

**Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg**

Henning-von-Tresckow-Straße 2-8
14467 Potsdam
Telefon: 0331 866-0
Fax: 0331 866-8368
E-Mail: poststelle@mil.brandenburg.de
Internet: www.mil.brandenburg.de

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde
Telefon: 03334 2759-100
Fax: 03334 2759-206
E-Mail: lfe@lfe-e.brandenburg.de
Internet: www.forst.brandenburg.de

Forst



Eberswalder Forstliche Schriftenreihe
Band 49

Wissenstransfer in die Praxis

Beiträge zum 7. Winterkolloquium
am 23. Februar 2012 in Eberswalde

EBERSWALDER FORSTLICHE SCHRIFTENREIHE BAND 49

Wissenstransfer in die Praxis

Beiträge zum 7. Winterkolloquium
am 23. Februar 2012 in Eberswalde



Impressum

Herausgeber: Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg
Landesbetrieb Forst Brandenburg

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

Redaktion: J. Engel, LFE

Gesamtherstellung: DRUCKZONE GmbH & Co. KG, Cottbus

1. Auflage: 1.200 Exemplare, gedruckt auf PEFC-Papier

Fotos: Von den Autoren der Beiträge, wenn nicht anders vermerkt.

Titelbilder: J. Engel

Eberswalde, im Juni 2012

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft 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

Begrüßung

Überblicksvortrag zur Bilanz der Arbeit des LFE im Jahre 2011 Prof. Dr. KLAUS HÖPPNER	5
Wie Phönix aus der Asche – Sekundärsukzession nach Waldbrand als Grundlage für die Entwicklung von Wirtschaftswald? Dr. FALK STÄHR	10
Flaum- und Zerr-Eiche in Brandenburg – Alternative Baumarten im Klimawandel? Prof. Dr. habil. RALF KÄTZEL	23
Massentierhaltung versus Waldgesundheit – Ergebnisse zur Diagnose und Behandlung stickstoffbelasteter Wälder Dr. BJÖRN STROHBACH, PETER EINERT, Dr. BERND LEHMANN, Dr. SONJA LÖFFLER	37
Trieberkrankungen an Waldbäumen im Brennpunkt der forstlichen Phytopathologie Dr. PAUL HEYDECK, CHRISTINE DAHMS	47
Neue Erkenntnisse zu Brandenburgs Brotbaum – Zur Zuwachsreaktion von Kiefer bei verschiedener Behandlung auf nährkraftschwachen Böden im Land Brandenburg Dr. habil. MATTHIAS NOACK	56
Das Wasser macht´s – Substratfeuchte in der forstlichen Standortsgliederung, Skalierungs- und Bewertungsansätze ALEXANDER KONOPATZKY	73
Durchforsten nach Zahlen – Mit heuristischen Verfahren zur optimalen Waldbehandlung Dr. ANNETT DEGENHARDT	83
Wissenschaft muss Wissen schaffen – Wege des Wissenstransfers in die Forstpraxis JAN ENGEL	90

Schlusswort und Ausblick

Themenschwerpunkte und Anforderungen an das LFE für das kommende Jahr HUBERTUS KRAUT, Direktor des Landesbetriebes Forst Brandenburg	99
--	----

Posterpräsentationen

Vermehrungsgut bei Douglasie in Brandenburg DAGMAR SCHNECK	104
Waldschutzmeldewesen „Waldbrandbericht Brandenburg“ – Programmänderungen Dr. KATI HIELSCHER, RALPH BEITZ, MATTHIAS WENK, SEBASTIAN GROSSER, ROBERT MERKEL, BRIGITTE BORN	105
Holzverfärbungen an Waldbäumen CHRISTINE DAHMS, MARKO CHRISTOPH, ROBERT MERKEL, SEBASTIAN GROSSER und Dr. PAUL HEYDECK	106
Veränderung des Wärmehaushalts durch Klimawandel Prof. Dr. WINFRIEF RIEK, Dr. REINHARD KALLWEIT, ALEXANDER RUSS, STUART KRAUSE	107
Die Auswirkungen natürlicher Walddynamiken auf das Artgefüge von epigäischen Raubarthropoden in Eichenwäldern MARCO LANGER, TIM M. ZIESCHE	108

Monitoring des Wurzelschwammbefalls (<i>Heterobasidion annosum</i> [FR.] BREF.) in Kiefernauflorungen auf Kippenstandorten	
Dr. DIRK KNOCHE, CHRISTOPH ERTLE und Dr. PAUL HEYDECK	109
Friedrich II. und der Wald – Eichen und Kiefern aus den Königlichen Forsten	
INES HÖHNE	110
Friedrich II. und der Wald – Beginn einer nachhaltigen Holzwirtschaft	
INES HÖHNE	111
Friedrich II. und der Wald – Sandschellen und Kienäpfel in der Mark	
INES HÖHNE	112
Friedrich II. und der Wald – Forstdienst zwischen Krieg und Reform	
INES HÖHNE	113
Friedrich II. und der Wald – Die Forstordnung von 1754	
INES HÖHNE	114
Publikationen des LFE im Jahr 2011	115
Bisher erschienene Bände der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe	119

Begrüßung und Vorstellung von Arbeitsergebnissen des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde im Jahre 2011

Prof. Dr. KLAUS HÖPPNER, Leiter des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde

*Meine sehr verehrten Damen und Herren,
liebe Kolleginnen und Kollegen,*

Ich möchte Sie alle recht herzlich begrüßen zu unserem nunmehr bereits 7. Eberswalder Winterkolloquium, das wiederum unter dem bewährten Motto „Wissenstransfer in die Praxis“ steht.

Der Kreis der Teilnehmer ist im Vergleich zu den Vorjahren noch bunter geworden, wie das Ihnen zugängliche Teilnehmerverzeichnis deutlich macht. Seien Sie alle recht herzlich willkommen zur diesjährigen Leistungsschau des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde.

Das Jahr 2011 war bekanntlich von den Vereinten Nationen als „Internationales Jahr der Wälder“ deklariert worden und von einer Vielzahl öffentlichkeitswirksamer Veranstaltungen gekennzeichnet. Zudem war 2011 das 140. Jahr des Bestehens des Forstlichen Versuchswesens in Eberswalde. Diese Ereignisse prägten auch die Arbeit unserer Einrichtung. 2011 war auch das Übergangsjahr zur Einnahme der neuen Zielstruktur im Landesbetrieb Forst Brandenburg, was auch für das LFE Konsequenzen hatte. Das LFE wird auch künftig als Serviceeinrichtung des Landesbetriebes Forst Brandenburg praxisbezogene Dienstleistungs- und Spezialaufgaben erfüllen und den Wissenstransfer in die Praxis organisieren.

Verbindliche Arbeitsgrundlage für 2011 waren die in der Zielvereinbarung mit der Betriebsleitung festgelegten Aufgaben.

Wir haben aus den Arbeitsergebnissen des Jahres 2011 wiederum 8 repräsentative Vorträge ausgewählt, die sich durchweg praxisrelevanten forstlichen Fragen widmen.

Naturngemäß ist das Aufgabenprofil des LFE breiter und tiefer. Gestatten Sie mir daher einen zusammenfassenden Überblick zu den wichtigsten Arbeitsergebnissen im Jahre 2011.

Ohne Unterstützung durch die Informationstechnik sind die vielfältigen Steuerungs- und Monitoringprozesse für den Wald nicht zu bewältigen. Ein Arbeitsschwerpunkt des dafür zuständigen Fachbereiches **Dokumentation und Datenmanagement** des LFE war die Umstellung der IT-Systeme auf die neuen Strukturen.

Durch die **Geodatenverwaltung** wurde neben den regulären Aufgaben kurzfristig Kartenmaterial für die sich entwickelnden neuen Strukturen geliefert. Im Dezember wurden Revierkarten bzw. Waldbestandeskarten an die damals noch designierten Leiter von Oberförstereien und Landeswaldoberförstereien ausgeliefert, insgesamt 4746 Blatt. Möglich wurde das durch die konsequente Arbeit an der

Geodatenbank in Kombination mit dem Dienstleister, der die Plotprogramme erstellte. Die Datenbasis in der Geodatenbank ArcSDE konnte 2011 weiter verbessert werden. Auch im Web-GIS, das den umfangreichsten Überblick über die flächen- und linienrelevanten Sachverhalte bietet, wurden weitere Themen ergänzt.

Bei der Programmierung eines sogenannten Editierwerkzeuges, das die Erfassung von Flächen- und Linienveränderungen vor Ort erheblich erleichtern soll, bedarf es noch weiterer Abstimmungen mit dem beauftragten Dienstleister.

Intensiv wird gegenwärtig an der neuen Waldbrand-schutzkarte gearbeitet. Druckaufträge sind ausgelöst. Die Karten können Anfang März ausgeliefert werden.

Die **Betriebs- und Finanzdatenverwaltung** war bisher durch das IT-Fachverfahren *Forstbetriebsmanagementsystem, FBMS*, geprägt. Im Jahre 2011 sind *Finanz- und Anlagenbuchhaltung von SAP* hinzugekommen. Stark eingebunden waren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fachbereichs in diesem Zusammenhang bei der Erstellung der Eröffnungsbilanz des LFB.

Die Schnittstelle SAP – FBMS konnte vorbereitet werden. Ihre technische Umsetzung wird 2012 erfolgen. Das FBMS hat auch 2011 verlässlich Daten für die betriebliche Steuerung geliefert.

Natural- und Liegenschaftsdatenverwaltung lieferten auch 2011 wesentliche Sachdatengrundlagen für das betriebliche Handeln auf allen Ebenen. Im *Datenspeicher Wald, DSW2*, wurden Erweiterungen in den Listen- und Standardauswertungen sowie Vereinfachungen in der Anwendung des DSW realisiert. Die Adressharmonisierung zwischen DSW und GIS war zur Mitte des vergangenen Jahres abgeschlossen. Auf dieser Grundlage wurde in der zweiten Hälfte des Jahres 2011 die Feststellung der Waldeigenschaft begonnen, mit der zahlreiche Mitarbeiter auf der Fläche befasst waren. Rund 4.800 Änderungen, die Auswirkungen auf unsere Geodaten und damit die Karten haben, sind gemeldet worden. Im DSW konnten diese Änderungen durch die Bearbeiter selbst vorgenommen werden. Für das Nachvollziehen der Änderungen im GIS machen sich Leistungen durch Dritte erforderlich.

Das IT-Fachverfahren *Liegenschaftsinformations- und Verwaltungssystem, LIVIS* wurde 2011 weiter zum einheitlichen Informationssystem für liegenschaftsbezogene Geschäftsvorfälle und liegenschaftsbezogenes Verwaltungshandeln entwickelt. Dazu gehört auch die Übernahme des Programmteils Faktura, das künftig auch die Basis für eine Schnittstelle zum FBMS sein soll und damit eine Verbindung zur Betriebs- und Finanzdatenverwaltung herstellt. Zwischen DSW und Web-GIS sowie LIVIS und Web-GIS wurden 2011 wechselseitige Schnittstellen realisiert. Diese

müssen nach Umstellung von DSW und LIVIS auf die neue Struktur nochmals überarbeitet werden.

Die im *Forstschutzmeldewesen, FSMW*, zusammengefassten IT-Fachanwendungen monatlicher Meldedienst, Waldbrandberichterstattung, Verbissmonitoring, Mäusemonitoring sowie die IT-Fachanwendung *Forstsaatgutwesen, FSGW*, konnten auch 2011 stabil bereit gestellt werden. Auch sie waren auf die Bedingungen der neuen Struktur umzustellen. Für den monatlichen Meldedienst ist eine fließende Neuprogrammierung in Eigenleistung bei enger Abstimmung zwischen den Fachbereichen Waldentwicklung und Monitoring sowie Dokumentation und Datenmanagement vorgesehen.

Die **Systemverwaltung** konnte den IT-Betrieb auch 2011 weitgehend sichern. Vor einem Jahr mussten auf Grund einer Virenattacke alle Server vom Netz genommen und gesäubert werden, was für eine Woche den IT-Betrieb fast unmöglich machte. Durch einen Komplettausfall der Klimaanlage an einem Wochenende kam es zu einer Überhitzung im Serverraum und damit zum Ausfall der zentralen IT für 2 Tage. Zwischenzeitlich sind Veränderungen vorgenommen worden, die solche Probleme auch außerhalb der normalen Geschäftszeiten erkennen lassen und ein rechtzeitiges Gegensteuern ermöglichen.

Eine wichtige Maßnahme bestand 2011 in der **Einführung von Thin Clients**. Der Eine oder Andere wird sich an den Vortrag von vor 2 Jahren anlässlich des Winterkolloquiums zu den „dicken und dünnen Dingen“ erinnern. Mittlerweile sind die Auslieferung der „dünnen Dinger“, der Thin Clients, und die Bereitstellung von neuen PC in Form sogenannter virtueller PC auf den Servern des LFB angefallen. Auch die Oberförstereien und Landeswaldoberförstereien werden 2012 mit dieser Technik ausgerüstet. Die neuen Sitze der Dienststellen sind seit Ende letzten Jahres bekannt. Auf dieser Grundlage wird geprüft, welche anderen als die ggf. bestehende ISDN-Netzanbindung am jeweiligen Standort verfügbar sind.

Auch der Fachbereich Dokumentation und Datenmanagement war, wie bereits angesprochen, im Zuge der Einnahme der Zielstruktur mit erheblichen Personalveränderungen konfrontiert. Eine Beeinträchtigung in der Leistungsfähigkeit ist daher nicht auszuschließen.

Auch der Fachbereich **Planung und Betriebswirtschaft** trägt vornehmlich dienstleistenden Charakter. Was waren hier die wesentlichsten Arbeitsergebnisse und -richtungen im Jahre 2011?

Mit dem Start zur Datenerhebung der 3. Bundeswaldinventur begannen die umfangreichen **Waldinventurarbeiten** auf der Grundlage eines bundesweiten Inventurrasters. Im Rahmen unserer landesweiten Waldinventur kommt es bei Verdichtung der Stichprobentrakte zur Vervierfachung der Aufnahmepunkte. Die dazu notwendigen Absprachen mit dem vTI konnten im Februar 2011 erfolgreich abgeschlossen werden. Die Erhöhung des Stichprobenumfangs erfordert jedoch einen deutlich höheren Personalbedarf, um die Außenaufnahmen zeitgerecht bis Ende 2012 abzuschließen. Bereits ab März 2011 erfolgte daher eine Verschränkung des Personaleinsatzes innerhalb des LFB, um diese Schwerpunktaufgabe zu erfüllen. Dass die Aufnahmarbeiten bisher sehr solide erfolgten, lässt sich

auch vielfachen Pressedarstellungen entnehmen. Die Absicherung des Personaleinsatzes war und bleibt eine dringliche Aufgabe auch für dieses Jahr, die sich nur in gegenseitiger Abstimmung mit der Betriebsleitung erfolgreich lösen lässt.

Zu Gunsten der Waldinventur wurden **Forsteinrichtungsarbeiten** weitgehend zurückgestellt. Nur im Bereich des ehemaligen AfF Fürstenberg fanden Anpassungsarbeiten zur Vorbereitung der neuen Forsteinrichtungsrunde statt. Die Arbeitsgruppe zur Weiterentwicklung des Forsteinrichtungsverfahrens legte den Entwurf der neuen Betriebsanweisung vor. Dazu fanden mehrere Beratungen zwischen dem LFB und dem zuständigen Referat im MIL statt. Es kann davon ausgegangen werden, dass 2012 der Entscheidungsprozess beendet wird. Mit der Überarbeitung der bestehenden mittelfristigen Betriebsplanung könnte dann zielgerichtet ab 2013 begonnen werden.

