT, O. (2008): Die Douglasie - (k)ein Baum für alle Fälle. LWF Wissen 59: 57-61.
- BUTIN, H. (2011): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Diagnose, Biologie, Bekämpfung (4. Aufl.). Stuttgart: Ulmer.
- DWD (2019): Klimareport Brandenburg. 1. Auflage; Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland.
- HAWKSWORTH, D., LÜCKING, R. (2017): Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. Microbiol Spectrum 5(4): FUNK-0052-2016.
- HEYDECK, P.; DAHMS, C. (2001): Zur Bedeutung pilzlicher Organismen als Risikofaktoren bei der Realisierung des Waldumbauprogramms im Bundesland Brandenburg. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch.ökol. 35: 77-82.
- HOCH, G.; PUTZ, J.; KREHAN, H.: (2017): Forstlicher Pflanzenschutz im globalen Wandel. BFW-Praxisinformation 44: 10 – 13.

LANGER, G. J., BUSSKAMP, J., AND LANGER, E. J. (2020): Absterbeerscheinungen bei Rotbuche durch Wärme und Trockenheit. AFZ Der Wald 75: 24–27.

LFB (2021): Geschäftsbericht 2020 Landesbetrieb Forst Brandenburg - Auszug der vielfältigen Arbeit des Landesbetriebes Forst Brandenburg. Landesbetrieb Forst Brandenburg (LFB).

MLUK (2015): Wälder Brandenburgs - Ergebnisse Landeswaldinventur Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg.

SPEKAT, A.; ENKE, W. UND KREIENKAMP, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRESSzenarios B1, A1B und A2. Umweltbundesamt: 149.

TARKKA, M. & HILDEBRANDT, J. (2020): Pilzarten und ihre pflanzlichen Wirte im Klimawandel. Earth System Knowledge Platform [www.eskp.de], 7. doi:10.2312/eskp.006

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT FÜR WALDPOLITIK (2021): Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel. Berlin, S. 84.

Chancen und Risiken - Der Einsatz von Multikopter-Drohnen im Landesbetrieb Forst Brandenburg – ein Erfahrungsbericht

Olaf Rüffer, Frank Becker

1 Einleitung

Der Beginn des Einsatzes von Multikopter-Drohnen im LFB lässt sich auf das Ende des Jahres 2017 zurückdatieren. Damals konnte der Quadrocopter des Ingenieurbüros IBR Ruppe, der sogenannte GreenCopter (Abb. 1, sein Einsatzschwerpunkt liegt in der Landwirtschaft), durch Mittel der Landesinvestitionsbank Brandenburgs für den Fachbereich Waldschutz des LFE beschafft werden.



Abb. 1: Der GreenCopter der Firma IBR Ruppe mit RGB Kamera

Die Anschaffung kam aufgrund der Eigeninitiative des Waldschutzes zu Stande. Da nur ein Pilot ausgebildet war, kam es in den Jahren 2018/19 nur zu sporadischen Einsätzen. Um die Drohne im Versuchsflächenwesen konzentriert einzusetzen, erklärten sich drei Kollegen des FB 42 des LFE bereit, einen Lehrgang zu besuchen und sich im September 2019 der entsprechenden theoretischen Prüfung zum Erhalt des nationalen Drohnenführerscheins (nach § 21a Abs.4 der Luftverkehrsordnung) zu stellen. Dem schloss sich eine zweitägige praktische Ausbildung an der Drohne im Oktober 2019 an, die die Firma THOLEG durchführte. Zeitlich parallel hierzu kam über die Abteilung 2 des LFB die Anfrage, ob es technisch möglich sei, den GreenCopter mit Wärmebildtechnik für die Suche nach Sauen im Rahmen der Bekämpfung der Afrikanischen Schweinepest (ASP) aufzurüsten und ob wir, die vier Drohnenpiloten des LFE uns vorstellen könnten, dass Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MSGIV) bei der ASP-Problematik im Falle eines Ausbruchs der ASP zu unterstützen. Die technische Aufrüstung des GreenCopters mit Wärmebildtechnik für die ASP Suche wurde von der Firma THOLEG negativ beschieden. In Absprache mit dem MSGIV wurde Anfang 2020 ein Oktokopter der Firma THOLEG mit hochauflösender Wärmebildtechnik, (im Payloadwechsel mit einer Sony 6400 RGB Kamera) Flugsteuereinheit und digitaler Bildübertragung auf einen 24 Zoll-Monitor beschafft. Eine einwöchige praktische Grund-

flugschulung an dieser Drohne schloss sich im Februar 2020 für die vier Drohnenpiloten beim Drohnenhersteller an. Im April 2020 starteten wir bei endlich geeignetem Flugwetter die Trainingsflüge in der ehemaligen Forstbaumschule Eichhorst. Ab Mai fanden die ersten Suchen mit der Wärmebilddrohne in Schilfgebieten des Nationalparks Unteres Odertal statt, die unsere Erwartungshaltung aufgrund der begrenzten technischen Möglichkeiten der Wärmebild-Drohrentechnik bei warmen Frühlingstemperaturen nicht

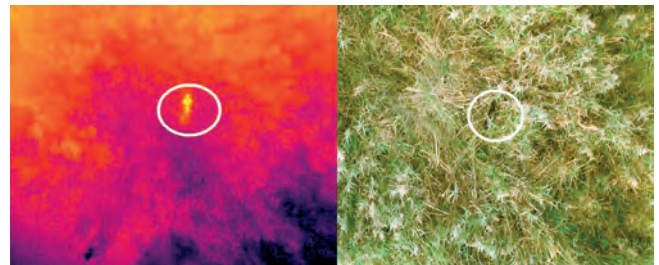


Abb.2: erfolgreiche Findung einer frisch verendeten Sau im Schilf bei Schenkendöbern am 07. Oktober 2020 (morgens) mittels Wärmebild der ASP Drohne, links: Wärmebild, rechts: RGB Bild



Abb.3: typische Fundsituationen von verendeten Sauen bei der ASP-Suche mittels RGB-Kamera-Drohne DJI Mavic 2 pro - Mittel der Wahl bei warmer Bodentemperatur bzw. erkaltetem Wildkörper

erfüllten. Es stellte sich schnell im praktischen Einsatz heraus, dass es „die Drohne“ für die ASP-Suche nicht gibt, sondern, je nach Witterungsbedingungen, zwischen Wärmebilddrohne (Voraussetzung noch lebend oder frisch verendetes Schwarzwild und deutlich kälterer Boden, (Abb. 2)) – und einfacher, leichter RGB-Kamera-Drohne (bei warmer Witterung und/oder stark verwester/zersetzter Wildkörper, (Abb. 3)) das Mittel der Wahl ist. In beiden Fällen sollte der Drohneneinsatz ergänzt werden durch die digitale Bildübertragung des (stark vergrößerten) Kamerabildes auf einen großen Monitor für die Suche im Gelände durch den Operator.

Durch die absolvierten ersten Übungsflüge konnten wir bis Mitte des Jahres 2020 Erfahrungen sammeln und im praktischen Umgang mit der Drohnentechnik sicherer werden. Dies gestattete es uns, mit einer Sondererlaubnis der Oberen Luftfahrtbehörde Berlin-Brandenburg im Auftrag des Landesbetrieb Straßenwesen Vermessungsbildflüge über zwei Grünbrücken an der A9 und A11 durchzuführen, Abb. 4. Die einzelnen Drohnenbilder sind nachfol-

gend im Softwareprogramm Agisoft Metashape unter Verwendung von auf der Fläche gut verteilten luftbildsichtbaren Passpunkten (Einmessung mittels Zweifrequenz-RTK-GPS-Gerät) und unter Nutzung des im Bildherstellungsprozess erzeugten digitalen Oberflächenmodells, (Abb. 2 rechts) zu einem TrueOrthobild¹, (Abb. 4 links) mosaikiert worden.

Diese vom MSGIV für die ASP-Suche beschaffte Drohne wurde vom LFE im Zeitraum Februar 2020 bis September 2021 genutzt.

2 Die gegenwärtige Ausstattung des LFB an Multikoptern

Der Landesforstbetrieb unterhält gegenwärtig fünf Multikopterdrohnen, die in der Tabelle 1 aufgelistet sind. Die kleinen Multikopterdrohnen des chinesischen Marktführers DJI (Da Jiang Innovations Science and Technology Co. Ltd) erwiesen sich bisher als preiswerte und robuste Arbeitsdrohnen, (Abb. 5 und 6).

Ein Sensortausch ist an diesen DJI Drohnen nicht möglich.

Deshalb wurde zusätzlich als Multifunktionsträger ein Hexakopter des Brandenburger Drohnenherstellers THOLEG beschafft, der gegenwärtig für Multispektralaufnahmen genutzt wird und zusätzlich mit einer PPK-GPS-Technik² ausgestattet ist.

Tab. 1: gegenwärtiger Multikopterbestand des LFB

Drohntyp	Zugang	Sensor	Halter
GreenCopter	12/2017	1 Zoll Sony RX 100 II RGB Kamera (20 MP) und Zoom-Objektiv	LFE, FB 43
DJI Mavic 2 pro	11/2020	1 Zoll RGB Sensor 20 MP	LFE, FB 42
DJI Mavic enterprise Dual	5/2021	1/ 2.3 Zoll RGB Sensor 12MP, 160x120 px Thermalsensor	HH OBF Calau
(Nachfolgemodell) DJI Mavic enterprise advanced	12/2021 (HUB finanziert)	½ Zoll RGB Sensor 48 MP, 640x512 px, Thermalsensor	LFE, FB 42
Tholog Hexakopter	2022	1 Zoll Multispektral (RGB, RE, NIR) 24 MP, 10 MP je Band (Agrowing ADTI Dual)	LFE, FB 42

3 Welche praktischen Einsatzmöglichkeiten der Drohnen haben sich bisher ergeben?

Am Beispiel des bisherigen Einsatzes der im November 2020 erworbenen DJI Mavic 2 pro werden die bisherigen Haupteinsatzgebiete aufgezeigt. Die Drohne war seit Anfang 2021 fast 67 Stunden in der Luft und absolvierte 157 Starts und Landungen. Die Flugzeit setzte sich prozentual wie folgt zusammen, Tab. 2.