Im Rahmen der **Standortserkundung** standen Arbeiten zur Qualitätssicherung der bisher vorhandenen Materialien im Vordergrund. In enger Abstimmung mit Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt erfolgte die Weiterentwicklung des Standortkartierungsverfahrens für das nordostdeutsche Tiefland. Gegenwärtig stehen Fragestellungen zur Überarbeitung der Rahmenwerte für die Substratfeuchte im Mittelpunkt. Dies wird im heutigen Vortrag von Herrn Konopatzky umfänglich dargestellt. Weiterhin bleibt es eine Hauptaufgabe für unsere Spezialisten, dem hohen Interesse an Fachschulungen zu entsprechen.

Auch 2011 konnten im Rahmen der **Waldbiotopkartierung** die gesetzlich geschützten Biotope im Landeswald des ehemaligen Betriebsteils Templin nicht abschließend geprüft werden, da die Vegetationstypenerhebung zur ökologischen Lebensraumbewertung prioritär abzuarbeiten war.

Aufgrund personeller Einschränkungen wurden in der **Forstlichen Rahmenplanung** fast ausschließlich Fragestellungen zur Thematik Waldentwicklung und Klimawandel bearbeitet. Der überarbeitete Handlungsrahmen zum gezielten Vorgehen beim Waldumbau wurde auf dem Workshop am 11.10.11 mit Vertretern aller Entscheidungsebenen der Landesforstverwaltung umfangreich diskutiert und liegt in der Betriebszentrale in seiner abschließenden Fassung vor. Der Schwerpunkt liegt in einer kleinteiligen Analyse bestehender standortkundlicher Grundlagen und einer entsprechenden GIS-Umsetzung.

Im Rahmen der von Dritten stark nachgefragten neu bearbeiteten Unterlagen der Waldfunktionen kam es, soweit notwendig, zur umfangreichen fachlichen Beratung.

Nach mehrjähriger intensiver Arbeit an der **Holzernte-Entscheidungshilfe** erfolgte zur Ermittlung des Nachbesserungsbedarfs ab September 2011 ihre Einsatzprüfung im praktischen Anwendungsbetrieb ausgewählter Oberförstereien. Ein im Vorfeld allen Oberförstereien übermittelter Befragungsbogen erbrachte erstmals eine umfangreiche Meinungsäußerung aus der Forstpraxis. Die Überarbeitung ist abgeschlossen und wird im Juni diesen Jahres auf der KWF-Tagung präsentiert werden.

Große Anstrengungen wurden unternommen, um die Aufrechterhaltung der **Testbetriebsnetze Forstwirtschaft**

abzusichern. Bei der Betreuung und fachlichen Beratung legen die TBN-Teilnehmer gewöhnlich viel Wert auf kompetente und konstante Ansprechpartner. Wie hoch geschätzt die Daten sind, kam u.a. bei der jährlichen Ergebnispräsentation mit den Teilnehmern des **Testbetriebsnetzes Forstwirtschaft des Bundes** (Waldeigentümer über 200 ha Fläche) im November 2011 zum Ausdruck.

Mit hohem Interesse wurde auch die erstmalige Auswertung des 2008 installierten **Testbetriebsnetzes für forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse und den Kleinprivatwald in Brandenburg** für die Betriebsjahre 2007, 2008 und 2009 zur Kenntnis genommen. Immerhin beteiligen sich daran ca. 250 Einzelwaldbesitzer und ca. 40 Forstbetriebsgemeinschaften. Brandenburg verfügt damit neben dem Betriebsvergleich Westfalen-Lippe und dem Testbetriebsnetz für den Kleinprivatwald in Baden-Württemberg über die Möglichkeit, Tendenzen und Entwicklungen der im Land ausgesprochen wichtigen Gruppe der Kleinprivatwaldbesitzer abzubilden. Dies sollten wir uns unbedingt erhalten!

Der Fachbereich Planung und Betriebswirtschaft war und ist personell stark von der Neuorganisation der Struktureinheiten im LFB betroffen. Neben einer grundsätzlichen Verringerung der Spezialisten werden sich insbesondere die Mitarbeiter/-innen in den Aufgabenprofilen Betriebsanalyse, Holzmobilisierung, Forstliche Rahmenplanung und Waldinventuren in ihre Aufgaben einarbeiten müssen.

Der Fachbereich **Waldentwicklung und Monitoring** bearbeitete im Jahr 2011 32 Produkte, die überwiegend die Arbeiten des Vorjahres fortsetzten. Hiervon werden 6 Beiträge zum diesjährigen Winterkolloquium interessante Arbeitsergebnisse vorstellen. Die Arbeiten für Dienstleistungen und Beratungen haben sich im Fachbereich weiterhin zu Lasten des klassischen forstlichen Versuchswesens verschoben. Dies gilt insbesondere für den Waldschutz, den Waldbau und den Waldnaturschutz.

Die Tätigkeit des **Fachteams Waldschutz/Phytopathologie** war maßgeblich von der aktuellen, sich verschärfenden Waldschutzsituation geprägt. Schwerpunkte der Prognose und Beratung 2011 waren die weitere Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners und damit zunehmende Schäden in den Eichenbeständen, die beginnende Massenvermehrung der Nonne sowie das Triebsterben von Esche und Kiefer. Diese Probleme widerspiegeln auch die Inhalte der monatlichen Waldschutzinformationen – die weiterhin auch für das Internet aufgearbeitet werden. 108 Diagnoseanfragen gingen 2011 beim Waldschutzteam ein – insgesamt 147 Schadursachen, vor allem pilzliche Erreger, wurden identifiziert. Deutlich zugenommen haben aufgrund des veränderten gesetzlichen Rahmens im Pflanzenschutz der organisatorische Aufwand für Pflanzenschutzmaßnahmen aus der Luft sowie entsprechende Abstimmungsaktivitäten auch auf Bundesebene.

Vorbereitet bzw. für den Waldbrand bereits umgesetzt wurde die Aktualisierung bzw. Neugestaltung der verschiedenen Waldschutz-Programmbausteine im Intranet. Der Waldschutzordner erfuhr eine umfangreiche Ergänzung. Die Förster in Südbrandenburg wurden weiter bei der Bekämpfung des Wurzelchwamms durch fachliche Begleitung und ganz praktisch durch die Bereitstellung der anwendungsbereiten Pilzsuspension unterstützt.

Zu den Arbeitsschwerpunkten im Fachgebiet **Waldbau/Waldwachstum** gehörten im Jahr 2011 die weiteren Auswertungen der langfristigen Kieferndurchforstungsversuche, die Untersuchungen auf den Störungsflächen – wie bspw. der im nachfolgenden Vortrag vorgestellten Waldbrandfläche in der Obf. Hammer – und vielfältige Beratungsaufträge der Betriebsleitung und der forstlichen Praxis. Letztere befassten sich u. a. mit dem Anbau fremdländischer Baumarten, der Bewirtschaftung von Edellaubholz und dem Voranbau auf laubholzfähigen Grenzstandorten.

Einen breiten Raum nahm 2011 die wissenschaftliche Arbeit zur Umsetzung der Waldumbauvorhaben im Land Brandenburg ein. Hier lag das Augenmerk insbesondere auf der Umbaubaumart Eiche, die im Land Brandenburg einerseits die wichtigste Umbaubaumart ist, andererseits unter forstsanitären und somit auch waldwirtschaftlichen Erwägungen derzeit als problematisch bewertet werden muss. Im Rahmen des Produktes „V erfahren zum Umbau von Kiefernreinbeständen mit Traubeneiche“ wurde hierzu ein umfangreicher Bericht vorgelegt.

Begonnen wurde mit einem interdisziplinären Projekt zwischen Waldbau und Waldschutz, das Zusammenhänge zwischen der Waldstruktur und dem Auftreten von Massengradationen von Insekten näher beleuchtet wird. Hierzu wurden konzeptionelle Vorarbeiten geleistet, die auch im engen Zusammenhang zu dem BMBF-Projekt „Nachhaltiges Landnutzungsmanagement“ stehen, das die künftige Entwicklung von Schadinsekten unter den Bedingungen des klimatischen, standörtlichen und walstrukturellen Wandels untersucht.

In der **forstlichen Umweltkontrolle** wurde die Beteiligung am EU-Life-Projekt FutMon zur Entwicklung eines verbesserten europäischen Waldmonitorings erfolgreich abgeschlossen. Auch ohne die finanzielle Unterstützung durch die Europäische Union und die von ihr geförderten Projektmitarbeiter werden die Aufgaben des Monitorings, wie im Winterkolloquium vor drei Jahren vorgestellt, gewährleistet. Vor dem Hintergrund der neuen Struktur des Landesforstbetriebes müssen die Arbeiten auf den Level-2-Dauerbeobachtungsflächen ohne Unterbrechung mit teilweise neuen Kollegen der Forstpraxis fortgesetzt werden. Um kritische Situationen des Wasserhaushaltes bei den Baumarten Kiefer, Eiche und Buche weiterhin zu erfassen, wurde mit der Rekonstruktion und Modernisierung der hydrologischen Messtechnik auf den nun teilweise seit 16 Jahren laufenden Intensivmessflächen begonnen. Angesichts der Bedeutung des Wasserhaushaltes für Brandenburg müssen diese Arbeiten schrittweise 2012 fortgeführt werden. Sie leisten einen wichtigen Beitrag für die Parametrisierung des Wasserhaushaltsmodell BROOK90. Die jährliche Waldzustandserhebung im Level I-Netz wurde planmäßig abgeschlossen und die Ergebnisse im Internet veröffentlicht.

Im Rahmen der **Bodenzustandserhebung** (BZE) wurde die Nadelbeprobung zum Ernährungszustand von 120 Kiefernbeständen durchgeführt. Die Laboranalysen der Boden- und Nadelproben wurden fortgesetzt und werden voraussichtlich noch bis zum Herbst dieses Jahres andauern.

Die Bestandesdaten der BZE-Inventuren wurden in Hinblick auf die Elementvorräte in der Biomasse ausgewertet und Stoffbilanzen für unterschiedliche Nutzungsszenarien kalkuliert. Die Ergebnisse zur stofflichen Nachhaltigkeit der Nutzung wurden im Oktober präsentiert.

Auf der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Berlin und Potsdam wurden in mehreren Vorträgen und im Rahmen einer vom LFE und dem Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) gemeinsam vorbereiteten Ganztagesexkursion Ergebnisse der BZE dem wissenschaftlichen Fachpublikum zur Diskussion gestellt.

Im Produkt „**Dynamische Regionalisierung**“, dem **Kernvorhaben für künftige Anpassungsmaßnahmen**, wurde die Veränderung des Wärmehaushaltes anhand von Daten aus Klimaszenarien bis zum Jahr 2100 für die Waldfläche berechnet und daraus Störungspotenziale abgeleitet und regionalisiert. Hierzu findet sich im Foyer ein Posterbeitrag. Die Ergebnisse sollen nunmehr mit Indikatoren zum Trockenstress anhand einer flächendeckenden Wasserhaushaltsmodellierung verknüpft werden.

Die Gefährdung der Brandenburger Wälder war nicht nur Thema einer deutsch-polnischen Fachtagung, sondern spielte auch in der Arbeit des Fachbereiches eine wesentliche Rolle. Dies betraf zum einen Stellungnahmen für die Betriebsleitung zur ursprünglich geplanten Waldvernichtung zugunsten der Erweiterung des Solarparks in der Lieberoser Heide als auch das massive Absterben der Erlen im unteren und oberen Spreewald aufgrund der Aufstauung nach dem Hochwasser 2010. Gemeinsam mit Kollegen aus Lübben wurde unter Einsatz der Stereoluftbilddauswertung der Schädigungsumfang bestimmt. Nach Planung, Ausschreibung und Befliegung wurden mittels digitaler Vierkanalfarbbilder großräumig die Waldflächen des Ober- und Unterspreewaldes hinsichtlich der Vitalität bewertet. Diese Arbeiten müssen in diesem Jahr fortgesetzt, der Schadensverlauf dokumentiert, kollaterale Folgeschäden erfasst und waldbauliche Konzepte für den Spreewald entwickelt werden.

Im Rahmen der **Naturwaldbetreuung und -forschung** wurde das Gebiet Hainholz an der Stepenitz erstmals eingerichtet. Vergleichsuntersuchungen der Waldentwicklung seit 1870 in den Dauerwaldrevieren Groß Ziethen und Bärenthoren wurden ausgewertet und veröffentlicht.

Das über mehrere Jahre dauernde Forschungsprojekt „Biodiversität in Eichenwirtschaftswäldern“ fand seinen Abschluss in einer Veröffentlichung der Publikationsreihe des BfN „Naturschutz und Biologische Vielfalt“. Ein Exemplar liegt zur Ansicht im Foyer aus und kann über den Buchhandel erworben werden.

Mit der vom LFE und Mitarbeitern der Oberförsterei Freienwalde erarbeiteten Vorlage des FFH-Managementplanes Sonnenburger Wald und Ahrendskehle hat der Landesbetrieb Forst ein weiteres Beispiel zur Fachplanung für das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000 geliefert.

Im Rahmen des Göttinger Projektes NWE5 wurde in Eberswalde eine Gesamtübersicht von Waldflächen, die nicht bewirtschaftet werden, erarbeitet, um die Ziele der natürlichen Entwicklungsgebiete für die Nationale Strategie der biologischen Vielfalt zu versachlichen. Hierfür wurden durch das LFE intensive GIS-Analysen im Abgleich mit Daten des LUGV durchgeführt.

Unter Einbeziehung des von der Bundesanstalt für Landwirtschaft geförderten Drittmittelprojektes zur **Erhaltung forstgenetischer Ressourcen** wurde ein entscheidender Schritt zur Erfassung wertvoller genetischer Reservoirs unserer Wälder geleistet. Erhaltungsflächen für Vogelkirsche, Elsbeere, Wild-Apfel und den Alteichen der Schorfheide wurden neu angelegt bzw. erweitert. Einen ersten praktischen

Anfang nahm ein internationaler Herkunftsversuch der Trauben-Eiche mit der Auswahl, Beschaffung und Aussaat von Eicheln aus Rumänien, der Ukraine, Österreich, Brandenburg und Rheinland-Pfalz. Die Ergebnisse aus zehn Jahren genetischen Monitorings der Schlaubetal- und Tauernschen Eichen wurden ausgewertet und publiziert.

Die **Forschungsstelle für Wildökologie und Jagdwirtschaft** hat im zurückliegenden Jahr wiederum dafür Sorge getragen, dass in Kürze ein neuer Jagdbericht für das Land Brandenburg veröffentlicht werden kann. Die Untersuchungen zur Lebensraumnutzung des Damwildes in der Uckermark konnten abgeschlossen werden, die Ergebnisse werden gegenwärtig ausgewertet. Das Monitoring zur Funktionalität der Grünbrücke über die A 11 läuft kontinuierlich und liefert wichtige Erfahrungen für die Erfolgskontrolle auf den Ende 2011 fertig gestellten drei neuen Grünbrücken im südlichen Brandenburg. Die Forschungsstelle beteiligt sich weiterhin am Projekt „Zielorientierte Jagdausübung“ im Landeswald, das die TU Dresden in ausgewählten Oberförstereien durchführt.

Besonders herauszustellen ist der Start des **Interreg IVa-Projektes** „Entwicklung eines grenzüberschreitenden Entscheidungsunterstützungssystems zur fernerkundungs- und modellbasierten Schätzung der Holzbiomasse in den Wäldern des Fördergebietes POMERANIA“ mit vier neuen Mitarbeitern. Im Mittelpunkt des Projektes stehen die Entwicklung von Verfahren zur Biomasseabschätzung aus Fernerkundungsdaten, die Anwendung von Modellen zur Prognose der forstlichen Ressourcen sowie die grenzüberschreitende Bereitstellung der Ergebnisse über ein Biomasseinformationssystem. Das LFE hat hier die Leadpartnerschaft übernommen.

Die erste Phase des **FastWood-Projektes** zur Verjüngung und Nutzung der Robinie fand seinen erfolgreichen Abschluss. Gleichzeitig ging das Projekt mit zusätzlichen Arbeitsschwerpunkten in eine 2. Phase.

Vier weitere bundesfinanzierte Drittmittelprojekte mit zusätzlichem Personal, die vom Fachbereich Waldentwicklung und Monitoring betreut werden, untersuchen die Risiken des Klimawandels und die Erhaltung der Anpassungsfähigkeit unserer Wälder.

Alle zusätzlichen mit Berlin und Mecklenburg-Vorpommern vertraglich vereinbarten Leistungen des Waldschutzes und Forstlichen Umweltmonitorings wurden realisiert.

Von den Mitarbeitern des Fachbereiches wurden wissenschaftliche Ergebnisse auf einer Vielzahl nationaler und internationaler Fachtagungen, Vortragsveranstaltungen, Berichten, mehreren Fernseh- und Rundfunkbeiträgen und in zahlreichen Fachpublikationen vorgestellt.

Im Jahr 2011 wurde, wie bereits kurz angesprochen, auch das 140-jährige Gründungsjubiläum der Hauptstation für das forstliche Versuchswesen in Preußen in der Retrospektive gewürdigt. Wesentliche Veranstaltungen und Fachtagungen wurden vom Fachbereich Waldentwicklung und Monitoring mitorganisiert und begleitet. Die deutsch-polnische Fachtagung „Schutz und Gefährdung der Wälder“ in der Pomerania-Region mit 170 Teilnehmern, davon 73 aus Polen, nimmt hier einen besonderen Stellenwert ein!

Darüber hinaus organisierte das Fachteam Waldwachstumskunde die Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Versuchsanstalten, die im Süden Brandenburgs stattfand und zu der über 50 Wis-

senschaftler aus 5 Nationen begrüßt werden konnten. Das LFE war Mitveranstalter der Jahrestagung der Stiftung August Bier in Sauen sowie der Ausstellung „Waldforschung und Waldvisionäre“ am Naturkundemuseum Potsdam. Mit Forstwissenschaftlern u. a. aus Polen, Russland und China, wurden im Rahmen von Fachexkursionen auf langfristigen Versuchsanlagen Kontakte geknüpft und Kooperationsinitiativen entwickelt.

Beim Wissenstransfer in die Praxis wurden durch den im Jahre 2011 erfolgten Beitritt des LFE zur Wissensplattform waldwissen.net neue Wege beschritten. Monatlich erfolgen rd. 60.000 Zugriffe auf dieses Medium. Bisher hat sich das LFE mit 11 Beiträgen eingebracht.

Das LFE war auch im Jahr 2011 gefragter Partner für Medienanfragen aller Art. Forstthemen konnten wirksam in der Öffentlichkeit platziert werden.

Von den 46 Pressemitteilungen des Landesbetriebes Forst Brandenburg gingen im vorangegangenen Jahr 14 Meldungen vom LFE aus.

Die Medien-Resonanzanalyse ergab 69 Beiträge, davon 14 Fernseh-Beiträge, 8 Radio-Beiträge sowie 47 Beiträge in den Printmedien. Rund ein Viertel der Beiträge hatte lokalen Charakter, die Hälfte eine landesweite Verbreitung (Berlin-Brandenburg) und ein Viertel bundesweite Ausstrahlung.

Neben den Veranstaltungen des LFE (u. a. 6. Winterkolloquium, Deutsch-Polnische Tagung „Schutz und Gefährdung der Wälder“, Buchpräsentation „Technik für den Wald“, Gemeinsame Jahrestagung „Ansprüche an den Wald“ und Gemäldeausstellung H.-U. Finger) und der Unterstützung des Landesbetriebes Forst Brandenburg bei

der Internationalen Grünen Woche und BraLa 2011 wurden zwei Bände der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe sowie drei Informations-Faltblätter und die Ergänzung des Waldschutzordners produziert und 12 Beiträge im Portal www.waldwissen.net veröffentlicht.

Die Arbeit von LFE-Mitarbeitern fand im vergangenen Jahr auch gesellschaftliche Anerkennung. Beispielhaft seien hierfür die im Juli 2011 erfolgte Verleihung des Titels „Außerplanmäßiger Professor“ durch die Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität an Dr. Ralf Kätzel sowie die Verleihung des Umweltpreises des Landes Brandenburg im Oktober 2011 an Frau Dr. Katrin Möller genannt.

Bei der Abrechnung des Produktplans 2011 am 23. November vor der Betriebsleitung wurden die Arbeitsergebnisse des LFE als sehr positiv eingeschätzt. Dafür möchte ich allen Mitarbeitern an dieser Stelle recht herzlich danken.

Wie soll es weitergehen?

Wir haben die vergangenen Wochen und Monate wiederum zu intensiven Abstimmungen mit der Betriebsleitung als unserem Auftraggeber genutzt, um die Aufgaben für den Produktplan 2012 abzustimmen.

Auf dem heutigen Winterkolloquium soll die neue Zielvereinbarung unterzeichnet werden. Damit haben wir eine Legitimation für die Aufgaben in diesem Jahr einschließlich des projektbezogenen Sachkostenrahmens.

Ich bin sicher, dass das LFE auf dieser Grundlage die notwendigen Vorlauf- und Dienstleistungsaufgaben für den Landesbetrieb im engen Zusammenwirken mit der Betriebsleitung und den Kollegen auf der Fläche effektiv erbringen wird.

Wie Phönix aus der Asche – Sekundärsukzession nach Waldbrand als Grundlage für die Entwicklung von Wirtschaftswald?

FALK STÄHR

0. Einleitung

Waldbrand ist ein bedeutender abiotischer Schadfaktor in den Wäldern des Landes Brandenburg. Im Gesamtwald gingen im Zeitraum von 1995 bis einschließlich 2010 188 ha/Jahr durch Waldbrand verloren; die durchschnittliche Flächgröße je Brandereignis betrug in diesem Zeitraum 0,5 ha. Die monetären Verluste durch die Vernichtung von Holzvorräten und Betriebsvermögen (Material) beliefen sich im Zeitraum von 2005 bis einschließlich 2011 auf durchschnittlich 300.000 €/Jahr (Bezug: Gesamtwald). Hinzu kamen die Kosten für die zumeist künstliche Verjüngung der Brandflächen. Perspektivisch deuten die derzeitigen Klima- und Waldgefährdungsszenarien auf eine Zunahme der Waldbrandgefahr im Nordostdeutschen Tiefland hin (GERSTENGARBE und WERNER 1997, BADECK et al. 2004, MÜLLER 2004, SCHLICK und MÖLLER 2007).

In der forstwirtschaftlichen Praxis wird auf den Brandflächen die vernichtete Bestockung meist durch künstlich verjüngte standortgerechte Baumarten ersetzt. Die nachfolgende Darstellung befasst sich jedoch mit der Entwicklung der weitgehend ungesteuerten Sukzession nach großflächigem Waldbrand.

1. Begriff: Sekundärsukzession

Um die Zielstellung der nachfolgend vorgestellten Untersuchungen terminologisch klar abzugrenzen, ist eingangs die Definition des Begriffes „Sekundäre Sukzession“ erforderlich. Sekundäre Sukzessionen sind „...Neuentwicklungen von Wald auf Standorten, die vorher schon Wald trugen.“ (OTTO 1994, 1996). Primäre Sukzession findet hingegen durch Erstbesiedlung von Land statt, z. B. auf Sedimentationsböden, Dünenaufwehungen oder Vulkanascheböden.



Abb. 1: Untersuchungsobjekt ein Jahr nach dem Waldbrandereignis, weitgehend beräumt und noch vegetationsfrei (Luftbild 2001)

2. Ziel der Untersuchung, Untersuchungsobjekt und Methodik

Ziel der Untersuchung ist die Annäherung an folgende Fragen:

1. Wie vollzieht sich die Raum-Zeit-Dynamik der Sukzession auf großen Waldbrandflächen im Nordostdeutschen Tiefland?
2. Beeinflussen der Zaunschutz und die Beräumung des teilverbrannten Restholzes die Sukzessionsdynamik?
3. Ist die Sekundärsukzession als Grundlage für die Entwicklung einer wirtschaftlich akzeptablen Folgegeneration geeignet?

Untersuchungsobjekt ist eine 31,05 ha große Waldbrandfläche in der Obf. Hammer, im Revier Buchholz (Abt.: 2218 a², a³, 2219 a¹, a², 2224 a¹ bis a⁴, 2225 a¹, a³, a⁴). Vor dem Brandereignis am 17.05.2000 bestand die Bestockung auf der untersuchten Fläche aus Kiefern-Reinbeständen im Alter von 50 bis 108 Jahren und einem Trauben-Eichen-voranbau im Südwesten. Das zerstörte Areal ist derzeit von 60 bis 118 Jahre alten Kiefernforsten umgeben. *Abb. 1* zeigt die überwiegend beräumte, vegetationsfreie Brandfläche als Luftbildaufnahme aus dem Jahr 2001.

Die Fläche liegt im trockenen Tieflandklima. Die Lokalbodenformen sind ausschließlich ziemlich nährstoffarme Bärenthorener Sand-Braunerde (BäS) und nährstoffreicher

Kersdorfer Sand-Ranker (KdS) (*Abb. 2*). Zudem handelt es sich um mittelfrische Standorte. Die Güte des Aufagehumus reicht aktuell von trockenem Magerrohhumus in den Dünenlagen des Flächensüdrandes bis zum mäßig frischen Rohhumus im Südwesten und im zentralen Teil der Fläche.

Nach dem Vollbrand wurde auf 6,5 ha teilverbranntes Restholz belassen. Die stehengebliebenen Waldfragmente brachen in den folgenden zwei Jahren zusammen. In den Jahren 2001/2002 wurden 23,65 ha der abgebrannten Fläche gezäunt.

Zur Förderung einer schnellen Wiederbewaldung erfolgte 2001 eine streifenweise Pflanzung mit Gemeiner Birke (Sortiment 2/0) an den Hauptwegen. Bereits im Jahr 2003 begannen die Birken zu fruktifizieren. Weitere künstliche Verjüngungsmaßnahmen fanden nicht statt.

Im Mai 2003 wurde für die abgebrannte Fläche eine auswertbare **Methodik** erarbeitet und anschließend das Untersuchungsobjekt eingerichtet. Die Varianten „gezäunt“ und „nicht gezäunt“ sowie „restholzberäumt“ und „nicht restholzberäumt“ fanden dabei vorrangig Berücksichtigung. Insgesamt wurden auf der Brandfläche 126 Verjüngungszählflächen rasterförmig eingemessen. Der Abstand zwischen den Zählflächen beträgt 50 m. Zählfläche 126 ist ein Brandloch, das aus einem älteren Brand resultiert (Brandereignis vermutlich im Jahr 1995) und wurde deshalb in die weitere Auswertung nicht einbezogen. Die Aufnahmen erfolgten in den Jahren 2003 und 2008.

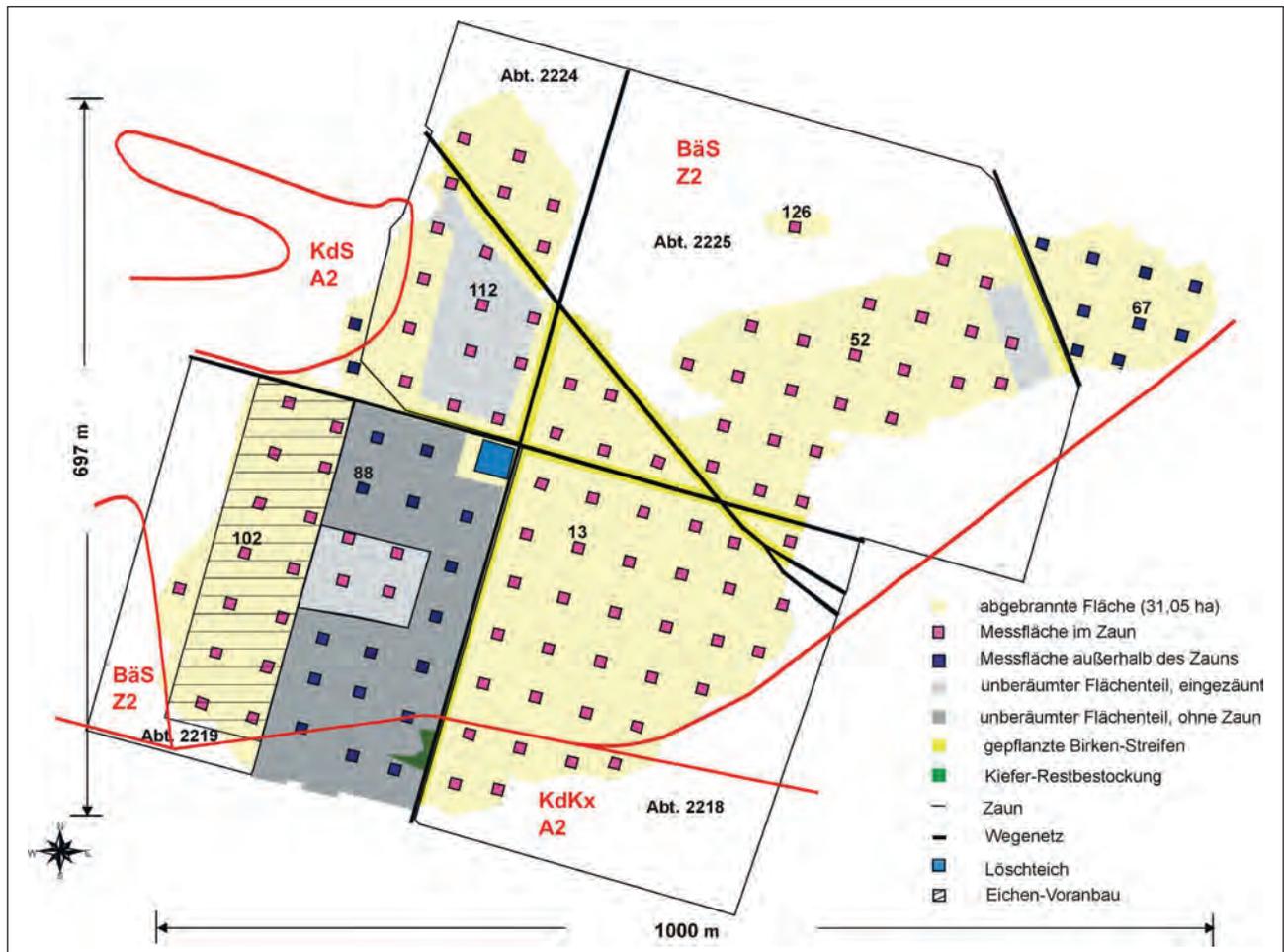


Abb. 2: Flächenübersichtskarte incl. Standorteinwertung und Zählflächenverteilung

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Verteilung und Entwicklung der Sukzessionsbaumarten

3.1.1 Beteiligte Sukzessionsbaumarten

Die **Erstaufnahme im Jahr 2003** ergab, dass sich trotz der geringen Nährstoffausstattung des Standortes neun Baumarten auf der Fläche natürlich verjüngt hatten (Abb. 3). Insgesamt wurden drei Jahre nach dem V ollbrand Ø 998 Stck/ha festgestellt. Diese Sekundärsukzession bestand zu 60% aus Gemeiner Birke und zu 35 % aus Gemeiner Kiefer. Weitere 5% bildeten summarisch die Baumarten Eberesche, Eiche, Aspe, Salweide, Apfelbaum, Faulbaum und Spitzahorn.

Bei der **Folgeaufnahme im Jahr 2008** wurden acht Baumarten und Ø 3.123 Stck/ha nachgewiesen. Die Anzahl der Gemeinen Birken nahm von 2003 bis 2008 um weitere Ø 271 Stck/ha zu, der Baumartenanteil der Gemeinen Birke hatte sich jedoch auf 28% verringert. Die Anteile der Baumarten Gemeine Kiefer und Aspe stiegen hingegen

deutlich an: Gemeine Kiefer auf 45 % und Aspe auf 24 %. Der Anstieg der Individuenzahlen von 2003 bis 2008 betrug bei der Gemeinen Kiefer Ø 1.055 Stck/ha und bei der Aspe Ø 743 Stck/ha.