Tab. 2: aufgabenbezogene Zusammensetzung der 67 Flugstunden

Fluganlass	Prozentualer Flugzeitanteil
Erstellung von Orthobildmosaiken	38
Luftbilder für Dokumentationen	30
Übungsflüge	15
ASP - Suche	10
Luftbilder für Phänologische Beobachtungen	7

¹ Ein TrueOrthobild wird im Gegensatz zum „normalen“ Orthobild nicht mit dem digitalen Gelände- sondern dem digitalen Oberflächenmodell entzerrt. Das hat zur Folge, dass sämtliche Bildobjekte senkrecht stehen und nicht, wie im Orthobild, am Bildrand verkippt werden.
² Post Processing Kinematik (PPK) - bedeutet eine zeitlich hochgenaue Aufzeichnung des Bildauslösezeitpunktes und eine nachträgliche Korrektur der Bildmittenkoordinaten unter Nutzung eines GPS-Korrekturdienstes des Landesbetriebs Geobasis Brandenburg. Dies ermöglicht die Reduzierung der für eine genaue Georeferenzierung erforderlichen luftbildsichtbaren Passpunkte auf ein bis zwei.

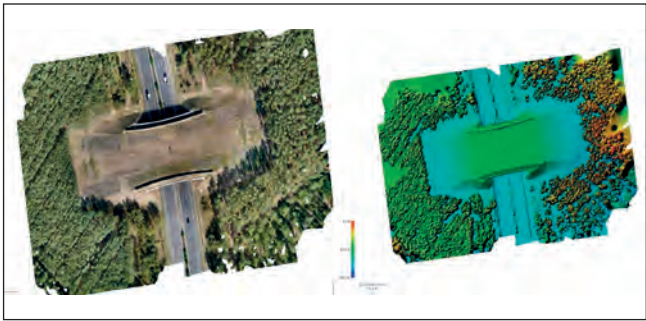


Abb. 4: TrueOrthobildmosaik (links) sowie 3D Oberflächenmodell der Grünbrücke (rechts) an der A 9



Abb. 5: kleine, leistungsfähige DJI Mavic 2 pro mit 1 Zoll RGB Kamera der Traditionsfirma Hasselblad (Produktion 2022 eingestellt)



Abb. 6: kleine DJI Mavic enterprise advanced Drohne mit leistungsfähigen Wärmebildsensor und ½ Zoll RGB Kamera sowie RTK-Stabilisierungstool

Die Erstellung von Orthobildmosaiken und die Dokumentation eines bestimmten Waldzustandes durch Einzelbilddaufnahmen waren bisher die häufigsten Anwendungen.

- a. Die Erstellung von Orthobildmosaiken
Voraussetzung für die Orthobilderstellung ist eine exakte Bildflugplanung. Dies beinhaltet die Festlegung der Grenzen des Aufnahmegebietes, die Wahl des Start- und Landeplatzes, der Flughöhe, der Flugrichtung, der Fluggeschwindigkeit, der Kameraeinstellungen und der Bildüberlappungen. Eine Längs- und Querüberlappung von je mindestens 80 Prozent über Wald hat sich bisher bewährt, (Abb. 7).

In Abhängigkeit von der erforderlichen bzw. gewünschten Genauigkeit des mosaikierten Orthobildes ist die Art der Georeferenzierung des Bildblockes vorzunehmen: Entweder auf der Basis der in den EXIF- Bilddateien enthaltenden Bildmittenkoordinaten des unkorrigierten GPS-Signals der Drohne oder die Nutzung luftbild-

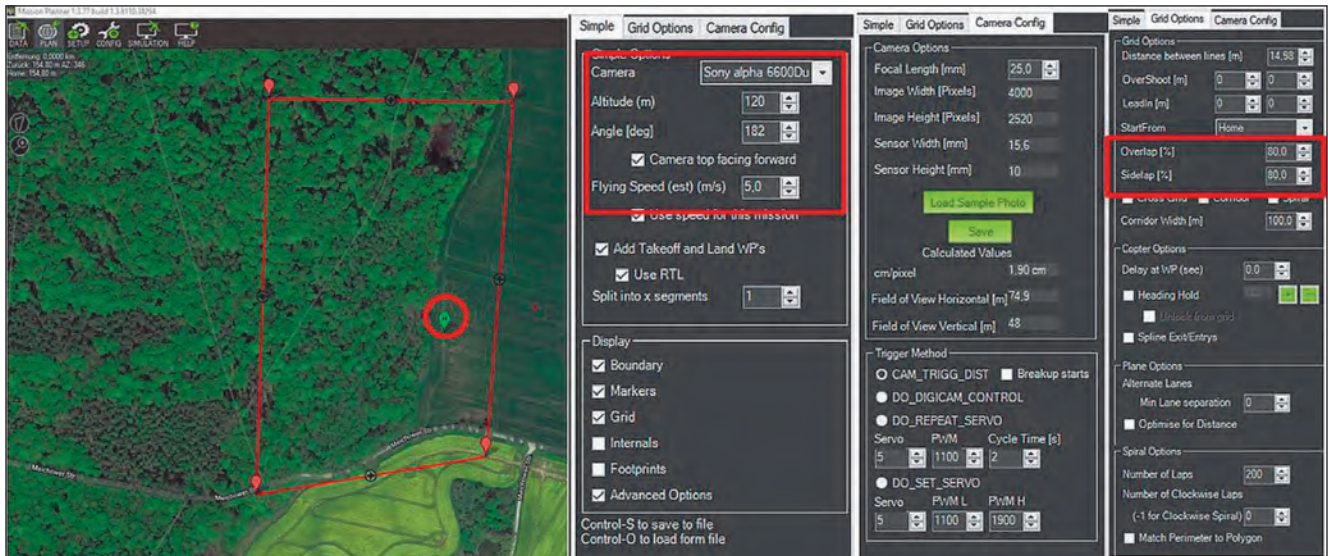


Abb. 7: Flugplanungseinstellungen am Beispiel der Versuchsfläche Melzower Eschen mit der freien Software Missionplanner



Abb. 8 (links): VF Melzower Eschen RGB Orthobild bei Flug ohne Wolken

Abb. 8 (rechts): VF Melzower Eschen RGBI Orthobild bei gleichmäßiger Bewölkung

sichtbarer Passpunkte, deren räumliche Verteilung vor dem Flug geplant und die im Feld bzw. Wald ausgelegt werden müssen. Deren qualitativ hochwertige Positionsbestimmung (X; Y; Z) mittels Mehrfrequenz-RTK-GPS-Empfängern ist für das Gesamtergebnis entscheidend. Georeferenzierungen auf der Basis unkorrigierter GPS-Empfänger haben eine Genauigkeit von etwa 3 bis 20 Meter (Gesamtfehler von X;Y;Z) nach unseren bisherigen Erfahrungen. Die Mosaikierung kann nachfolgend über eine cloud (z.B. <https://dronesmadeeasy.com/>) erfolgen. Das georeferenzierte Bildmosaik kann im Anschluss heruntergeladen werden. Bei einer Entscheidung für eine Berechnung der Bilder in Eigenregie sind ein leistungsfähiger Rechner, Speichermedien, Spezialsoftware (z. B. Agisoft Metashape, QGIS, SAGA GIS) notwendig und die Frage des Datenaustausches mit dem Auftraggeber sowie die Datenar-



Abb. 9: Überblick über einen Bestand mittels „fliegendem Stativ“, Revier Schönholz, Abt. 16

chivierung zu lösen. Darüber hinaus beeinflussen die Art der Bewölkung, Niederschlag und Wind die Qualität des Bildproduktes. Für Bildflüge sollte entweder keine Bewölkung (0/8) oder aber eine gleichmäßige Bewölkung ohne Wolkenlücken (8/8) gewählt werden. Eine gleichmäßig geschlossene Wolkendecke mit wenig Wind (Gefahr von Bewegungsunschärfe!) ist insbesondere für spektralanalytische Untersuchungen von Vorteil, da Schlagschatten vermieden werden, die die nachfolgende Interpretation erschweren, (Vergleiche Abb. 8 (links mit rechts)).

b. Luftbilder für Dokumentationen

Anwendungsbeispiele für Drohnenflüge zu Dokumentationszwecken sind in den Abbildungen 9 und 10 zu sehen:



Abb. 10: Panoramaaufnahme (von der DJI Software aus mehreren Einzelbildern erstellt) zur Dokumentation des Zustands der Waldbrandfläche Treuenbrietzen, Blick nach West (Aufnahme 5/2021)



Abb. 11:
links: weibliche Blütenzapfen (blassgrün gefärbt) an Weißtanne
rechts: männliche Blütenzapfen (gelb gefärbt), Revier Schönholz, Abteilung 16

Aus diesen Panoramabildern können nachträglich Bildausschnittsvergrößerungen abgeleitet werden.

Ein typisches Anwendungsbeispiel ist die Möglichkeit der sofortigen Einschätzung der Einzelbaumgesundheit im Bestand z. B. durch den Revierförster, (Abb. 9).

c. Luftbilder für phänologische Beobachtungen

Der Einsatz einer kamerabestückten Drohne ist zur Beobachtung von Waldbeständen zum Blüh- und Fruktifikationsverhalten der Waldbäume geeignet, (Abb. 11).

Es ist ein wichtiges Werkzeug, die die Arbeit des Försters bzw. des Saatgutspezialisten erleichtern kann.

4 Wie lässt sich der Haupteinsatzzweck des bisherigen Drohneneinsatzes im LFB zusammenfassen?

Die anwendungsbezogene Zusammensetzung der bisherigen Flüge der DJI Mavic 2 ist der Tabelle 3 zu entnehmen

Tab. 3: anwendungsbezogene Zusammensetzung der Flugaufträge

Anlass des Beobachtungsobjekts	Prozentualer Flugzeitanteil
Versuchsflächenwesen	40
Saatgut, Baumschulbetrieb	16
Landeswaldbewirtschaftung	13
Waldzustandserfassung (Forsthoheit)	13
Waldbranddokumentation (Forsthoheit)	9
Phänologie	9

a. Einsatz im Versuchsflächenwesen

Das Versuchsflächenwesen dominiert bisher mit 40 % der Einsätze. In den Abbildungen 12, 13 und 14 wird der Mehrwert für das Forstliche Versuchswesen durch die Verknüpfungen von terrestrisch erhobenen Baumdaten mit den „von oben“ per Drohne erfassten Geometrien bzw. Sachwerten im Versuchsflächenwesen dargestellt.

Aufgrund der lagerichtigen, senkrechten Darstellung der Baumkronen lassen sich weitere Geodaten (bspw. der NDVI, das digitale Oberflächenmodell und Standortskarten) sowie Sachdaten, z. B. bei zuvor exakt global eingemessenen Baumfusskoordinaten die Werte der terrestrischen Kronenzustandsansprache hinzufügen, (Abb. 13).

Ein weiteres Beispiel des Einsatzes der Drohnentechnologie zeigt Abb. 14. Durch die im Geografischen Informationssystem erfolgte Einblendung der vorhandenen Stammfusskoordinaten im digitalen Oberflächenmodell (linke Bildhälfte) und True Orthobild (rechte Bildhälfte) lassen sich Baumkronen identifizieren.

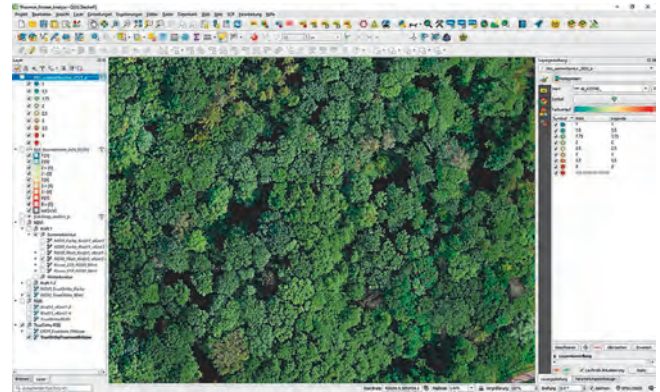


Abb. 12: Ins QGIS zur weiteren Analyse importiertes TrueOrthobild (Ausschnitt der Abb. 8 (links))

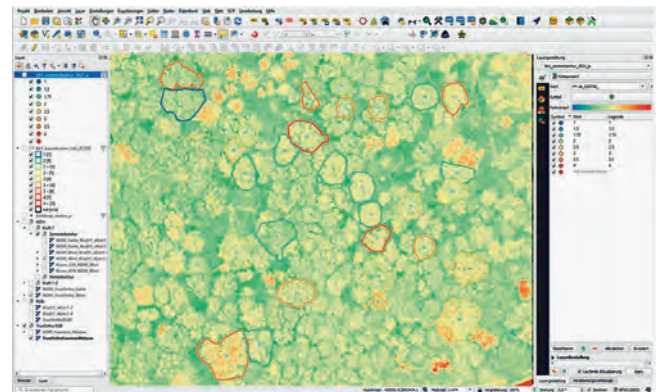


Abb. 13: Ins QGIS zur weiteren Analyse importierter normierter differenzierter Vegetationsindex (NDVI), errechnet aus dem RGB-Orthobild der Abb. 8 (rechts) mit aus dem Luftbild gemessenen Kronenschirmflächen (Umring), die farblich nach der terrestrisch im Sommer erfolgten Kronenansprache klassifiziert sind. Auf diese Weise können mögliche Übereinstimmungen oder Widersprüche zwischen den Erfassungsmethoden geklärt und Methoden validiert werden.

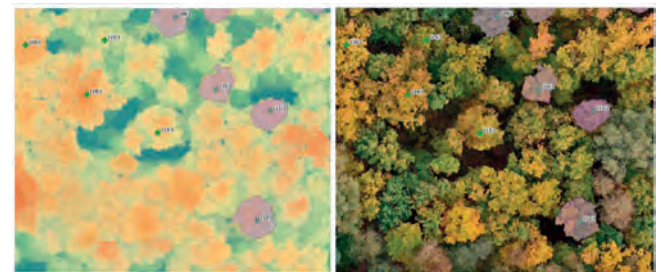


Abb. 14: bildbasiertes digitales Oberflächenmodell (links) und TrueOrthobild (rechts) mit eingeblendeten Stammfusskoordinaten und einzelnen Kronenschirmflächen, Eichenversuchsfläche Melchow, Abt. 1487

Die Kronenlücken in den unterschiedlich behandelten waldbaulichen Parzellen als auch die baumklassenbezogenen Kronenschirmflächen sind quantifizierbar, (Abb. 15).

b. Einsatz für forsthoheitliche Aufgaben (Waldzustandserfassung, Waldbranddokumentation)

Die Praxistauglichkeit der Drohnentechnologie für Forsthoheitliche Fragestellungen wird aus dem hohen Aufgabenanteil der bisherigen Flüge (22 Prozent) deutlich, (Tab.3). In den letzten anderthalb Jahren fanden regelmäßig Drohneneinsätze zur Dokumentation hoheitlicher Tatbestände (Waldumwandlung, Kahlschlag, Müll, Waldbrandschadensereignisse) statt.

Hierfür boten sich i.d.R. mosaikierte TrueOrthobilder mit eingemessenen luftbildsichtbaren Passpunkten an, die nach dem Import in ein Geografisches Informationssystem die Möglichkeit der exakten Vermessung und der Dokumentation boten, (Abb. 16, 17).

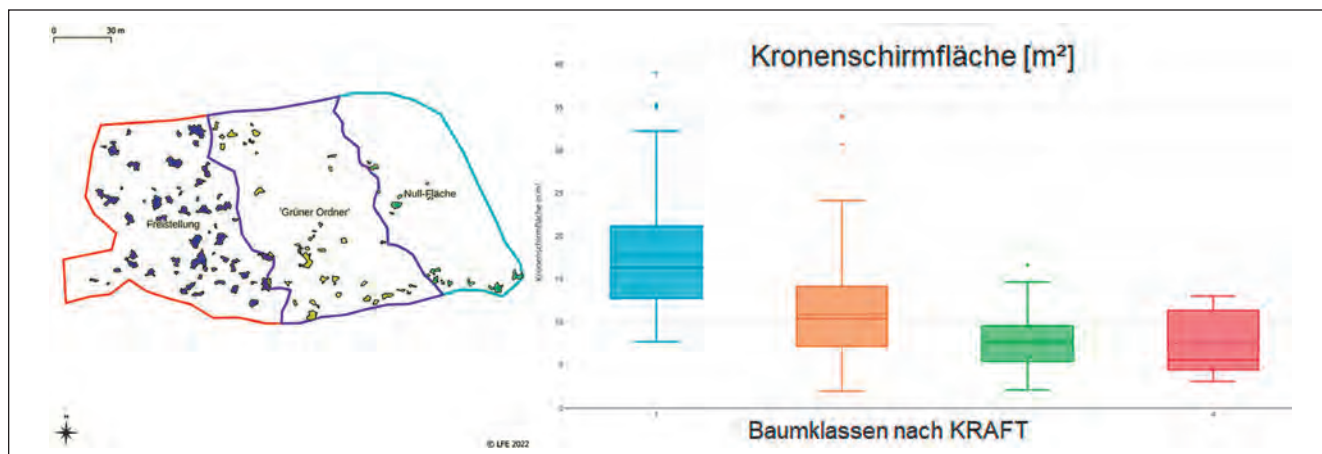


Abb. 15: Erfassung der Bestandeslücken der waldbaulichen Behandlungseinheiten aus dem bildbasierten digitalen Oberflächenmodell (Abb. 13 links) sowie analytische Darstellung der baumklassenspezifischen Kronenschirmflächen.

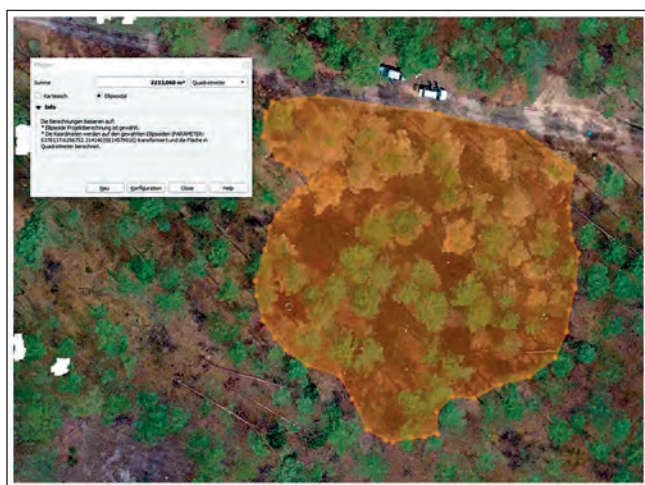


Abb. 16: Dokumentation und Flächenberechnung des Orthobildes ins QGIS des Waldbrandes im Revier Storkow, Abt. 5418

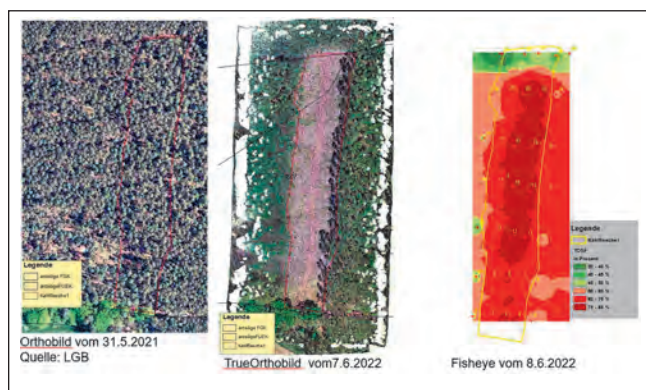


Abb.17: Kombination von Drohnenflug und Fisheye-Strahlungsmessung zur Überprüfung der Kahlschlageigenschaft eines Forsteingriffes, HH Oberförsterei Potsdam, Revier Ferch, Abt. 1507. Die Aufstellpunkte für die Fisheyaufnahmen sind per Schrittmaß eingemessen und für die nachfolgende GIS gestützte Analyse ebenfalls mit einem Mehrfrequenz-RTK-GPS-Gerät eingemessen worden.