Der eher verhaltene Sukzessionsverlauf der ersten drei Jahre wird auf folgende Faktoren zurückgeführt:

- die Flächengröße von 31 ha, aus der eine beträchtliche Transportentfernung für die Diasporen resultiert,
- die extremen mikroklimatischen Standortbedingungen der Freifläche,
- hydrophobe, verjüngungsfeindliche Verkrustungen der Mineralbodenoberfläche, die den Keimprozess und die Entwicklung eines Wurzelsystems erschweren (HETSCH 1980, ZUBER 1979).

3.1.2 Raum-Zeit-Dynamik der Hauptbaumarten

Die Zuordnung der Individuenzahlen der Hauptbaumarten Gemeine Kiefer, Gemeine Birke und Aspe zu den erfassten Höhenstufen offenbart unterschiedliche, artspezifische Verjüngungs- und Anpassungsstrategien. Diese

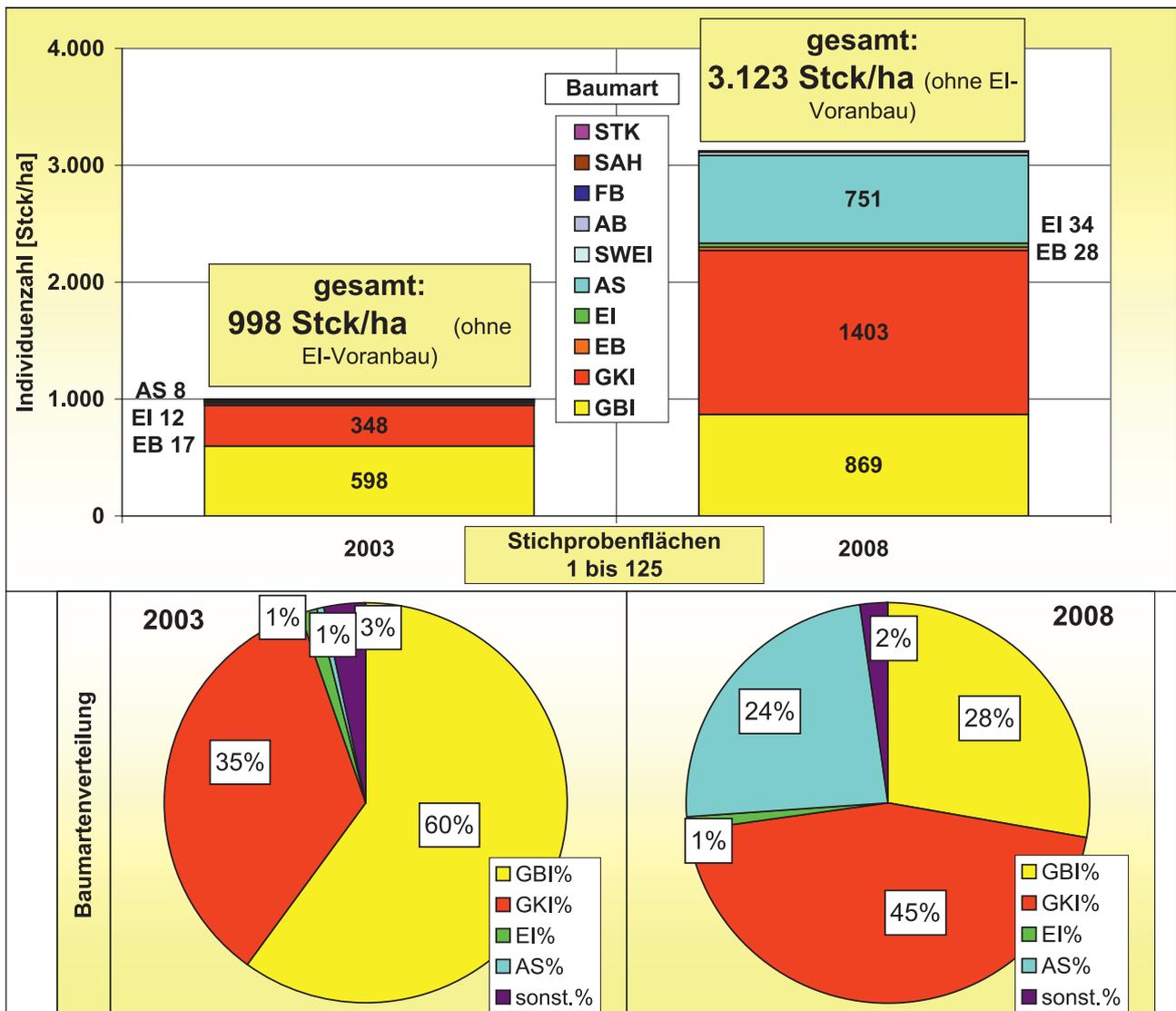


Abb. 3: Individuenzahlen auf der Brandfläche und Baumartenverteilung in der Sekundärsukzession nach den Erhebungen 2003 und 2008

fürten auf der untersuchten Fläche zu einer „Zwei-Phasen-Sukzession“ (Abb. 4):

- Phase I: Im Zeitraum 2000 bis 2003 fungierte primär die Birke als Erstbesiedler der Brandfläche. Daneben wuchs im Höhenbereich bis 50 cm erster Kiefernanflug heran. Aspe und Eiche spielten keine Rolle.
- Phase II: Im Zeitraum 2003 bis 2008 entwickelte sich die Gemeine Kiefer zur Leitbaumart der Sekundärsukzession. Zudem gewann die natürliche Verjüngung der Aspe an Dynamik. Die Pionierbaumart Aspe lag in dieser Phase im Höhenbereich bis 50 cm fast gleichauf mit der Gemeinen Kiefer (Abb. 4), obwohl im näheren Umfeld keine Aspen-Mutterbäume gefunden wurden. Die Individuenzahlen der Gemeinen Birke in den Höhenbereichen bis 50 cm und > 50 bis 200 cm waren geringer als jene der Gemeinen Kiefer und der Aspe.

Die Ergebnisse bestätigen die Fähigkeit der Pionierbaumart Gemeine Birke, die sukzessive Wiederbesiedlung von Rohböden unter extremen mikroklimatischen Verhältnissen

einzuweisen (AAS 2001, SCHIRMER 2001). Die Birke dient somit auf Waldbrandflächen als „Wegbereiter“. Sie verbessert die Verjüngungsfähigkeit des Standortes durch die Minderung mikroklimatischer Extreme (BERGMANN 1995) und die Verbesserung des Standortzustandes. Sie hat ein geringes Konkurrenzvermögen gegenüber anderen Pionier- und Intermediärbaumarten und engt die Etablierung anderer Sukzessionsbaumarten kaum ein (HOFMANN 1997, HOFMANN et al. 2000, HOFMANN und POMMER 2005).

Die Darstellung der räumlichen Verteilung der drei Hauptsukzessionsbaumarten beginnt mit der Birkensukzession (Abb. 5.1 und 5.2 nächste Seite).

Demnach hat sich die Gemeine Birke insbesondere östlich (in Hauptwindrichtung) der am Westgedreeck durchgeführten Pflanzung verjüngt. Im zentralen Teil der Brandfläche war hingegen kaum Birkenverjüngung nachweisbar. Die hochgerechnete Individuenzahl schwankte 2008 auf

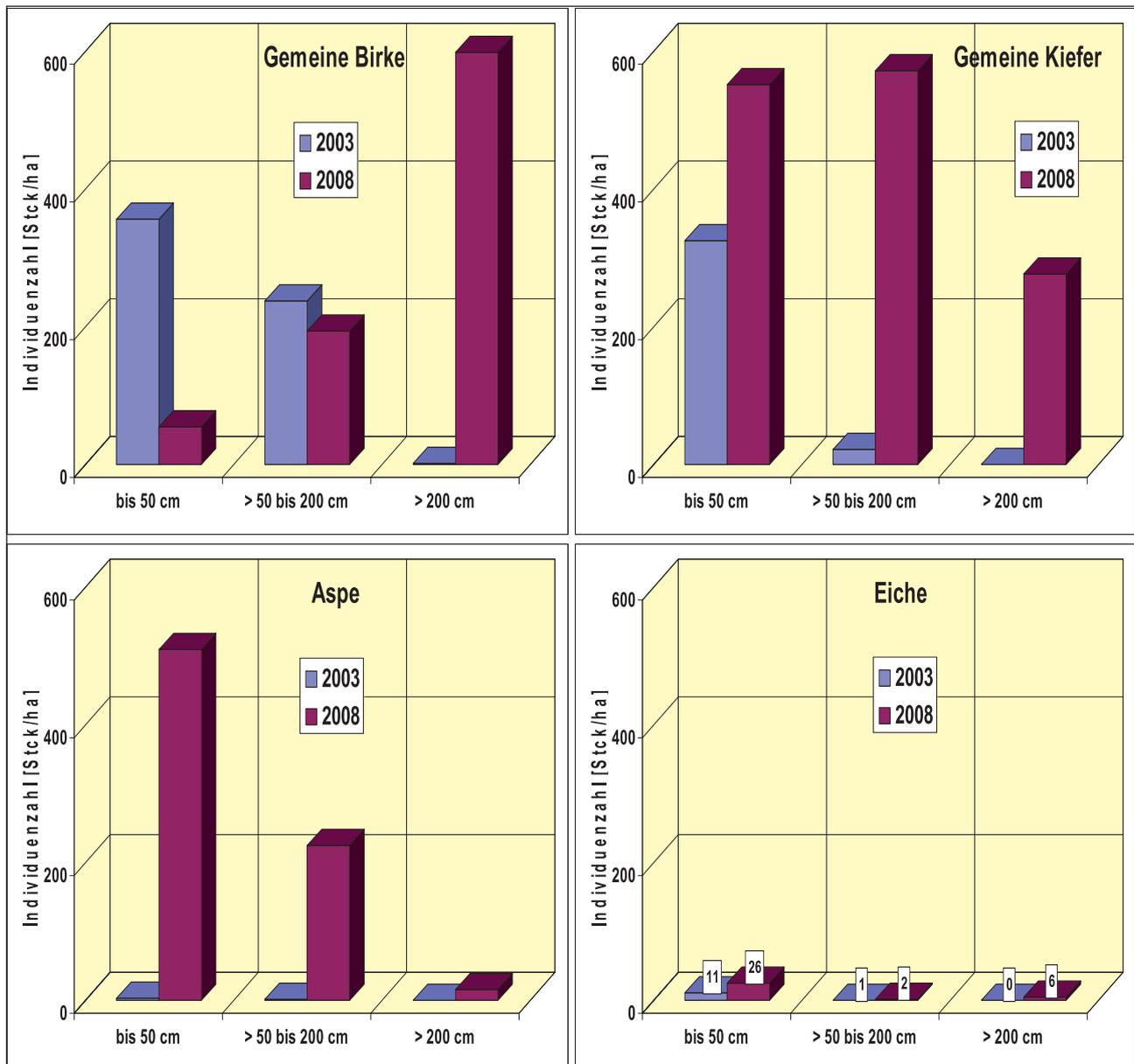


Abb. 4: Zuordnung der Individuenzahlen der Hauptsukzessionsbaumarten (Gemeine Birke, Gemeine Kiefer, Aspe) und der Eichen-Naturverjüngung zu den erfassten Höhenstufen

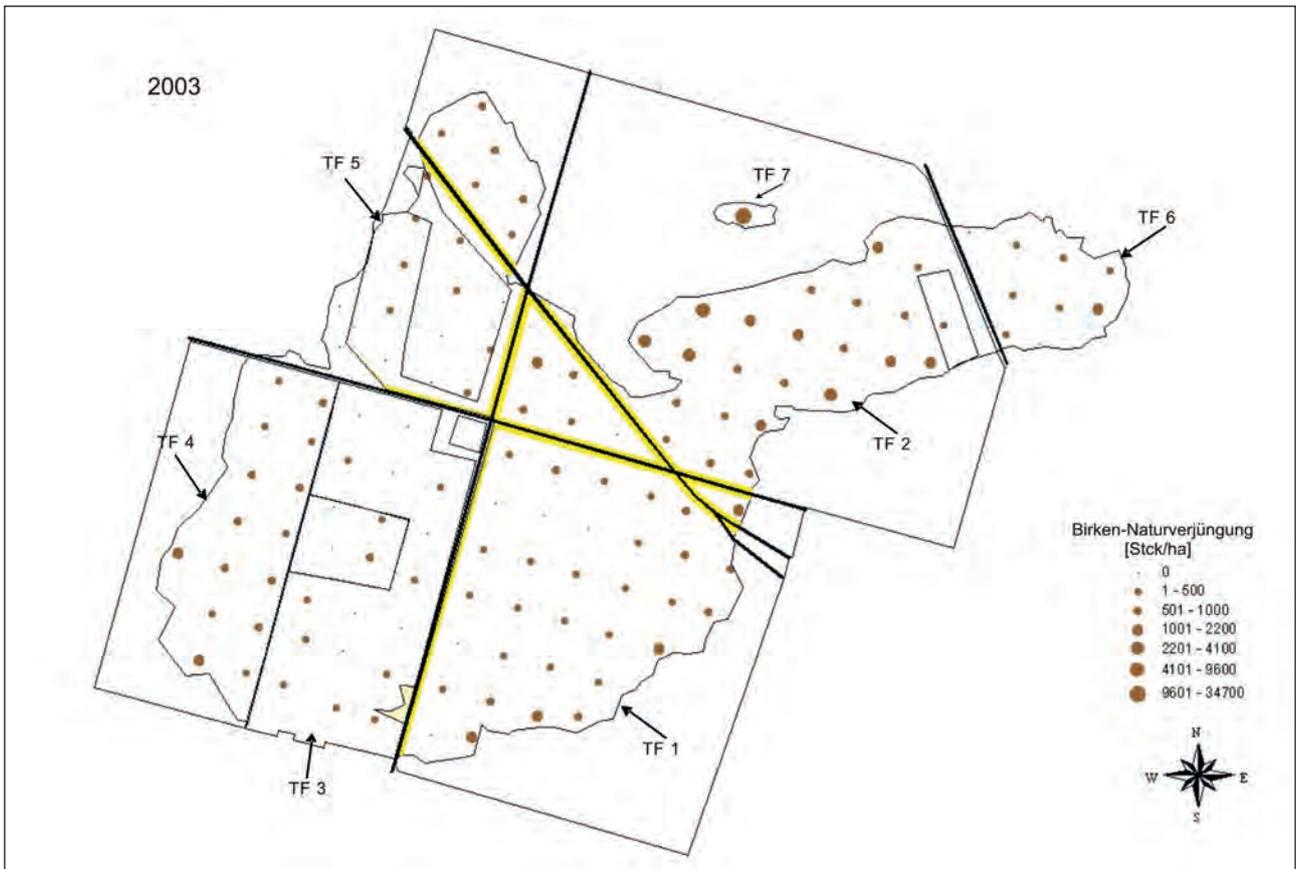


Abb. 5.1: Entwicklung und Verteilung der Birken-Naturverjüngung (alle Höhenbereiche) bis 2003



Abb. 5.2: Entwicklung und Verteilung der Birken-Naturverjüngung (alle Höhenbereiche) bis 2008