Zur Nachweisführung für stattgefundene Waldumwandlungen mit dem Ziel der Prüfung einer Kahlschlageigenschaft einer Waldfläche nach dem Hieb ist mehrfach die Drohne als Hilfsmittel eingesetzt worden, (Abb. 17). Mit ihrer Hilfe ist es möglich, den aktuellen Waldzustand nach dem Hieb, errechnet aus den Drohnenflugbildern, dem Waldzustand vor dem Hieb (historische Orthobilder vom Landesbetrieb Geobasis Brandenburg) gegenüberzustellen. Der für die Bejahung oder Widerlegung der Kahlschlageigenschaft wichtige Bestockungsgrenzwert von 0,4

für Kiefernbestockungen kann über die Auswertung und Darstellung der mittels Fisheye-Fotografie geschätzten TotalSiteFactor (TSF)-Wertes zusätzlich zur qualitativen Beschreibung der Strahlungssituation herangezogen werden. Kahlschlagsähnliche Waldzustände (Bestockungsgrad $\leq 0,4$) in Kiefernbeständen sind durch einen TSF-Wert größer 0,5 (größer 50 %) definiert (KALLWEIT 2016).

c. Drohneneinsatz im Saatgut- und Baumschulbetrieb

Ein Beispiel für den Einsatz der Drohne für Aufgaben des Saatgut- und Baumschulbetrieb zeigt Abb.18. Der Überblick aus der Drohnenperspektive erwies sich als dabei als sehr hilfreich.

Typische Anwendungsbeispiele der Drohnentechnologie für die Waldbewirtschaftung waren Vermessungsbildflüge für die Inventur der Landesbaumschulen, (Abb. 19).

d. Drohneneinsatz in der Landeswaldbewirtschaftung

Die Drohnentechnik fand Anwendung zur Kontrolle des Anwuchserfolges einer Erstaufforstungsfläche bei Neuthymen, (Abb. 20). Neben dem Orthobild (Abb. 20 links) ist das digitale Oberflächenmodell (Abb. 20 rechts) benutzt worden, um den Anwuchserfolg der Kultur durch die dreidimensionale und farblich klassifizierte Darstellung des Oberflächenmodells (einschließlich der Geländehöhe) abzubilden.

Die Beispiele zeigen die Eignung dieser Drohnentechnologie zur Unterstützung einer Vielzahl forstbetrieblicher Anwendungen.

5 Welche Gefahren & Herausforderungen bestehen beim Einsatz von UAV im Wald?

Drohnenflüge über Wald zeichnen sich neben Flügen über der offenen See durch vergleichsweise schwierige Umgebungsbedingungen aus. Dazu zählen u.a.:

- eingeschränkte Sichtweite für den Piloten am Boden aufgrund der i.d.R. hohen Waldbestockung,
- wenige und oft schlechte Landemöglichkeiten in größeren Waldgebieten, so dass keine „Spontanlandungen“ im Falle von Komplikationen möglich sind,
- die ohnehin lückenhafte Netzabdeckung im ländlichen Raum ist in Waldgebieten aufgrund geringer Besiedlungsdichte nochmals herabgesetzt. Sie ist aber für den Bezug von Geo-

daten (Karten und Luftbilder für die Flugsteuerung, Korrekturdienste für GPS-Einmessungen) erforderlich,

- das wiederholt uns begegnete Problem plötzlich auftauchender Flugkörper über Wald (Sportflugzeuge, auch Rettungshubschrauber), die in Flughöhen unter 120 m eigentlich nicht fliegen dürfen und,
- die Gefahr von Überfallwinden an Waldaußenrändern, die infolge der Luftturbulenzen die Drohne für den Steuerer schwer beherrschbar macht.

Diesen Problemen kann mit der Perfektionierung der Flugvorbereitung, regelmäßigen praktischen Trainingsflügen, Erfahrungsaustausch zwischen den Piloten und ständigen Qualifizierungen begegnet werden. Die Finanzierung der Schulung und der nachfolgend erfolgreiche Abschluss des kleinen und großen EU konformen Drohnenführerscheins (A1, A3 und A2) für die sechs Drohnenpiloten durch den LFB ist deshalb ausdrücklich zu begrüßen. Die seit 2019 zu beobachtende Verschärfung des EU-Drohnenflugrechts – Stichworte wären da:

- die Forderung nach zukünftig zertifizierten Drohnen (die es noch nicht gibt),
- die Forderung nach Drohnenbetriebshandbüchern (ähnlich dem Betriebshandbuch eines PKW) und,
- die Forderung nach zukünftig mit elektronischen Identifikationssystemen ausgestattete Drohnen, die die Identifizierung der Drohne durch die Luftüberwachung als auch durch beliebige Smartphone Geräte gestatten,

lassen eine schnelle Veränderungen des Drohnenflugrechts und der Drohnentechnik erwarten. Insofern war die Unterzeichnung einer Vollmacht für Drohnenflüge im Auftrag des LFB gemäß der Sonderregelung nach Artikel 2 der GVO (EU) 2018/1139 durch den Direktor des LFB, Herrn Kraut, sehr hilfreich. Sie hebt aber die Notwendigkeit der Reaktion der Drohnenpiloten des LFB auf die Weiterentwicklung des Drohnenrechts und der Drohnentechnik nicht auf.

6 Fazit

Multikopterdrohnen eignen sich zur schnellen operativen Aufnahme von Waldflächen bis etwa Abteilungsgröße pro Tag zur Beantwortung einer Vielzahl von forstlichen Fragestellungen. Sie sind ein Hilfswerkzeug für die Arbeit des Försters am und im Wald. Die dabei erzeugten Drohnenbilder weisen eine hervorragende Qualität auf, die bei richtigem Einsatz und richtiger Bildverarbeitung, weit über die bekannte Qualität von Standardluftbildern des Landesbetrieb Geobasis Brandenburg aufgrund der besseren Auflösung hinausreicht. Ziel sollte es sein, sich in den kommenden Jahren dem Drohnenflug in der sogenannten „Speziellen Kategorie“ nach dem Drohnenflugrecht zu stellen. Hierunter wird der Flugbetrieb über 120 m über Grund (AGL) sowie der Flug hinter dem Horizont (BVLOS) verstanden. Bundesweit sind in den Forstverwaltungen der Länder für die „eigene“ flächige Befliegung von Waldflächen größer 100 ha aktuell zwei Tendenzen zu beobachten: Zum einen der seit Anfang 2022 begonnene Einsatz von VTOL-Drohnen bzw. Starrflügerdrohnen über Wald an der LWF Bayern und der FVA Baden-Württemberg. Zum anderen das Mieten von Pilot plus Ultraleichtflugzeug für den digitalen Bildflug über Wald unter Verwendung forsteigener hochwertiger Mittelformatkamertechnik und forsteigener Flugplanung, praktiziert von der LaFoA MV, die nach dem Flug vom Piloten die Rohdaten übergeben bekommt. Festzuhalten bleibt, dass der Drohnenein-



Abb. 18: Sichtbarmachung von Klon-spezifischen Strukturen durch die Dokumentation des Blühverhaltens der Vogelkirsche, Revier Liepe, Abt. 167, Flug 4/2022. Jeweils 9 Individuen bilden einen Block, einige Herkünfte blühen, andere haben schon oder werden zeitversetzt später blühen und sind dadurch zuordenbar.

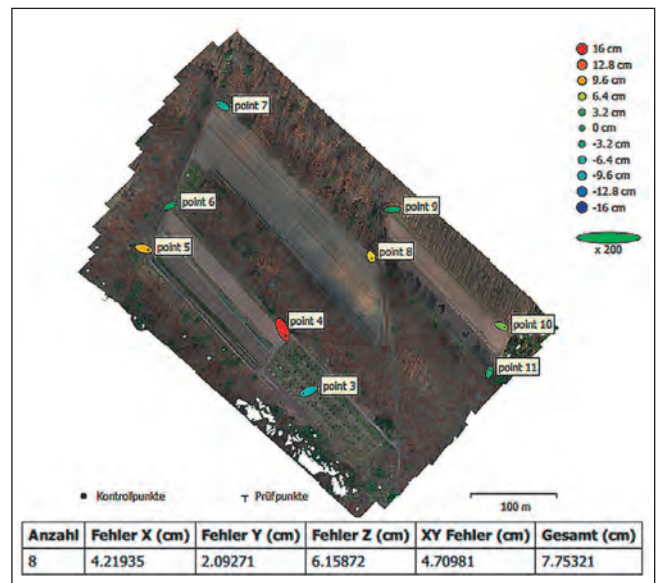


Abb. 19: Vermessungsbildflug des auf der Basis der luftbildsichtbaren Passpunkte erarbeiteten Modells zur Weiterverarbeitung im Geografischen Informationssystem (GIS) für die Inventur der Forstbaumschule Stadtsee Eberswalde (Screenshot aus dem Agisoft Verarbeitungsbericht). Die einzelnen Pflanzplatzgrößen sind nach Import des Orthomosaiks direkt im GIS messbar.

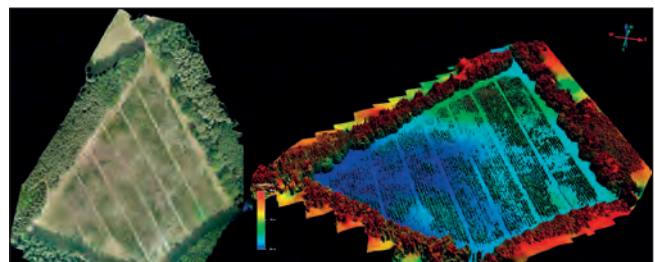


Abb. 20: TrueOrthobild (links) und digitales Oberflächenmodell (rechts) zur Kontrolle des Anwuchsenerfolges. Unterschiedliche Pflanzenhöhen und Geländehöhen sind erkennbar. Darstellung mithilfe der Software QTReader823, Flug 9/2020. Die Auflösung des Orthobildes von 1,8 cm Pixelgröße erlaubte die Identifikation der Holzpfähle mit 2 cm Kantenlänge, die die einzelnen Parzellen begrenzten.

satz den Zwang zu ständigem Flugtraining und zu ständigen technischen Optimierungen beinhaltet. Hierzu sind motivierte und qualifizierte Fachleute erforderlich, denn dies ist auf Betriebsebene bei dem zu erwarteten Bedarf auf Dauer nicht nebenbei zu erledigen.

7 Literatur:

KALLWEIT, R (2016): Gutachten zur Feststellung freilandähnlicher Verhältnisse in der Oberförsterei Lehnin, Revier Brandenburg, Gemarkung Brandenburg, Flur 112, FS 272 v. 15.4.2016

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Publikationen 2021

WALDBAU/WALDWACHSTUM

BOSE, A.; SCHERRER, D.; CAMARERO, J.J.; SCHRÖDER, J. et al. (2021):
Climate sensitivity and drought seasonality determine post-drought growth recovery of *Quercus petraea* and *Quercus robur* in Europe.
Science of The Total Environment 784:147222; DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147222.

CLERC, D. (2021):
Strategien zur Entwicklung von widerstandsfähigen Wäldern auf Waldbrandflächen - Forschungsprojekt PYROPHOB
AFZ-DER WALD 9/2021: 65.

DALITZ, B. (2021):
Blühflächen im Wald – Artenvielfalt für Insekten
In: LFB (Hrsg.): Geschäftsbericht 2020 Landesbetrieb Forst Brandenburg: 34-39.

DEGENHARDT, A; GRÜLL, M. (2021):
Wald der Zukunft und Waldumbaupotenzial
In: LFB (Hrsg.): Geschäftsbericht 2020 Landesbetrieb Forst Brandenburg: 6-11.

DEGENHARDT, A; STÄHR, F. (2021):
Waldumbau nach Maß? Ein Bewertungsansatz für Brandenburg
Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des DVFFA, Online, Mai - Juli 2021, Tagungsbericht: 1-32.

DEGENHARDT, A; STÄHR, F.; ROSE, B. (2021):
Auf dem richtigen Weg? Ergebnisse von Stichprobenaufnahmen zur Evaluierung des Waldumbaus in Brandenburg
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 70: 25-44.

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

KÖRNER, M.; THIEDE, J.; GUERICKE, M.; SCHRÖDER, J. u. a. (2021):
Zuwachsreaktionen nach Nadelverlusten durch Raupenfraß verschiedener Intensität bei Kiefer.
In: Schmidt, M.; Nagel, R.-V. (Hrsg.): Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde.
Jahrestagung 18.05.2021: 128-136.

SCHRÖDER, J.; GUERICKE, M.; KÖRNER, M. (2021):
Fingerprints of biotic agents in tree-ring and NDVI time series of forest stands.
Poster zur Tagung TRACE - Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology - Virtual Conference 2021.

SCHRÖDER, J.; PANKA, S.; DEGENHARDT, A. (2021):
Exoten wieder im Fokus: Erkenntnisse zu nichtheimischen Baumarten von langfristigen Versuchsflächen.
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 70: 13-24.

SCHRÖDER, J.; VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M.; VAN DER MAATEN, E.; THURM, E. A. (2021):
Wuchsreaktionen der Rot-Buche auf die Witterung.
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 46-55.

SCHRÖDER, J.; KÄTZEL, R. (2021):
Zur Zukunft der Rot-Buche im Brandenburger Wald – ein Zwischenfazit.
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 129-130.

WALDSCHUTZ

KAPLICK, J.; THIEME, C.-J.; ZIMDARS, A.
Wie geht das zusammen? Zur Integration von Ökosystemleistungen im Waldschutz-Risikomanagement
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 70: 67-72.

MÖLLER, K.; HIELSCHER, K.; WENNING, A.; DAHMS, CH. (2021):
Waldschutzsituation 2020 in Brandenburg und Berlin
AFZ-Der Wald 9: 47-50.

MÖLLER, K. (2021):
Immer mehr im Fokus des Waldschutzes: Klimaschutz und Biodiversität
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 70: 73-85.

MÖLLER, K. (2021):
Es geht um Wald? – Förster fragen
Ameisenschutz aktuell 1: 9-14.

MÖLLER, K. (2021):
Biodiversität im „Kleinen“ fördern – Insektenschutz im Garten
Ameisenschutz aktuell 3: 54-59.

BRÄSICKE, N.; MÖLLER, K.; BERENDES, K.-H. (2021):
Eichenprozessionsspinner in Deutschland: Maßnahmen und Handlungsbedarf
PCN - Pest control news 71 (1): 10-14.

HIELSCHER, K. (2021):
Gefährdung der Rot-Buche (*Fagus sylvatica* L.) durch Tiere und abiotische Einflüsse
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 35-45.

KAUTZ, M.; DELB, H.; HIELSCHER, K.; HURLING, R.; LOBINGER, G.; NIESAR, M.; OTTO, L.-F.; THIEL, J. (2021):
Borkenkäfer an Nadelbäumen – erkennen, vorbeugen, bekämpfen
FNR, Gülzow-Prüzen, 54 S.

STÄHLER, M.; MÖLLER, K.; BRÄSICKE, N. (2021):
Abbau von lambda-Cyhalothrin in Kiefernwäldern nach einer Waldschutzmaßnahme mit Hubschrauber
62. Deutsche Pflanzenschutztagung - digital. Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius-Kühn-Archiv 467: 157-158.

DAHMS, C.; WENNING, A. (2021):

Diagnosereport 2020 - Diagnostische Arbeiten unter besonderer Berücksichtigung pilzlicher Organismen

Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

LFE (2021):

„Aktuelle Waldschutzinformation“, Nr. 1, 2 und 3/2021.

<https://forst.brandenburg.de/lfb/de/ueber-uns/landeskompentenzzentrum-lfe/aktuelle-waldschutzinformationen/>

MÖLLER, K.; DAHMS, C.; EBERT, P.; HIELSCHER, K.; JACOB, C.; KAPLICK, J.; KRÜGER, A.; MÜLLER, C.; PASTOWSKI, P.; THIEME, C.; WENK, M.; WENNING, A.; ZIMDARS, A. (2021):

Waldschutzbericht 2020

Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde.

WENK, M. (2021):

Waldbrandstatistik 2020

Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde.

WENNING, A. (2021):

Buchenschäden in Trockenjahren

In: LFB (Hrsg.): Geschäftsbericht 2020 Landesbetrieb Forst Brandenburg: 12-15.

WENNING A.; DAHMS, C. (2021):

Pilzliche und pilzähnliche Organismen an Rot-Buche (*Fagus sylvatica* L.)

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 25-34.

WENNING, A.; HENTSCHEL, R.

Vitalitätszustand der Rot-Buche in Brandenburg

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 14-24.

WALDÖKOLOGIE

KÄTZEL, R. (2021):

Von der Waldkunde zur Ökosystemforschung

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 70: 45-56.

POMMER, U.; RÜFFER, O. (2021):

Zur nacheiszeitlichen Einwanderungsgeschichte der Buchenwälder im nordostdeutschen Tiefland - eine Einführung

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 70: 9-13.

RÜFFER, O. (2021):

Natürliche Regeneration von Buchenwäldern in der Buchenmischwald-Klimaregion Brandenburgs am Beispiel des Melzower Buchennaturwaldes

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 70: 94-103.

GENETIK/ÖKOPHYSIOLOGIE/KLIMAWANDEL

BAUHAUS, J.; DIETER, M.; FARWIG, N.; HAFNER, A.; KÄTZEL, R.; KLEINSCHMIT, B.; LANG, F.; LINDNER, M.; MÖHRING, B.; MÜLLER, J.; NIEKISCH, M.; RICHTER, K.; SCHRAML, U.; SEELING, U. (2021): **Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel**

Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik beim BMEL (Hrsg.).

PETERS, S.; LANGER, G.; KÄTZEL, R. (2021):

Eschentriebsterben – Kriterien zur Schadensbonitur an Eschen
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow-Prützen, 60 Seiten, ISBN-Nr.: 978-3-942147-44-6.

KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S. (2021):

Biochemische Blattinhaltsstoffe als Stressindikatoren bei Rot-Buchen

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 71: 56-67.

KÄTZEL, R.; LIESEBACH, M.; BECKER, F.; LÖFFLER, S. (2021):

Zur physiologischen Differenzierung der Rot-Buche am Beispiel einer Fläche des "Internationalen Herkunftsversuches 1996/98" im Fläming

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 71: 68-85.