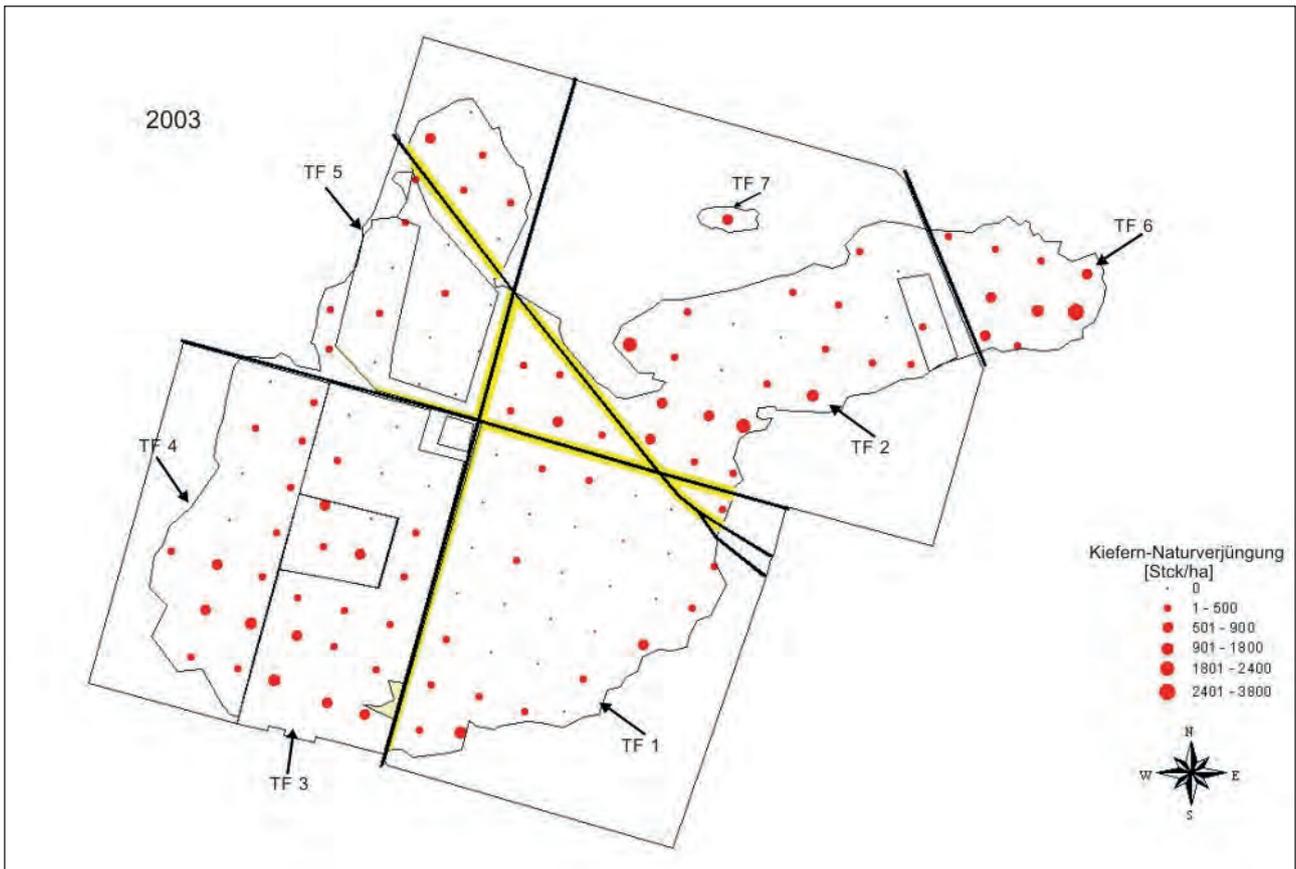


Abb. 7.1: Entwicklung und Verteilung der Kiefern-Naturverjüngung (alle Höhenbereiche) bis 2003

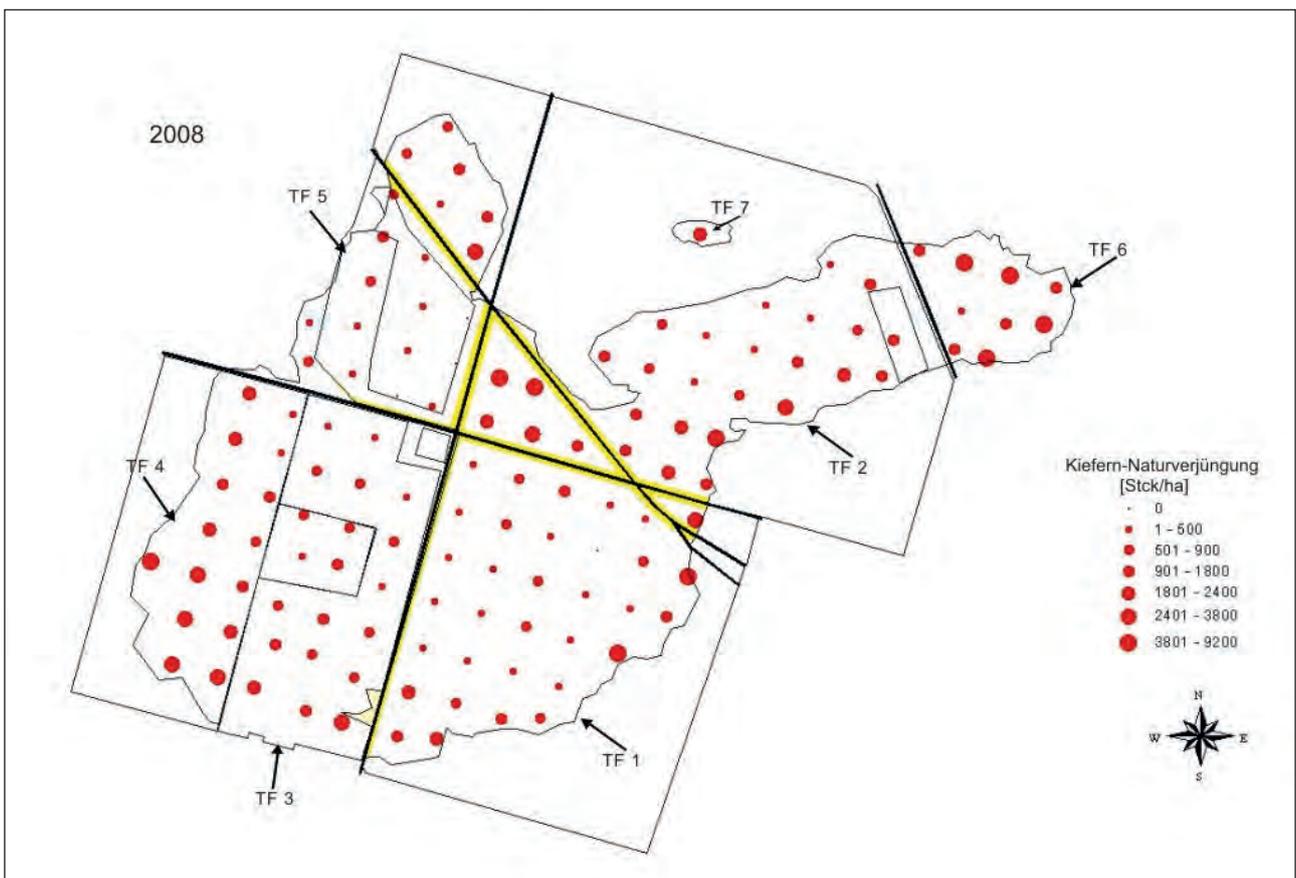


Abb. 7.2: Entwicklung und Verteilung der Kiefern-Naturverjüngung (alle Höhenbereiche) bis 2008

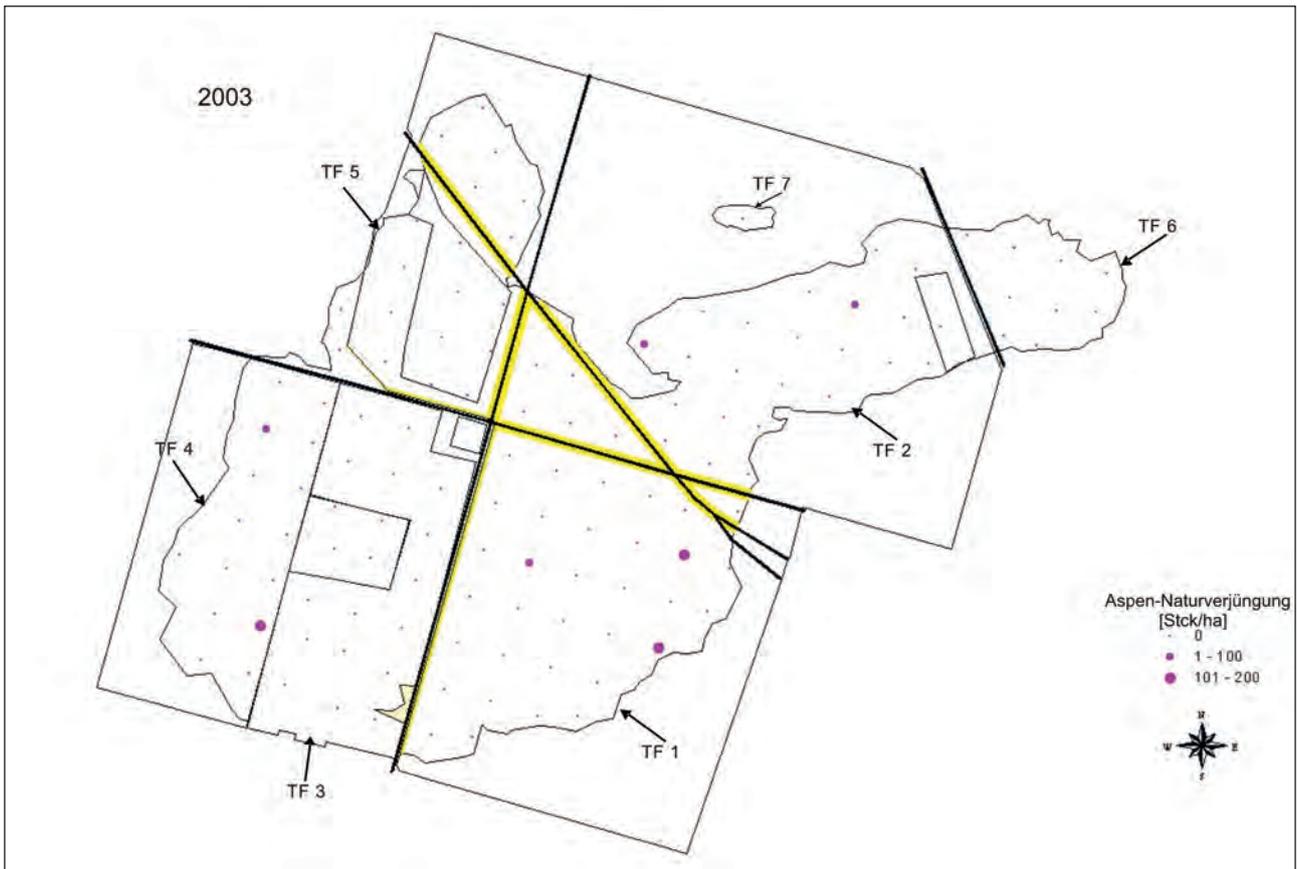


Abb. 8.1: Entwicklung und Verteilung der Aspen-Naturverjüngung (alle Höhenbereiche) bis 2003

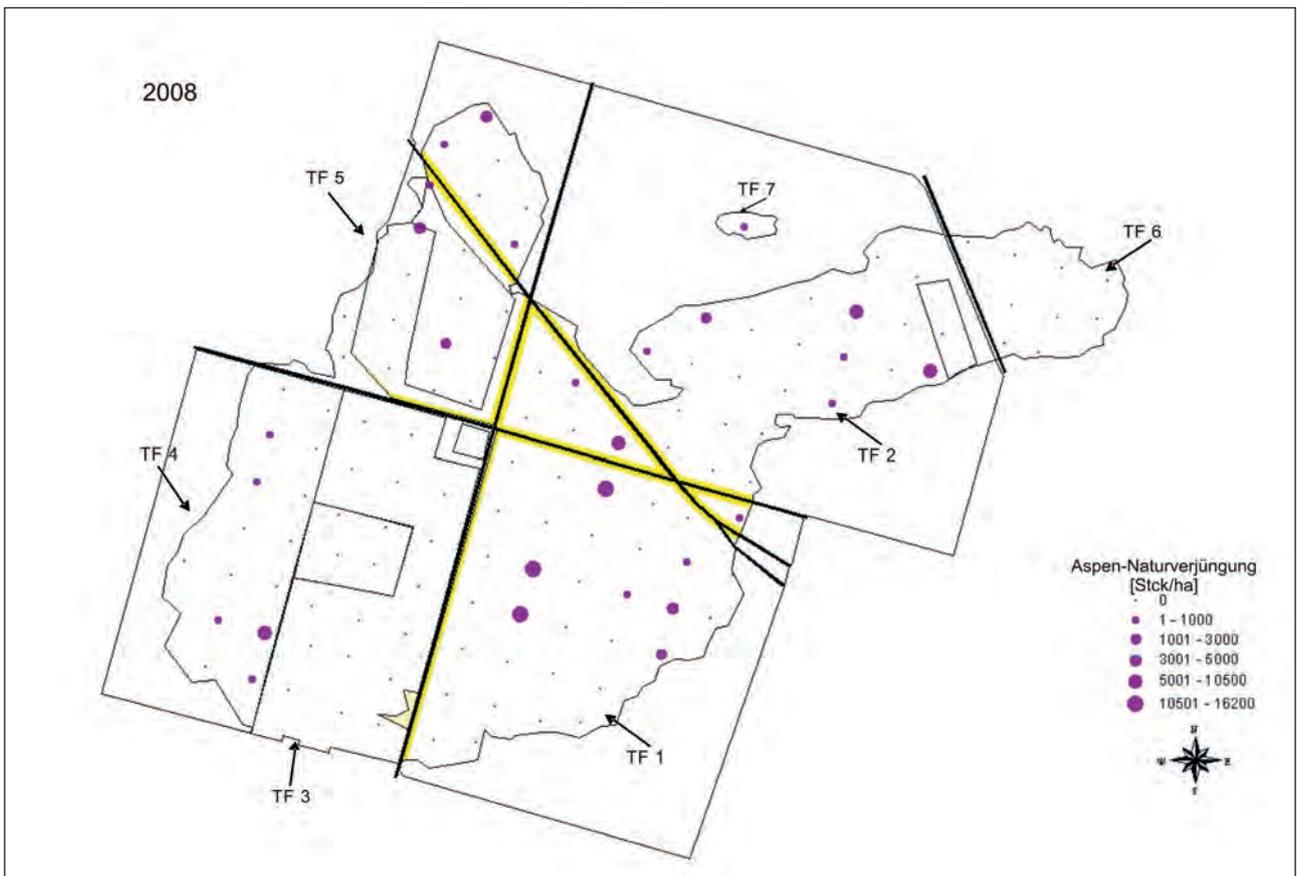


Abb. 8.2: Entwicklung und Verteilung der Aspen-Naturverjüngung (alle Höhenbereiche) bis 2008

den 125 Stichprobenflächen zwischen 0 und 13.100 Birken je ha. *Abb. 6.1* verdeutlicht den Entwicklungsstand birken-dominierter Flächenpartien im Jahr 2008.

Bei der Verteilung der Gemeinen Kiefer fällt auf, dass die Zunahme der Individuen im Wesentlichen von den Brandflächenrändern zum Zentrum der Fläche verlief (*Abb. 7.1 und 7.2*). Offensichtlich spielen dabei zwei Aspekte eine Rolle: Zum einen die kurze Transportentfernung für den Kiefersamen im Flächenrandbereich. Zum anderen die mikroklimatische Begünstigung im Einflussbereich der umgebenden Kiefernforsten. Die Aufnahmen auf den Stichprobenflächen ergaben 2008 Individuenzahlen zwischen 0 und 9.200 Kiefern je ha. *Abb. 6.2* zeigt den nordöstlichen Brandflächenbereich im Jahr 2008. In diesem Teilareal dominiert die Gemeine Kiefer die Sekundärsukzession.



Abb. 6.1: Birkendominierte Partien der Sekundärsukzession im Jahr 2008



Abb. 6.2: Kieferndominierte Partien der Sekundärsukzession im Jahr 2008

Die Aspensukzession weist innerhalb des Zaunes eine regellose Verteilung auf. Außerhalb des Zaunschutzes wurde keine Aspenverjüngung festgestellt (*Abb. 8.1 und 8.2*). Die hochgerechneten Individuenzahlen der Stichprobenflächen lagen zwischen 0 und 16.200 Stck/ha.