EUSEMANN, P.; KÄTZEL, R.; BECKER, F.; LIESEBACH, H. (2021):

Der genetische Fußabdruck der Verjüngungsphase – Einblicke in die Geschichte zweier alter Buchenbestände in Brandenburg
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 71: 86-93.

BOLTE, A.; SANDERS, T.; NATKHIN, M.; CZAJKOWSKI, T.; CHAKRABORTY, T.; LIESEBACH, H.; KERSTEN, B.; MADER, M.; LIESEBACH, M.; LENZ, C.; LAUTNER, S.; LÖFFLER, S.; KÄTZEL, R. (2021):

Coming from dry regions Norway spruce seedlings suffer less under drought

Project Brief Thünen Institute of Forest Ecosystems 2021/16.

PETERS, S.; LANGER, G.; KÄTZEL, R. (2021):

Bonitur geschädigter Eschen im Kontext des Eschentriebsterbens

AFZ-Der Wald 12/2021: 28-29.

LIESEBACH, M.; WOLF, H.; BEEZ, J.; DEGEN, B.; ERLEY, M.; HAVERKAMP, M.; JANSSEN, A.; KÄTZEL, R.; KAHLERT, K.; KLEINSCHMIT, J.; LEMMEN, P.; PAUL, M.; VOTH, W. (2021):

Identifizierung von für Deutschland relevanten Baumarten im Klimawandel und länderübergreifendes Konzept zur Anlage von Vergleichsanbauten - Empfehlungen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ zu den Arbeitsaufträgen der Waldbaureferenten

Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 51 p, Thünen Working Paper 172, DOI:10.3220/WP1617712541000.

BODENKUNDE

RIEK, W.; RUSS, A.; MARX, M. (2021):

Concentrations of Inorganic and Organic Pollutants in Forest Soils as an Archive of Anthropogenic Inputs in the State of Brandenburg, Germany

Appl. Sci., 11, 1189. <https://doi.org/10.3390/app11031189>

RIEK, W.; RUSS, A.; ZICHE, D.; HENTSCHEL, R.; BRINI, A. (2021):

Prognose zur Entwicklung der Rot-Buche unter veränderten Wasserhaushaltsbedingungen

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 104-128.

RUSS, A.; RIEK, W.; WESSOLEK, G. (2021):

Three-Dimensional Mapping of Forest Soil Carbon Stocks Using SCORPAN Modelling and Relative Depth Gradients in the North-Eastern Lowlands of Germany

Appl. Sci., 11, 714. <https://doi.org/10.3390/app11020714>

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(5): 1–19. <https://doi.org/10.3390/app11052403>.

FORSTPOLITIK, PLANUNG UND BETRIEBSWIRTSCHAFT

JANDER, A. (2021):

Auswertung des Testbetriebsnetzes des BMEL 2020 für Brandenburg

Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde.

FORSTLICHE UMWELTKONTROLLE

HENTSCHEL, R. (2021):

Anderes Wetter, Neue Methoden, gleiche Herausforderungen

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 70: 57-66.

HENTSCHEL, R.; WENNING, A. (2021):

Vitalität der Rot-Buche in Brandenburg

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 14-24.

WILDÖKOLOGIE UND JAGDWIRTSCHAFT

PLASCHKE, M.; BHARDWAJ, M.; KÖNIG, H.J.; WENZ, E.; DOBIAŠ, K.; FORD, A.T. (2021):

Green Bridges in a re-colonizing landscape: Wolves (*Canis lupus*) in Brandenburg, Germany

Conservation Science and Practice. 2021; e00364. <https://doi.org/10.1111/csp2.364>

DOBIAŠ, K. (2021):

Elche in Brandenburg – Ergebnisse des Monitorings 2013 bis 2020

Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal 2020 Bd. III, 90-95.

Ausgewählte Posterpräsentationen



Forstwirtschaft

Zielorientierter Waldumbau - Versuchsflächen als Kompass für die Forstpraxis

Forstliche Versuchsflächen in Brandenburg

Aktuell

- ca. 250 Versuchsreihen
- mit ca. 2000 Versuchsflächen
- auf ca. 600 ha Waldfläche
- 84 Baumarten

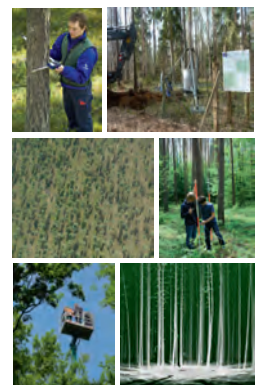
Digital verfügbar

- ca. 3.000.000 Durchmesser-Messungen (Ø 14,5 cm)
- ca. 600.000 Höhen-Messungen (Ø 18,6 m)
- ca. 60.000 Kronen-Messungen
-



Auf den Versuchsflächen erhobene Merkmale

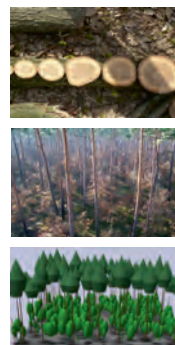
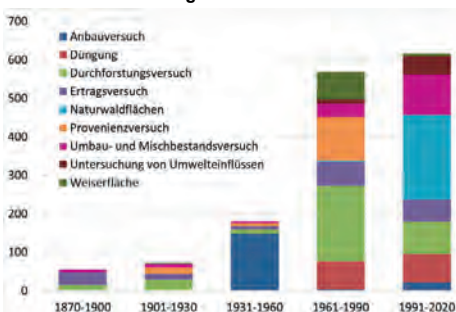
- BHD, Höhe, Sektionsmessungen
- Zuwachsbohrungen, Stammanalysen
- Baumkoordinaten
- Kronenansätze, Kronenradien
- Schaftqualität, Vitalität, Kronenzustand
- Vegetation, Phänologie
- Boden-, Nadel-, Blattanalysen
- Wasserhaushalt, Witterung
- Genetik, Biomarker
- Laserscanning, Fernerkundung,



Von ertragskundlichen Versuchen zur interdisziplinären Waldforschung

Fotos: LFE

Versuchsflächenanlagen nach Versuchsart



Fünfeichen 57

Level-II-Dauerbeobachtung, Waldumbau, Eichensterben, Biodiversität, Phänologie, Pflege und Nutzung (OakChain), Modellierung (BWINPro Brandenburg), Risikobewertung

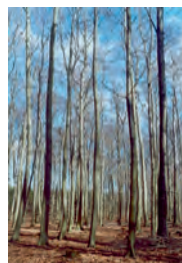
Waldumbau im Versuch



Schäferberg 137 / 245
Eichensaat- und Pflanzversuch

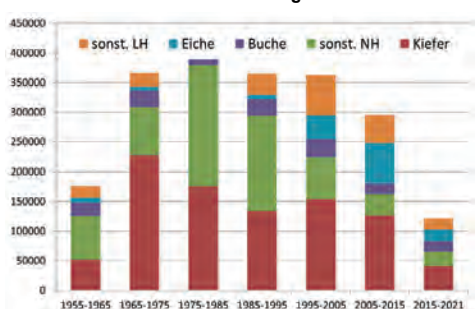


Schwenow 5114 Vergleich von Nester- und Reihenpflanzungen und Naturverjüngung



Eberswalde 16 Wachstum der aus Unterbau unter Kiefer hervorgegangenen Buche

Anzahl der Durchmesser-messungen nach Baumarten

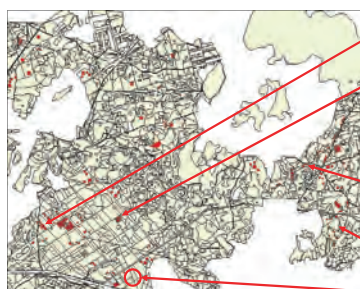
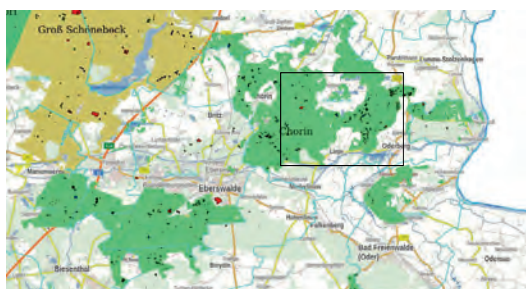


Dr. Annett Degenhardt
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde
Annett.Degenhardt@lfb.brandenburg.de



Zielorientierter Waldumbau - Versuchsflächen als Kompass für die Forstpraxis

Versuchsflächen in der Landeswaldwaldoberförsterei Chorin



Chorin 85: Provenienzversuch Kiefer

Chorin 61 / 97 / Liepe 38: Ehemals Durchforstungsversuche Kiefer, aktuell Untersuchung des Wachstums von Kiefern-Buchen-Mischbeständen

Freienwalde 187: Durchforstungsversuche Eiche

Schwappachsche Anbauversuche fremdländischer Baumarten

Liepe 32

Liepe 32

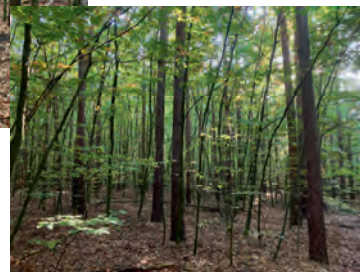
- 1999-2003: Projekt der Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstökologie und Walderfassung Eberswalde „Untersuchungen zur Ökologie von Kiefern-Buchen-Mischbeständen im nordostdeutschen Tiefland“
- Seit 2011 Versuchsfläche des LFE: Wachstum und Behandlung der aus Unterbau unter Kiefer hervorgegangenen Buche; Modellierung des Wachstums der Buche (Parametrisierung von BWINPro Brandenburg)

Baumart	Alter	Stammzahl / ha	DG in cm	HG in m	Bonität
GKI	72	618	28,8	27,4	33,7
RBU	33	894	8,8	14,9	41,3



2011

2022

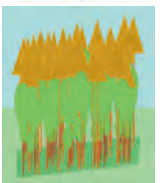


Simulation mit BWINPro Brandenburg

2022



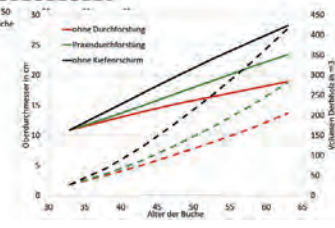
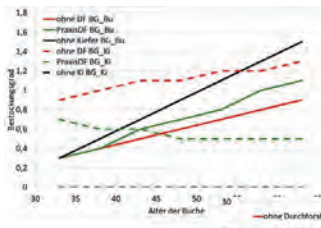
2052: ohne Behandlung



2052: praxisübliche Behandlung



2052: Entnahme Kieferschirm



Die Auswirkungen von Kahlfraß und PSM-Einsatz auf die Käfergemeinschaft (Coleoptera) in Kiefernwäldern

ARTEMIS steht für: Adaptives Risikomanagement in trockenheitsgefährdeten Eichen- und Kiefernwäldern mit Hilfe integrativer Bewertung und angepasster Schadschwellen

Die Massenvermehrung von blatt- und nadelfressenden Insekten ist in Brandenburg und anderen Bundesländern ein lange bekanntes Phänomen. Dadurch können die **Waldfunktionen** erheblich beeinflusst werden. Der Einsatz von **Pflanzenschutzmitteln (PSM)** kann daher bei flächiger Gefährdung der Bestände dazu dienen, die **Multifunktionalität der Wälder** in den Zeiten des **Klimawandels** zu erhalten.



Globale Stoffkreisläufe
z.B. CO₂, O₂, H₂O ...



Holznutzung



Lokales Klima
/ Sicht- & Immissionsschutz



Wasser- und Bodenschutz



Lebensraum



Erholungswert

Waldfunktion Lebensraum

Durch den Einsatz von PSM können akut vom Kahlfraß bedrohte Waldflächen schnell und effektiv geschützt werden. PSM können **Nicht-Zielorganismen**, in Abhängigkeit vom eingesetzten Mittel, in unterschiedlicher Intensität beeinflussen und haben damit Folgen für das **Ökosystem** und dessen **Biodiversität**. Im Rahmen des Projektes werden die kurz- und langfristigen Auswirkungen von PSM-Anwendung und Kahlfraß auf die **Insektengemeinschaft** in Wäldern auf der Grundlage von Datenerhebungen auf **langfristigen LFE-Versuchsflächen** untersucht (siehe u.a. MÖLLER & MAJUNKE 1997, 2001; MÖLLER 2002, 2007). Hier werden am Beispiel der **Käfergemeinschaft (Coleoptera)** die Auswirkungen von PSM-Einsatz und Kahlfraß auf **Biodiversität** und **Abundanz** ausgewählter **Artengruppen** und **funktioneller Gruppen** analysiert. Geplant ist ebenfalls, Erkenntnisse über **Resilienzen** und weitere **Einflussfaktoren** wie klimatische Veränderungen zu gewinnen. Ziel ist es, dadurch eine verbesserte Basis für die **Bewertung der Konsequenzen** von PSM-Einsätzen bzw. Kahlfraßereignissen zu schaffen.

Einfluss von PSM-Einsatz und Kahlfraß auf die Käfergemeinschaft (Coleoptera)

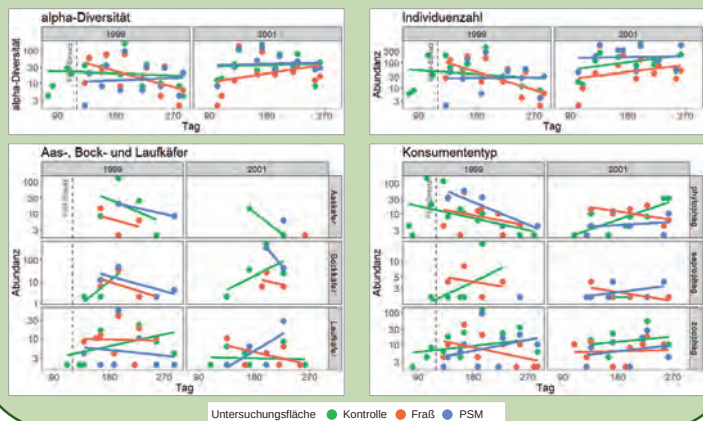
Untersuchungsgebiete



Fläche	Behandlung	Klima	Standort	Baumart/-alter
Trebitz (Kontrolle)	Dauerbeobachtungsfläche (1998 – 2003)		Z2	KI 80-85 Jahre
Jamitz (Fraß)	Kahlfraß (1999, Kiefernspinner (<i>Dendrolimus pini</i>))	Lausitzer Klima, kontinental beeinflusst	Z2	KI 80-85 Jahre
Staakow (PSM)	PSM -Einsatz (1999, Karate WG Forst)		Z2	KI 90 Jahre

Entwicklung von alpha-Diversität und Abundanz der Käfergemeinschaft, ausgewählter Familien und funktioneller Gruppen auf Kahlfraß-, PSM- und Kontrollfläche 1999 bis 2001

Vorläufige Ergebnisse: Der Einsatz von Karate WG Forst in 1999 führte im Vergleich zu Kahlfraß- und Kontrollfläche nicht zu einer Verschlechterung der alpha-Diversität und der Abundanz der Käfergemeinschaft sowie der beispielhaft ausgewählten Familien und funktionellen Gruppen. Weitere Untersuchungen zur Veränderungen der Artenzusammensetzung der Insektengemeinschaft einschließlich Gewinnern und Verlierern werden derzeit durchgeführt und sollen als Grundlage für eine umfassende Bewertung der Konsequenzen von PSM-Einsatz vs. Kahlfraß dienen.



ARTEMIS ist ein Verbundprojekt gefördert durch die **Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe** und finanziert durch das **Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft**.



Literaturquellen:
MÖLLER, K., MAJUNKE, C. (1997): Untersuchungen zum Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Arthropodenfauna in Kiefernforsten. Mit. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 11, 1-6, 255-258.
MÖLLER, K., MAJUNKE, C. (2001): Der Einfluss von Störungen in Kiefernforsten auf die Arthropodenfauna. Mit. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 13, 445-448.
MÖLLER, K. (2002): Der Einfluss von Störungen auf die Arthropodenfauna in Kiefernforsten Brandenburgs. Beitr. Forstwissch. u. Landschaftskol. 36, 2, 77-80.
MÖLLER, K. (2007): Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Forst – Nebenwirkungen auf Nicht-Ziel-Organismen. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. XXX: 16-21.

Kerstin Günther, Katrin Möller, Christoph Thieme, Julia Kaplick
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde
Kerstin.Guenther@LFB.Brandenburg.de



CHORIN 112

Die Eibe (*Taxus baccata*) in neuem Licht

Die Eibe

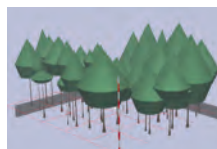
Auf dem Nordhang des Choriner Weinbergs lokalisiert, breitet sich seit über 80 Jahren das stammzahlenmäßig bedeutendste Eiben-Vorkommen Norddeutschlands aus, das seinen Ursprung in einer Wegrandbepflanzung hat. Die Eibe (*Taxus baccata* L.) als Tertiär-Relikt (Braunkohlenzeit, Beginn vor 65 Mio J.) und einziger europäischer Vertreter der Klasse *Taxopsida* kommt bei uns nur noch auf wenigen natürlichen Standorten vor, und nicht zuletzt deshalb gehört sie zu den strengstens geschützten Arten. Zwei-, selten einhäusig, Blütezeit März-April, Samen reifen im August-September, alle Pflanzenteile außer Arillus giftig, Holz harzfrei, zäh, elastisch, biegsam, hart und schwer. In der Jugend als schattenbedürftig bezeichnet, in Wirklichkeit eher schattenertragend bei geminderter Vitalität.



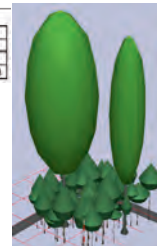
Die Versuchsanlage

Aus zwei Licht-Varianten bestehend, erlaubt uns der seit über 25 J. unter Beobachtung stehende Versuch die Reaktion der Eibe auf extrem unterschiedliche Lichteinstrahlung zu überprüfen. Im Fokus stehen vor allem die Entwicklung der Mortalität und Vitalität der in vergleichbar gleichen Wuchsbedingungen wachsenden Eiben beider Varianten (Wuchsbezirk 0709, Jahresniederschlag 546 mm, mittlere Jahrestemp. 7,9 °C, T M2 m). Die stammweise erhobenen Daten (Stammfußkoordinaten, Baumdurchmesser, -höhen, Kronenlängen und -breiten, Qualitäts- sowie Geschlechtsansprachen) erlauben uns nicht nur eine dreidimensionale Visualisierung des Befunds, sondern auch eine mathematisch-statistisch gesicherte Analyse der wichtigsten Wachstumsprozesse der untersuchten Baumpopulationen.