3.2 Einfluss von Restholzbelastung und Zäunung auf die Sukzessionsdynamik

3.2.1 Restholzberäumung

Weiterhin wurde geprüft, ob die Beräumung des teilverbrannten Restholzes und der Zaunschutz den Sukzessionsverlauf beeinflusst haben.



Abb. 9.1: Teilverbrannte Fragmente der ehemaligen Kieferndickung im Jahr 2008



Abb. 9.2: Teilverbrannte Fragmente eines ehemaligen Kiefernstangenholzes im Jahr 2008

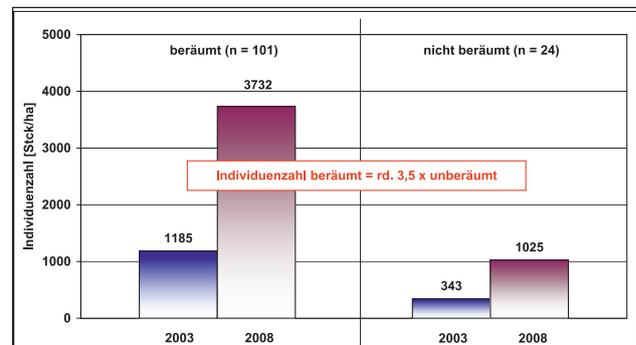


Abb. 10: Individuenzahlen in den restholzberäumten und nicht beräumten Teilarealen

Das nicht beräumte Restholz setzt sich aus Fragmenten einer ehemaligen Kieferndickung (*Abb. 9.1*) und ehemaliger Kiefernstangenhölzer (*Abb. 9.2*) zusammen. Die Erhebungen auf den beräumten und nicht beräumten Teilarealen zeigten, dass an beiden Aufnahmezeitpunkten die durchschnittliche Anzahl der Individuen in der Sekundärsukzession der restholzberäumten Variante etwa 3,5fach höher war als in den unberäumten Teilarealen (*Abb. 10*). Hierfür gab es zwei Ursachen:

1. Zum einen bedeckte das Restholz Flächenteile und reduzierte somit die effektiv nutzbare Verjüngungsfläche.
2. Zum anderen ist auf die bereits beschriebene Oberflächenverkrustung zu verweisen. Im Zuge der Restholzberäumung wurde die Fläche befahren und damit die verjüngungshemmende Oberschicht zerbrochen. Offenbar hat dieser Effekt die Verjüngungsfreundlichkeit der restholzberäumten Teilareale verbessert.

In der beräumten Variante wurden im Jahr 2008 $\bar{\varnothing}$ 3.732 Stck/ha festgestellt. Allerdings befanden sich nur $\bar{\varnothing}$ 1.112 Stck/ha im Höhenbereich $> 2,0$ m.

Die Anzahl der beteiligten Sukzessionsbaumarten wurde durch die Restholzbelastung kaum beeinträchtigt (Abb. 11). In beiden Varianten waren 2008 die Baumarten Gemeine Birke, Gemeine Kiefer, Eberesche, Aspe, Eiche, Salweide und Spätblühende Traubenkirsche nachweisbar. Auf der beräumten Variante wuchs zudem Faulbaum. In beiden Varianten bildeten Gemeine Birke und Gemeine Kiefer die Leitbaumarten.

3.2.2 Zäunung

Der zweite Variationsfaktor war der Zaunschutz. Die Individuenzahlen der nicht gezäunten Fläche lagen 2003 31 %

und 2008 39 % unter jenen der geschützten Flächenteile (Abb. 12). Hinzu kommt, dass die Hauptbaumarten Gemeine Kiefer und Gemeine Birke ohne Zaunschutz zwar oft geschädigt aber nicht eliminiert wurden. Der Höchstwert wurde im Jahr 2008 in der gezäunten Variante ermittelt und beträgt $\bar{\varnothing}$ 3.413 Stck/ha. Die Verteilung der Individuen auf die festgelegten Höhenstufen zeigt aber, dass es auf den ungeschützten Zählflächen in acht Jahren lediglich $\bar{\varnothing}$ 541 Stck/ha gelang, mit Höhen $> 2,0$ m dem Äserbereich zu entwachsen. Auf den gezäunten Flächen war der Wert mit $\bar{\varnothing}$ 1.041 Stck/ha fast doppelt so hoch.

Eine weitere Folge der Einwirkung des Schalenwildes war die Halbierung der Anzahl der Sukzessionsbaumarten von acht auf vier. Im Jahr 2008 setzte sich die ungeschützte Verjüngung lediglich aus Gemeiner Kiefer, Gemeiner Birke, Eberesche und Eiche zusammen (Abb. 13). Allerdings hatte sich die Eichen-Naturverjüngung bis 2008 auf $\bar{\varnothing}$ 4 Stck/ha

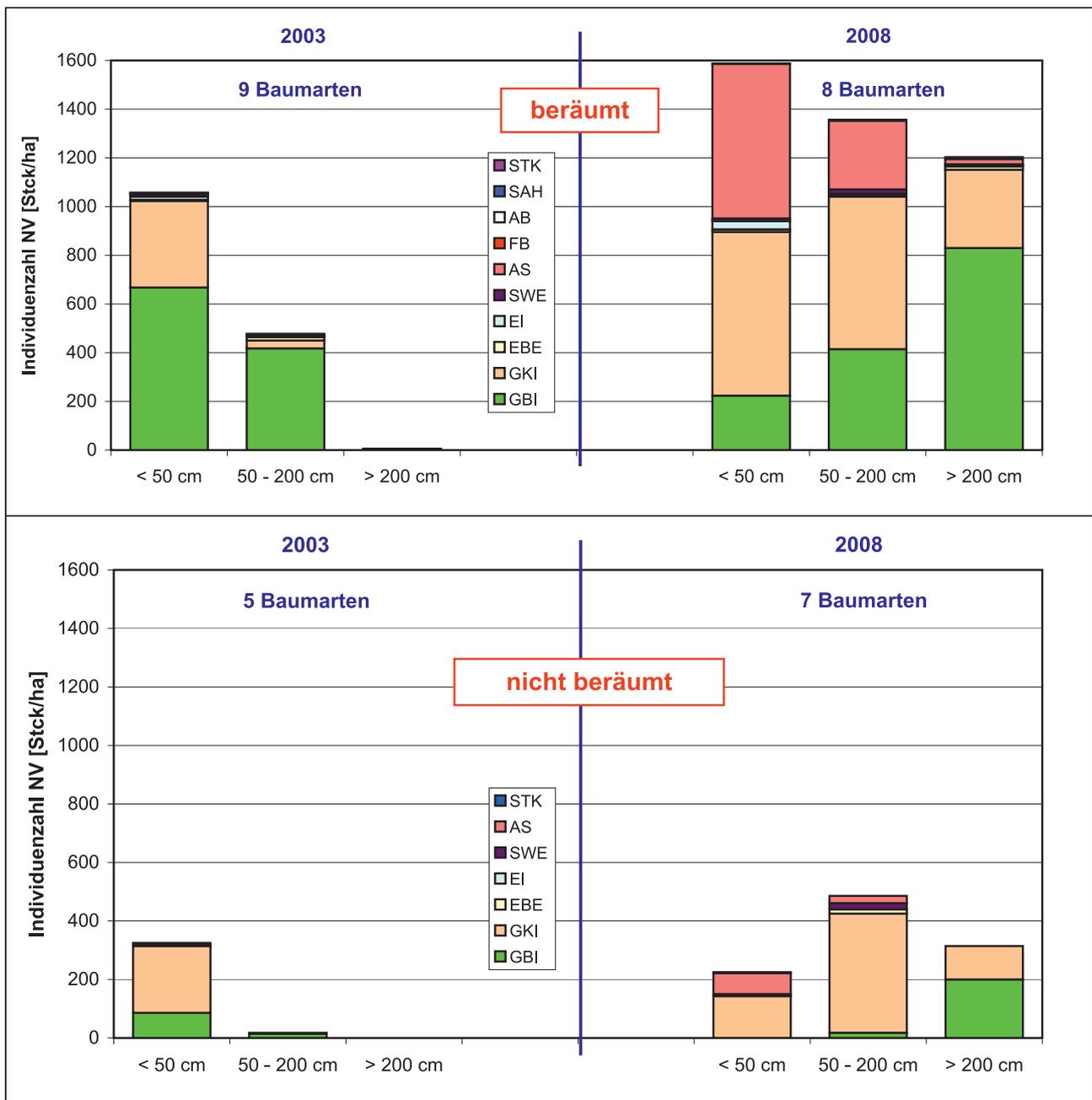


Abb. 11: Baumartenzusammensetzung in der Sekundärsukzession der restholzberäumten und nicht beräumten Teilareale

verringert. Ein Totalausfall der Eichen-Naturverjüngung ist daher außerhalb des Zaunschutzes perspektivisch sehr wahrscheinlich. In den nicht gezäunten Flächenteilen wurden außerdem die Baumarten Aspe, Salweide, Faulbaum

und Spätblühende Traubenkirsche durch Wildeinwirkung komplett ausselektiert.

Außerhalb des Zaunschutzes wurde das Baumartenspektrum von Gemeiner Kiefer dominiert. Ihr Baumartenanteil im ungeschützten Flächenteil betrug im Erhebungsjahr 2003 78% und 2008 86%. Innerhalb des Zaunes überwog die Laubholzsukzession. So bestand die Sekundärsukzession 2003 zu 69% und 2008 zu 58% aus Gemeiner Birke und Aspe.

Der Einfluss des Wildes auf den Sukzessionsverlauf ist auch im Luftbild erkennbar (Abb. 14). Auf dem Luftbild aus dem Jahr 2006 zeichnet sich deutlich die Zaunlinie ab. Die Abb. 15.1 und 15.2 dokumentieren die Entwicklungsunterschiede hinsichtlich Individuenzahl und Baumartenzusammensetzung in der Sekundärsukzession der gezäunten und nicht gezäunten Flächenteile. Zudem veranschaulicht Abb. 15.3 dass die Kiefernverjüngung ohne Zaunschutz häufig Schäden und Deformationen infolge der Wildeinwirkung aufweist.

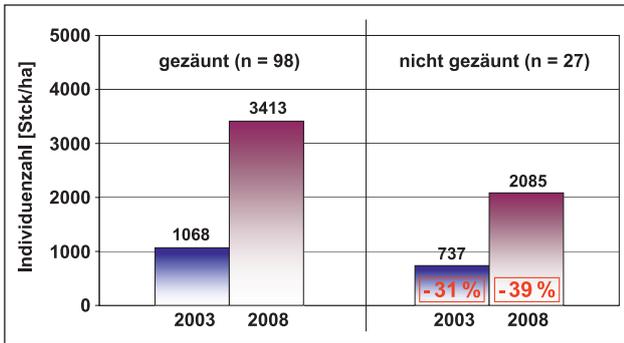


Abb. 12: Individuenzahlen in den gezäunten und nicht gezäunten Teilarealen

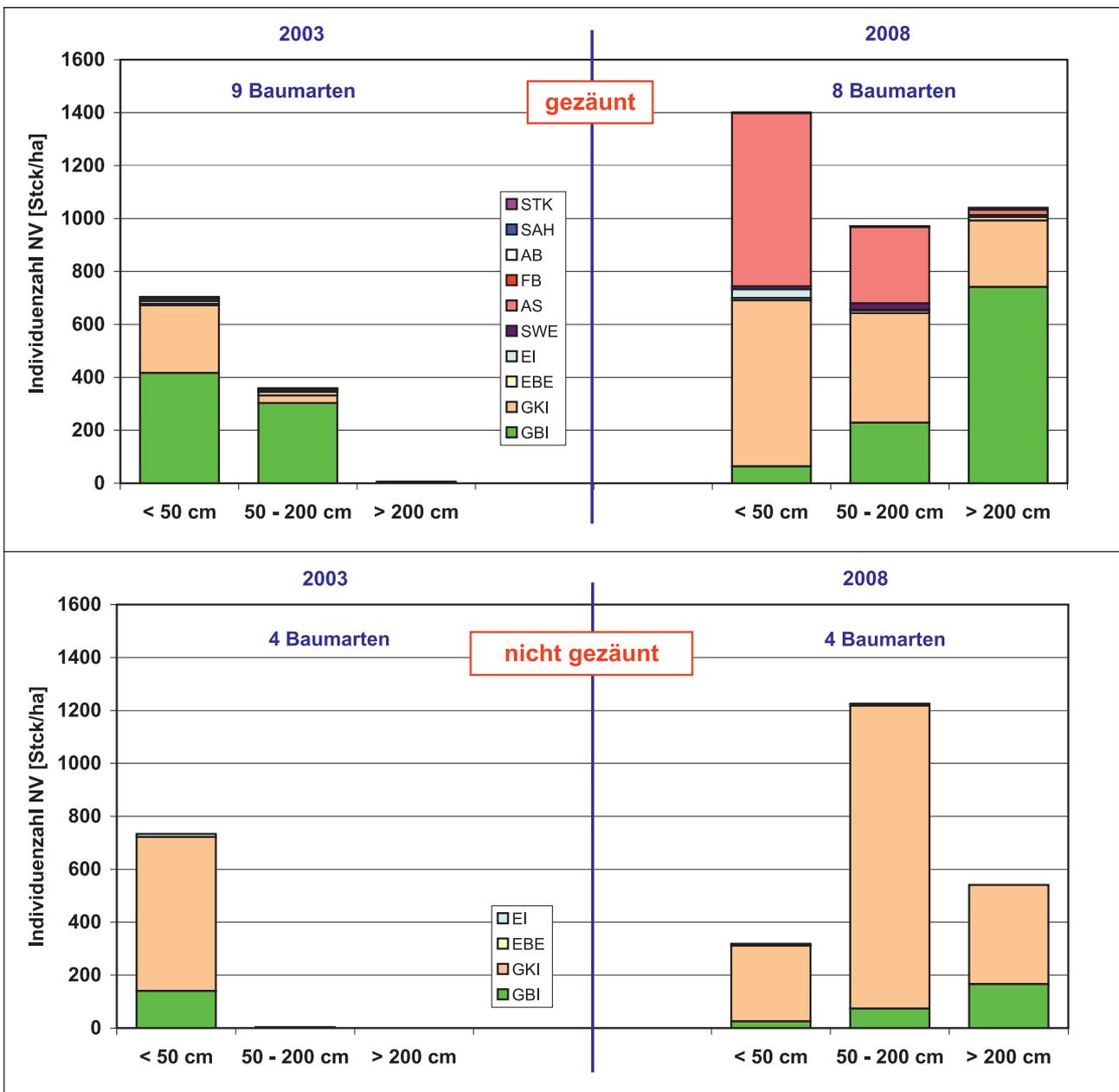


Abb. 13: Baumartenzusammensetzung in der Sekundärsukzession der gezäunten und nicht gezäunten Teilareale



Abb. 15.1: Entwicklung der Sekundärsukzession in gezäunten und nicht gezäunten Teilflächen – NO-Teil der Brandfläche



Abb. 15.2: Entwicklung der Sekundärsukzession in gezäunten und nicht gezäunten Teilflächen – NW-Teil der Brandfläche



Abb. 15.3: Schältschaden an der ungeschützten Kiefern-Naturverjüngung



Abb. 14: Wildeinfuss auf die Entwicklung der Sekundärsukzession (Luftbild 2006)

4. Waldbauliche Bewertung

Die waldbaulich-waldwirtschaftliche Bewertung des IST - Zustandes der Sekundärsukzession auf der untersuchten Waldbrandfläche im Jahr 2008 erfolgt:

- a) für das Untersuchungsobjekt,
- b) für den „brandentypischen Kleinflächenwaldbrand“.

Brandentypische Waldbrandflächen haben im Unterschied zum Untersuchungsobjekt eine Flächengröße von zumeist deutlich < 1,0 ha. Sie sind aber im Regelfall ebenso den Stammstandortgruppen A1-3 m/t bis Z2-3 m/t zuzuordnen und von Kiefern- und/oder Birkenbeständen umgeben.

a) Untersuchungsobjekt:

Aus der Zusammenschau der Untersuchungsergebnisse auf der beobachteten Waldbrandfläche lassen sich folgende Vor- und Nachteile der bislang weitgehend ungesteuerten sukzessiven Entwicklung ableiten:

Vorteile:

- keine Verjüngungs- und Kulturkosten,
- Entwicklung baumartenreicher, stabiler Waldstrukturen.

Nachteile:

- Entwicklung der Sekundärsukzession entspricht, gemessen an der Individuenzahl und der Wuchseistung, selbst bei günstigen Voraussetzungen (Restholzberäumung, Zaunbau) momentan nicht den wirtschaftlichen Erwartungen an Kiefern- oder Birken-Kunstverjüngungen,
- bisher kaum Differenzierungsprozesse aufgrund des vglw. großzügigen individuellen Standraumangebotes,
- künstliche Verjüngungsmaßnahmen (Ergänzung) bei Entwicklung verjüngungsfeindlicher Bodenformen unumgänglich.

Dem Wirtschaftler bleiben demnach **drei waldbaulich sinnvolle Wege:**

1. Die monetäre Investition in einen zügigen Verjüngungsfortschritt durch überwiegend künstliche Initiierung der neuen Waldgeneration.
2. Die kostenfreie Nutzung ungelinkter Sukzessionsmechanismen unter Verzicht auf optimale Volumen- und Wertentwicklung im juvenilen Stadium der Verjüngung.
3. Eine Kombination beider Wege, z.B. durch partielle Kunstverjüngung im Zaun und Belassung von Flächenanteilen für natürliche Verjüngungsprozesse

b) beim „brandentypischen Kleinflächenwaldbrand“ ist zu beachten, dass aufgrund der geringen Brandflächengröße:

- eine rasche Wiederherstellung der bodenbiologischen Prozesse erfolgt,
- kurze Transportentfernungen für Diasporen vorliegen,
- die Schutzwirkung durch benachbarte Bestände (z. B. Frostschutz) besteht und
- im Vergleich zum Untersuchungsobjekt geringere oder keine mikroklimatische Extreme vorherrschen.

Die Nutzung der Sekundärsukzession ist daher auf diesen Flächen eine besonders naheliegende waldbauliche Option für die Initiierung wirtschaftlich interessanter Folgebestockungen. Sie hat auf diesen Flächen eine höhere waldbauliche Relevanz als die ausschließlich auf sukzessiven Prozessen aufbauende Initiierung einer Folgegeneration auf sehr großen Brandflächen wie dem vorgestellten Untersuchungsobjekt.

Ungeachtet dessen kann auf den leistungsfähigeren typischen Brandflächenstandorten (Z2+, Z2g, Z1, NZ) eine Laubholzbeteiligung durch künstliche Verjüngung (z.B.

Eiche) erwogen werden (S TÄHR et al. 2006). Diese kann bspw. in standörtlich geeigneten, laubholzfähigen Flächenpartien erfolgen, die nach vier bis fünf Jahren noch immer sukzessionsfrei sind und auf denen die Verjüngungsfreundlichkeit des Standortes aufgrund der Entwicklung verjüngungsfeindlicher Bodenformen (insbesondere Vergrasung) allmählich abnimmt.

5. Schlussfolgerungen

- 1) In den ersten drei Jahren nach dem Brandgeschehen verläuft die sukzessive Wiederbesiedlung großer Brandflächen zögerlich.
- 2) Die Gemeine Birke fungiert als Erstbesiedler für die sukzessive Wiederbesiedlung von großen Flächen auf nährstoffschwachen Standorten („Zwei-Phasen-Sukzession“). Auch als Vorwaldbaumart im Zuge künstlicher Verjüngungsmaßnahmen ist sie auf diesen Standorten gut geeignet.
- 3) Aufgrund der standörtlichen Extremsituation großer Brandflächen bieten diese für die Gemeine Kiefer anfänglich nur suboptimale Anwuchsbedingungen.
- 4) Auf nährstoffschwachen mittelfrischen Waldstandorten kann sich in der Initialphase eine baumartenreiche Sekundärsukzession entwickeln, sofern sie vor Wildeinwirkung geschützt wird.
- 5) Die natürliche Verjüngung der Gemeinen Birke wird durch Initialphasen erheblich intensiviert.
- 6) Die Beräumung von Restholz führt zu einer deutlichen Erhöhung der Individuendichte in der Sekundärsukzession.
- 7) Durch Wildeinwirkung wird die Individuenzahl in der Initialphase der Sukzession drastisch verringert und die Anzahl der Sukzessionsbaumarten massiv und dauerhaft reduziert. Baumarten wie Aspe, Salweide, Faulbaum, Spätblühende Traubenkirsche und Eiche können durch Wildeinwirkung komplett ausselektiert werden.
- 8) Auf nährstoffschwachen Standorten ist trotz des Zaunschutzes gegen Wildeinwirkung bei ungelinkten Verjüngungsprozessen ein Verjüngungszeitraum von mindestens acht Jahren erforderlich, um annähernd wirtschaftszielorientierte Individuenzahlen der Baumarten Gemeine Kiefer und/oder Gemeine Birke zu erreichen.
- 9) Eine qualitativ wirksame intra- und/oder interspezifische Differenzierung setzt auf A- und Z-Standorten in der ersten Dekade der Wiederbesiedlung nicht ein.
- 10) Nach großen Brandereignissen besteht die waldbauliche Option, kostenfrei ungelinkte Sukzessionsmechanismen unter Verzicht auf eine optimale Entwicklung des Volumen- und Wertpotenzials in der An- und Jungwuchsphase zu nutzen.
- 11) Die waldbauliche Bewertung der Sekundärsukzession bedarf zwingend einer detaillierten qualitativen Beurteilung der Naturverjüngung.

Dank

Der Autor dankt den Mitarbeiterinnen des Fachteams Waldbau/Waldwachstumskunde Frau Lübge und Frau Hainke für ihren unermüdligen Einsatz bei der Datenerfassung und -aufbereitung auf dem vorgestellten Untersuchungsobjekt unter schwierigen Bedingungen.

Literatur

- AAS, G. (2001):
Hängebirke (*Betula pendula*) und andere heimische Birken – Dendrologische Anmerkungen. Berichte aus d. Bayer. Landesanst. f. Wald u. Forstwirtsch., Freising, Nr. 28, 1–5
- BADECK, F.-W.; LASCH, P.; HAUF, Y.; ROCK, J.; S UCKOW, F.; THONICKE, K. (2004):
Steigendes klimatisches Waldbrandrisiko. AFZ/Der Wald, 59: 90–93
- BERGMANN, J.-H. (1995):
Nochmals zur Birke – Ergebnisse aus der Bearbeitung der natürlichen Waldsukzession. Der Wald, Berlin, 45: 240–241
- GERSTENGARBE, F.-W.; WERNER, P.-C. (1997):
Waldbrandentwicklung in Brandenburg. AFZ/Der Wald, 52: 392–394
- HETSCH, W. (1980):
Bodenphysikalische und bodenchemische Auswirkungen eines Waldbrandes auf Braunerde-Podsol unter Kiefer . Forstwiss. Cbl., 99: 257–273
- HOFMANN, G. (1997):
Mitteleuropäische Wald- und Forstökosystemtypen in Wort und Bild. Sonderheft AFZ/Der Wald, 85 S.
- HOFMANN, G.; ANDERS, S.; MATTHES, B. (2000):
Das potentiell-natürliche und derzeitige W aldbild in den ostdeutschen Ländern. Mitt. Bundesforschungsanst. f. Forst- und Holzwirtsch., Nr. 196, Hamburg, 93 S.
- HOFMANN, G.; POMMER, U. (2005):
Die Potenzielle Natürliche V egetation von Brandenburg und Berlin. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (MLUR) und Landesforstanstalt Eberswalde (LFE) (Hrsg.), Ebersw . Forstl. Schr.-reihe, Bd. XXIV, Eberswalde und Potsdam, 312 S.
- MÜLLER, M. (2004):
Klimawandel – Auswirkungen auf abiotische Schadein- f üsse und auf Waldbrände sowie mögliche forstlich An- passungsstrategien. Tagungsber. d. Bbg. Forstvereins, Hendrik Bäßler Verlag, Berlin, 45–55
- OTTO, H.-J. (1994):
Waldökologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 391 S.
- OTTO, H.-J. (1996):
Die Ausbreitung spontaner Verjüngungen in den Wäldern des nordostdeutschen Flachlandes während des letzten Vierteljahrhunderts: Waldbauliche Chancen und Pro- bleme. Forstarchiv, 67: 236–246
- SCHIRMER, R. (2001):
Birke – V ermehrungskünstler und Überlebensstrategie. Berichte aus d. Bayer . Landesanst. f. W ald u. Forst- wirtsch., Freising, Nr. 28, 19–23
- SCHLICK, R.; MÖLLER, K. (2007):
Waldbrandrisiko und Waldbrandschutz in Brandenburg. In: Die Kiefer im nordostdeutschen Tief and – Ökologie und Bewirtschaftung. Minist f. Ländliche Entwicklung, Umwelt und V erbraucherschutz des Landes Branden- burg (MLUV) (Hrsg.), Eberswalde, 306–310
- STÄHR, F.; KÖHLER, F.; ROSE, B. (2006):
Neufassung der Bestandeszieltypen für das Land Bran- denburg. AFZ/Der Wald, 61: 754–757
- ZUBER, R.-K. (1979):
Untersuchung über die V egetation und die Wiederbe- waldung einer Brandf äche bei Locarno (Kanton Tessin). Diss., Eidg. Techn. Hochsch. Zürich, Zürich, 105 S.

Flaum- und Zerr-Eiche in Brandenburg – Alternative Baumarten im Klimawandel?

RALF KÄTZEL, FRANK BECKER, JENS SCHRÖDER, JONAS GLATTHORN, AKI HÖLTKEN, SONJA LÖFFLER

Trotz der überwiegend hohen Anpassungsfähigkeit heimischer Baumarten an gegenwärtige Witterungsextreme (KÄTZEL 2009) ist die Suche nach alternativen Baumarten für die Zukunftswälder Brandenburgs unter den prognostizierten Klimabedingungen am Ende unseres Jahrhunderts ein Gebot der Stunde. Denn nur langfristig angelegte Versuche erlauben wissenschaftlich fundierte und mit Verantwortung getragene Entscheidungen mit geringem Risiko. Bei der Suche nach Alternativbaumarten für Norddeutschland stehen Merkmalskombinationen aus Trockenstress-, Hitze- und Frosttoleranz, Konkurrenzstärke und Biomasseleistung ganz oben auf der Wunschliste. Diese Eigenschaften sind besonders bei solchen Baumarten zu erwarten,

- (1) die bereits heute in Klimaregionen leben, die am Ende unseres Jahrhunderts für das norddeutsche Tiefland prognostiziert werden,
- (2) deren Verbreitungsgebiete sich mit unseren heimischen Baumarten überlagern,
- (3) die mit ihnen eng verwandt sind und ggf. Hybride bilden und
- (4) die sich bereits seit langem als Einzelbäume und Kleinstvorkommen unter den bisherigen Standortbedingungen im Norddeutschen Tiefland bewährt haben.

Unter den ca. 20 bis 30 europäischen Eichenarten (SYPALDA 2010) trifft dies insbesondere für die Zerr-Eiche (*Quercus cerris* L.) und die Flaum-Eiche (*Q. pubescens* Willd.) zu. Das European Forest Data Centre (EFDAC, Joint Research Centre) prognostiziert bei unterschiedlichen Szenarien des Klimawandels eine natürliche Migration beider Arten in den norddeutschen Raum bis zum Ende des 21. Jahrhunderts (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/publications>). Bereits seit mehr als 100 Jahren sind kleine Populationen beider Eichenarten in unserer Region etabliert. Vor dem Hintergrund einer retrospektiven Betrachtung und Bewertung dieser Vorkommen sollen die möglichen Entwicklungschancen beider Arten abgeschätzt werden.

1 Dendroökologische Besonderheiten der beiden Eichenarten

1.1 Flaum-Eiche

Die natürliche Verbreitung der Flaum-Eiche erstreckt sich innerhalb des submediterranen Raumes von Spanien bis in die Türkei, in dem sie zonale Wälder bildet (Abb. 1). Den nördlichen Arealrand des Hauptverbreitungsgebietes grenzen die Alpen ab. Darüber hinausgehend sind für Deutschland Teilpopulationen in Baden-Württemberg, Thüringen und dem Unteren Odertal beschrieben (SAYER 2000). Die Flaumeiche besiedelt nach OBERDORFER (1994) sonnige Hänge auf trockenwarmen, nährstoff- und basenreichen Standorten.



Abb. 1: Natürliches Verbreitungsgebiet der Flaum-Eiche (aus: SCHÜTT et al. 1998)

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist die Flaum-Eiche bislang nur von geringer forstlicher Bedeutung. Sie erreicht Baumhöhen bis zu 20 m (SEBALD et al. 1990) und liegt damit deutlich unter dem Wuchspotenzial von Stiel- und Trauben-Eiche. Die geringen Reproduktionsbarrieren bei vielen Arten der Gattung *Quercus* ermöglichen die natürliche Entstehung von Hybriden mit einer Vielzahl taxonomisch kaum eindeutig zuordenbarer Zwischenformen. Zur taxonomischen Differenzierung der Flaum-Eiche auf blattmorphologischer Grundlage trägt insbesondere der Trichomtyp, d. h. das Vorkommen von Büschelhaaren und wenigen (bzw. fehlenden) Sternhaaren am Blattstiel und an der Ober- und Unterseite der vorzugsweise jungen Blätter bei (Abb. 2).

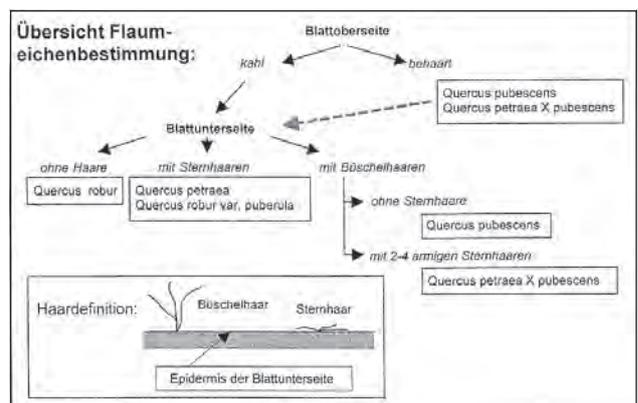


Abb. 2: Blattmorphologische Differenzierung der Eichenarten auf der Grundlage des Trichomtyps (Blattbehaarung) nach AAS (1998) (aus SAYER 2000)

Die Früchte sind bei der Flaum-Eiche tendenziell kleiner als bei Stiel- und Trauben-Eiche. Die Borke ist deutlich längsrissiger als bei Trauben-Eiche. Bezüglich der Beschreibung weiterer morphologischer Besonderheiten sei auf die dendroökologische Literatur verwiesen (u. a. SCHÜTT et al. 1998).

Für das „Kiefern-Land“ Brandenburg sind die zahlreichen Berichte der zunehmenden Dominanz der Flaum-Eiche gegenüber der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) in den Alpentälern insbesondere im Wallis (Schweiz) bemerkenswert. Von Trockenheit, Mistel- und Insektenbefall betroffene Kiefern verlieren hier zunehmend den Konkurrenzkampf gegen die Flaum-Eiche (WEBER et al. 2008, STERCK et al. 2008, RIGLING et al. 2006a,b).