CHORIN 112				
Nr.	Art	Variante	Baumart	Alter
1	0.05	Lichte V./Zaum EIB	30	
2	0.05	Schatten-V.	30	10, 15, 21, 41



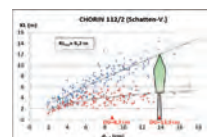
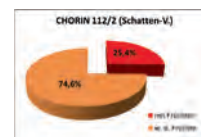
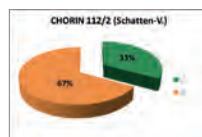
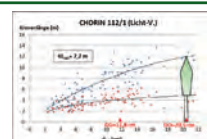
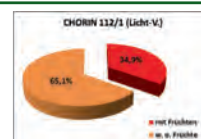
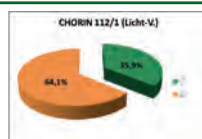
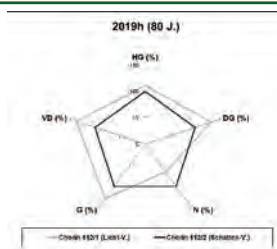
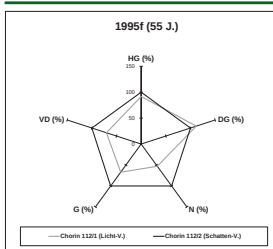
CHORIN 112/1 (Lichtvariante)



CHORIN 112/2 (Schattenvariante)



Die Ergebnisse



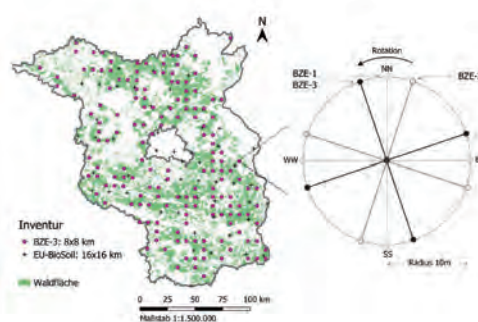
Die Schlussfolgerungen

- Beide Varianten zeigen unabhängig von der erhaltenen Lichtmenge die relativ gleichen Relationen in der Verteilung der beiden Geschlechter.
- Der statistisch gesicherte, größere Zuwachs, die gute gesundheitliche Kondition der Eiben der Licht-V. sowie die hier nach der Beseitigung der letzten Überschirmungsbäume festgestellte relativ höhere Fruktifizierungsfähigkeit zeigen, dass die Eibe für eine optimale Entwicklung mehr Licht benötigt, als die Bäume in der Schatten-V. erhalten.
- Die relativ hohe Neigung zur Bildung von Sekundärkronen und die permanente Fähigkeit, mit „Schlafenden Augen“ (Knospen) Zweige und Scheinstämme in jeder Lage entstehen zu lassen, deuten auf eine hohe Regenerationskraft der Choriner Eibe hin.
- Die in der Schatten-V. beobachtete relativ hohe Schattentoleranz erfolgt auf Kosten der Vitalität der hier wachsenden Eiben. Der Bestand hier verkörpert mit seinem Bild eine zwischen Leben und Tod schwebende, dahinvegetierende Bestockung.

Waldböden unter der Lupe: Startschuss zur dritten bundesweiten Bodenzustandserhebung in Brandenburg

1. Ausgangssituation und Hintergrund

Die Entwicklung von Böden ist ein langsamer Prozess, doch lassen sich Veränderungen von Bodenchemie und Humuszustand analytisch auch schon innerhalb weniger Jahre aufzeigen. Der aktuelle Waldbodenzustand spiegelt die zurückliegenden Einflüsse der Umweltfaktoren wider: Schadstoffeinträge aus Luftverunreinigungen, das Klima, die sich wandelnde Vegetation und den Einfluss des Menschen – zum Beispiel durch Eingriffe in den Landschaftswasserhaushalt oder infolge der Waldbewirtschaftung. Um den Zustand und die Veränderung der Waldböden zu dokumentieren, wird alle 15 Jahre eine Bodeninventur durchgeführt. Diese ist Teil des bundes- und europaweiten forstlichen Umweltmonitorings und erfolgt in Brandenburg an den Punkten der Bundeswaldinventur (BWI) und Waldzustandserhebung (WZE). 30 Jahre nach der Erstinventur 1992 starten nun die Geländeaufnahmen der dritten bundesweiten Bodenzustandserhebung BZE-3.



Lage der BZE-3-Punkte in Brandenburg und Beprobungsdesign an den einzelnen Inventurpunkten

2. Zielstellung: Wozu wird die BZE-3 benötigt ?

Gesunde (= funktionsfähige) Böden sind die Grundlage für produktive und anpassungsfähige Wälder und somit einer nachhaltigen und erfolgreichen Forstwirtschaft. Waldböden bieten einen optimalen Lebensraum für viele Organismen und tragen so zur Biodiversität in unseren Wäldern bei. Sie speichern Kohlenstoff und leisten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Durch die regelmäßige Durchführung der BZE wird eine verlässliche Datengrundlage zur Beantwortung vielfältiger umweltbezogener, forstlicher und bodenschutzrelevanter Fragestellungen geschaffen und fortgeschrieben. Die Ergebnisse dienen Försterinnen und Förstern sowie Waldbesitzenden als Grundlage für waldbauliche Entscheidungen – zum Beispiel mit Blick auf die standortgerechte Baumartenwahl unter Bedingungen des Klimawandels oder auch hinsichtlich der Nährstoffnachhaltigkeit bei unterschiedlicher forstlicher Nutzungsintensität.

3. Organisation und Erhebungsdesign: Wie wird die BZE-3 durchgeführt ?

Die Bodenzustandserhebung ist ein Gemeinschaftsvorhaben von Bund und Ländern. In Brandenburg obliegt die Koordination und Auswertung der BZE-3 dem Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE). Feldarbeiten und Probenentnahme wurden als Dienstleistung ausgeschrieben und an Unternehmen vergeben. Im zentralen ökologischen Labor der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) werden alle chemischen Bodenanalysen und Analysen von Pflanzenmaterial durchgeführt. Die BZE-3 erfolgt auf einem flächenrepräsentativen Messnetz von 217 Inventurpunkten. Über eine Vielzahl von chemischen und physikalischen Parametern wird an diesen Punkten der Bodenzustand umfassend beschrieben. Weitere Indikatorgrößen lassen auf die Rolle der Böden in den verschiedenen Waldökosystemen schließen. Hierzu werden an allen Inventurpunkten Blatt-/Nadelproben entnommen und mit Blick auf die aktuelle Nährstoffversorgung analysiert. Darüber hinaus werden Aufnahmen zum Baumbestand (Zuwachs, Kronenzustand), den Totholz mengen und zur Bodenvegetation durchgeführt.



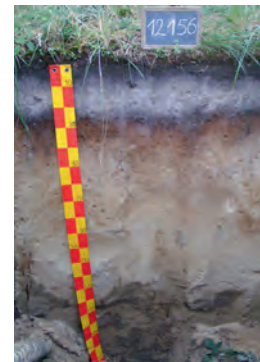
Bodenprobenentnahme und Entnahme von Nadelproben

Waldböden unter der Lupe: Startschuss zur dritten bundesweiten Bodenzustandserhebung in Brandenburg

4. Ausblick: Zu welchen Themen erwarten wir neue Erkenntnisse ?

Veränderungen von Bodeneigenschaften können nunmehr über einen langen Zeitraum aufgedeckt werden. Daraus lassen sich Bewertungen für die Planung und Kontrolle von forstlichen Maßnahmen ableiten. Die Daten werden einen Beitrag zur Simulation von Risiken bei der Baumartenwahl unter Bedingungen des Klimawandels leisten. Dabei steht zunehmend auch der Wasserhaushalt der Böden und deren Potenzial für die Kohlenstoffspeicherung im Fokus. Neue Erkenntnisse sind zu den grundsätzlichen ökosystemaren Zusammenhängen, d.h. den Wechselwirkungen zwischen Bodeneigenschaften und Waldernährung, Waldwachstum, Waldvegetation, Kronenzustand und Sickerwasserqualität zu erwarten sowie hinsichtlich der Bedeutung von Waldböden für die Biodiversität.

Bereits Anfang der 1990er Jahre wurde die bundesweite Bodenzustandserhebung konzipiert, um Beeinträchtigungen der Wälder durch den Eintrag sogenannter Säurebildner aus Luftverunreinigungen („saurer Regen“) zu erfassen. Der Versauerungsstatus der Waldböden und deren versauerungsbedingte Nährstoffverarmung standen im Fokus der BZE-1. Bei der ersten Wiederholungsinventur wurden die Themen erweitert. Die BZE-2 erbrachte neue Informationen zur Belastung der Böden mit Schadstoffen und zur Stickstoffsättigung infolge atmosphärischer Einträge. Forstwirtschaftlich beachtenswert sind die Befunde zur Nährstoffausstattung der Böden im Zusammenhang mit der Nährstoffnachhaltigkeit unterschiedlicher Nutzungsintensitäten, die sich anhand der BZE-3 nun erneut überprüfen lassen.



Bodenprofil BZE-Punkt 12156



Laboranalyse von BZE-
Bodenproben

- Waldböden als Lebensraum: Beitrag zur Biodiversität
- Rolle der Böden für die Ernährung der Bäume
- Baumartenwahl im Klimawandel: Wasser- und Nährstoffverhältnisse repräsentativer Böden
- CO₂-Bindung: Böden als Kohlenstoffsенke oder -quelle
- Nährstoffnachhaltigkeit bei der Holznutzung: Nährstoffvorräte und -bilanzierung
- Bedeutung von überhöhten Stickstoffeinträgen: Stickstoffsättigung der Böden
- Status und Dynamik der Bodenversauerung
- Status und Änderung der Schwermetallkonzentrationen
- Beitrag für die Forstliche Standortserkundung: eine aktualisierte Datengrundlage

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 Plagefenn. 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 Schalenwildes 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. Winterkolloquium 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 15. Winterkolloquium am 20. Februar 2020 in Eberswalde. „Wald im Wandel – Risiken und Lösungsansätze.“ Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 69.

Wissenstransfer in die Praxis-Tagungsband zum Jubiläumskolloquium „150 Jahre Waldforschung in Brandenburg“ am 9. Juni 2021. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 70.

Zustand und Entwicklung der Rot-Buche in den Wäldern Brandenburgs unter den Bedingungen des Klimawandels. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 71.



Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Klimaschutz
des Landes Brandenburg (MLUK)

Landesbetrieb Forst Brandenburg

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)
Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde
Telefon: 03334 2759-203
E-Mail: lfe@lfb.brandenburg.de
Internet: www.forst.brandenburg.de