1.2 Zerr-Eiche

Wie die Flaum-Eiche, so ist auch die Zerr-Eiche mit ihrem (ost-)submediterranen Verbreitungsgebiet für ihre hohe Trockenstresstoleranz bekannt (Abb. 3). Die Baumart verfügt über eine große ökologische Amplitude mit geringem Anspruch an den Boden. Mit der Flaum-Eiche und anderen Laubbaumarten bildet sie natürliche Mischwälder. Im Gegensatz zur Flaum-Eiche ist die Zerr-Eiche in Süd- und Südosteuropa von großer forstlicher Bedeutung. Sie wird als wärmeliebende, außerordentlich hitzeverträgliche, mäßig frostharte, tiefwurzelnde Art mit hoher Windfestigkeit geschätzt. In Verbindung mit ihrer Raschwüchsigkeit wird sie bevorzugt zur Aufforstung trockener und warmer Standorte verwendet (Abb. 4). Vergleichbar mit der heimischen Stiel-Eiche besteht der Stamm aus dichtem, hartem Kernholz und einem breiten Splint (SCHÜTT et al. 1998).



Abb. 3: Natürliches Verbreitungsgebiet der Zerr-Eiche (aus: PIGNATTI 1982)



Abb. 4: Zerr-Eichenbestände mit dichter Naturverjüngung im Taurusgebirge (Türkei)

Auch außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets wird sie als Park-, Garten- und Straßenbaum bis in den nord-europäischen Raum verwendet (LEIBUNDGUT 1991) (Abb. 5). Für Deutschland ist 1871 als frühestes Jahr der Einführung in Hamburg belegt (GAUSMANN et al. 2007).

2 Untersuchte Vorkommen

2.1 Flaum-Eiche

Vorkommen Bielinek (Polen)

Das im Jahre 1924 erstmals von SCHALOW entdeckte und von ULBRICH beschriebene Vorkommen der Flaum-Eiche liegt in dem 1927 von dem damaligen Waldbesitzer WALTER VON KEUDELL begründeten, 75 ha großen Naturschutzgebiet Bellinchen (Bielinek) an den steilen Trockenhängen der Oder im heutigen Polen (ENDTMANN 2008).

ULBRICH (1924) und verschiedene spätere Autoren bis zu KONCZAK (1999) schlussfolgerten u. a. auf Grund der ausgedehnten thermophilen Waldgesellschaft, dass es sich um ein ursprüngliches indigenes Vorkommen handeln könnte. Dagegen bezweifelt ENDTMANN (2008) die Natürlichkeit des Vorkommens, da u. a. weitere submediterrane Gehölzarten fehlen (Abb. 6).



Abb. 5: Zerr-Eiche im Arboretum der Universität Greifswald

Vorkommen Nationalpark Unteres Odertal

Vegetationskundliche Untersuchungen von KONCZAK (1998, 1999) geben Anhaltspunkte für drei Vorkommen der Flaum-Eiche bzw. der Hybriden zwischen Flaum- und Trauben-Eiche auf der deutschen Seite des Unteren Odertals. Nahe der Ortslagen Gellmersdorf/Mühlenbeck, Gartzter Schrey und Mescherin wurden am 30.06.2009 gemeinsam mit dem Leiter des Nationalparks Herrn Treichel und Herrn Prof. Dr. Endtmann die genannten Vorkommensstandorte aufgesucht und alle Eichen morphologisch charakterisiert (Abb. 7). Insgesamt wurden 27 Eichen unterschiedlicher Altersstadien als Flaum-Eiche oder ggf. als Bastarde nach blattmorphologischen Merkmalen angesprochen (Tab. 1). Das größte Vorkommen lag am Hang des Mühlenberges im Gellmersdorfer Forst. Die Stamfußkoordinaten aller Bäume wurden aufgenommen.

2.2 Zerr-Eiche

Im Rahmen der Kartierung forstlicher Genressourcen stellte im Jahre 2009 der Revierleiter Herr Rakelmann das bis dahin unbekannte Vorkommen der Zerr-Eiche im Kommunalwald im Revier Prenzlau, in der ehem. Oberförsterei

Boitzenburg vor (Wuchsgebiet: Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland). Da über den stammzahlreichen, vitalen Bestand mit mehreren Verjüngungsstufen, einschließlich einer üppigen Naturverjüngung keine weiteren Informationen vorlagen, wurde im Rahmen einer Bachelor-Arbeit eine Inventur der einzelnen Teilpopulationen vorgenommen (GLATTHORN 2010). Die Bäume verbreiten sich in drei Teilpopulationen, die sich auf einer Gesamfläche von 6ha verteilen. Hinzu kommen einzelne Zerr-Eichen in einem weiteren Umkreis von ca. 30 ha (Abb. 8).

Entsprechend der Standortkarte stocken die Bestände auf Böden der Stammnährkraftstufen „kräftig“ und „reich“, mit Lehmfaulerde und Bändersand-Braunerde als Feinbodenformen. Humusformen sind mullartiger Moder, Moder und Rohhumus. Die vorherrschende Klimastufe des Gebiets ist mäßig trockenes Tiefand (Großklimabereich B) mit mittleren Jahresniederschlägen von 450 mm bis 600 mm und einer Jahresmitteltemperatur von 8,6 °C (KÖSTNER et al. 2007).

Das ursprüngliche Vorkommen wurde künstlich begründet, wobei über die Herkunft des Saatgutes keine Informationen vorliegen. In mehreren Jahrzehnten der Bestandesentwicklung hat sich der Bestand mehrfach natürlich verjüngt. Gezielte Bewirtschaftungseingriffe sind weder



Abb. 6: Größtes derzeit bekanntes Vorkommen der Flaum-Eiche nördlich der Alpen im Naturschutzgebiet Bellinchen (Bielinek, Polen) an den östlichen Hängen der unteren Oder (26.04.2009)

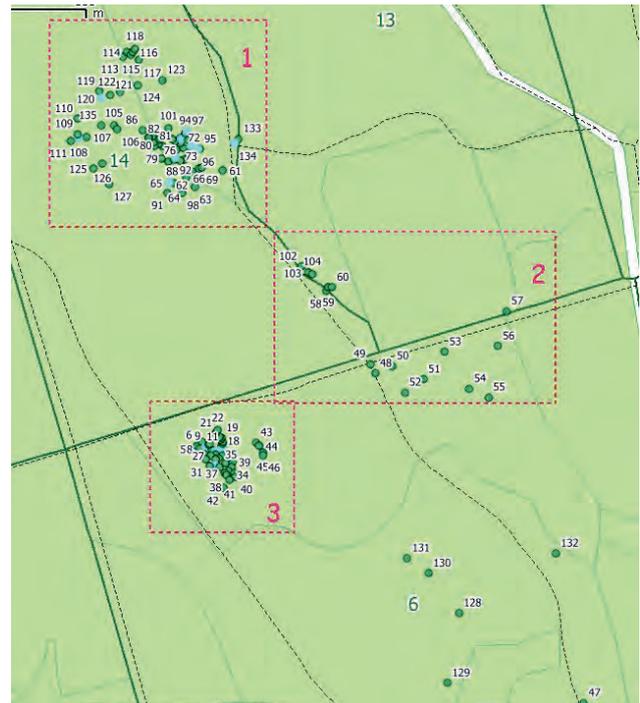


Abb. 8: Verbreitung der Zerr-Eiche im Kommunalwald der Stadt Prenzlau, Abt. 6, 13 und 14

Abb. 7: Standorte (rot markiert) der potenziellen Flaum-Eichen-Vorkommen im Nationalpark Unteres Odertal in Anlehnung an KONCZAK (1999) (Quelle: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg 2007)

bekannt noch äußerlich sichtbar, so dass sich zumindest in den letzten Jahrzehnten eine weitgehend natürliche Differenzierung vollzogen hat (Abb. 9).

3. Genetische Untersuchungen

Die Zuordnung der europäischen Eichenarten nach morphologischen Merkmalen ist nicht einheitlich (SAYER 2000, Übersicht bei KÄTZEL 2006, HÖLTKEN et al. 2012, im Druck). Gerade im Kontaktbereich zwischen *Q. petraea* und *Q. pubescens* sind Hybride mit einer Vielzahl morphologischer Zwischenformen zu beobachten, was die klassische taxonomische Zuordnung erschwert und teilweise unmöglich macht (vgl. ENDTMANN 2008).

Daher wurden genetische Marker eingesetzt, um weitere eindeutige Hinweise auf die taxonomische Klassifikation der Eichen auf deutscher und polnischer Seite im Unteren Odertal eindeutig zu erhalten. Hierzu wurden acht DNA-Marker (Kern-Mikrosatelliten: *QrZAG5b*, *QrZAG11*, *QrZAG20*, *QrZAG65*, *QrZAG87*, *QrZAG96*, *QpZAG110* und *QrZAG112*) von Blattproben analysiert. Die verwendeten Genmarker haben sich als eine sehr aussagefähige und verlässliche Grundlage für die Zuordnung von Beständen, aber auch Einzelindividuen zu verschiedenen Arten bzw. Reproduktionseinheiten erwiesen. Dabei ist es nicht das Ziel, artspezifische genetische Marker zu finden. Es sollen vielmehr die Unterschiede in den allelischen Profilen zwischen den drei Arten *Q. robur*, *Q. petraea* und *Q. pubescens* für die Artbestimmung/-zuordnung genutzt werden. Als Vergleichsgruppen wurden bekannte Genmuster der Flaum-Eichen des Dreiländerecks (Deutschland, Frankreich, Schweiz) sowie Brandenburger Trauben-Eichen und weitere Stiel-Eichenbestände einbezogen (HÖLTKEN et al. 2012, im Druck).

Die Darstellung genetischer Profile und die Berechnung genetischer Diversitäts- sowie Differenzierungsparameter dienen zunächst der Schätzung von Unterschieden innerhalb und zwischen den drei Eichenarten. Basierend auf Multilocus-Genotypen wurde anschließend mit Hilfe des Programms STRUCTURE 2.3.2 (PRITCHARD et al. 2000, FALUSH et al. 2003, 2007, HUBISZ et al. 2009) der Genpool der drei Eichenarten in eindeutig abgegrenzte, reproduktive Gruppen aufgeteilt. Die Methode ermöglicht auch die Quantifizierung von Hybridanteilen. Das Programm beinhaltet eine modellbasierte Clustermethode, welche Rückschlüsse auf Populationsstrukturen und Reproduktionsverhältnisse ermöglicht. Dabei werden die genetischen Mischungsanteile jedes einzelnen Individuums quantifiziert, die eine individuelle Zuordnung zu den verschiedenen Clustern ermöglicht.

Clustert man alle untersuchten Eichen in zunächst zwei Gruppen (K=2) spaltet sich zuerst die Stiel-Eiche von allen anderen Eichenarten ab (siehe auch NEOPHYTOU et al. 2010). Nach der Erhöhung der Gruppenzahl auf K=3 bildeten sich jeweils neue Cluster, welche die Arten *Q. petraea* und *Q. pubescens* als eigene reproduktive Einheiten trennen (Abb. 10). Danach ließ sich jeder Baum eindeutig einer Art oder eines Bastards zuordnen. Im Ergebnis zeigte sich, dass es sich bei den 28 Bäumen (20 Alteichen, 8 junge Bäume im Stangenholzstadium) in Bielinek ausschließlich um Flaum-Eichen handelt. Interessanterweise unterscheidet sich das Vorkommen an der Oder erheblich von den Flaum-Eichen des Dreiländerecks (Deutschland, Frankreich, Schweiz). Dies belegen auch die hohen intraspezifischen genetischen Abstandswerte zwischen den beiden Regionen. Ebenso liegen die Diversitätswerte des Oder-Vorkommens im Vergleich zu den Flaum-Eichen-Populationen des Dreiländerecks deutlich niedriger.

Von den 27 untersuchten Eichen im westlichen Odertal konnte nur eine Eiche als Flaum-Eiche identifiziert werden.

	Anzahl	Flaum-Eiche	Hybrid	Trauben-Eiche
Gellmersdorf	16	1	4	11
Mescherin	4		1	3
Gartzer Schrey	7		2	5
Bielinek	28	28		

Tab. 1: Anzahl der Einzelbäume nach regionalspezifischer Zuordnung zu Arten und Hybriden

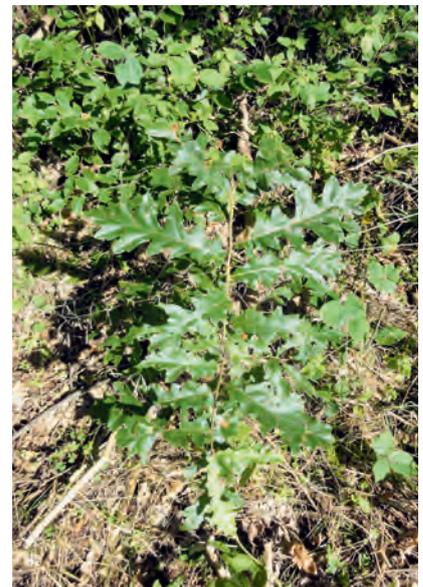


Abb. 9a und b: Zerr-Eichenbestand im Kommunalwald der Stadt Prenzlau mit reicher Naturverjüngung

(Anm.: Zwei weitere, jüngere Bäume in Mescherin sind genetisch der Flaumeiche sehr ähnlich; wurden jedoch konsequenterweise den Hybriden zugeordnet.) 19 Bäume wurden trotz der scheinbar stärkeren Blattbehaarung genetisch eher den Trauben-Eichen zugeordnet. Bei 7 Bäumen handelt es sich um Hybride zwischen Flaum- und Trauben-Eiche, wobei auf Grundlage der Trennwerte die stärkere genetische Nähe zu einer der beiden Elternarten herausgearbeitet werden konnte (Tab. 1).

Das individuenreiche Vorkommen in Bielinek wurde zusätzlich auf der Grundlage von Isoenzym-Markern an neun Genorten (FEST-B, PGI-B, MNR-A, GOT-B, PGM-B, IDH-B, 6PGDH-B, IDH-A, SKDH-A) vom ASP in Teisendorf (Bayern) genetisch charakterisiert (KONNERT et al. 2004). Ergänzend zu dem Einsatz der Mikrosatelliten sollte der genetische Abstand und die genetische Diversität des Vorkommens im Vergleich zu drei Brandenburger Dauerbeobachtungsflächen der Trauben-Eiche (Tauern/Kleinsee, Fünfeichen/Level 2) untersucht werden. Die Analysen fanden anhand von Winterruheknospen von 31 Bäumen statt. Dabei differenzierten sich die Flaum-Eichen auch auf dieser Grundlage signifikant von den Trauben-Eichen-Beständen. Die Abstandswerte zu den drei Trauben-Eichen-Vergleichsflächen sind mit 14 % für Allele bzw. 25 % für Genotypen sehr hoch (Vergleich der Abstandswerte zwischen den Trauben-Eichen-Beständen: 3 – 5 %).

Obwohl die Genorte der Mikrosatelliten des Bestandes in Bielinek eine deutlich geringe Diversität ($v_{(a)}=5,22$) aufwiesen als die Flaum-Eiche im süddeutschen Dreiländereck (ca. 9,0), bestätigte sich diese genetische Einengung nicht an den Genorten der acht Isoenzyme. V erglichen mit den Brandenburger Trauben-Eichenbeständen sind die Werte für die Genetische Diversität ($V_{gam}=16,38$) und den Heterozygotiegrad ($Hb=24,4\%$) überdurchschnittlich hoch (Abb. 11). Bei einem wenig von Null verschiedenen F-Wert ($=0,0078$) liegen keine Inzuchteffekte vor. Auch wenn seltene genetische Varianten aufgrund von Drifteffekten (geringe Populationsgröße, Gründereffekte) möglicherweise verloren gegangen sind, kann auf dieser Grundlage für das Vorkommen in Bielinek dennoch eine hohe genetische Anpassungsfähigkeit erwartet werden.

4 Dendrochronologische Untersuchungen

4.1 Flaum-Eiche

Dendrochronologische Untersuchungen an 12 Eichen in Bielinek sollten Aufschluss über die Altersstruktur des Bestandes geben. Nach den Bohrspananalysen sind die ältesten Flaum-Eichen mit Stammdurchmessern (BHD) von 60-80 cm mehr als 250 Jahre alt, insgesamt ist die Altersvariation jedoch sehr hoch. Die jüngsten der beprobten Bäume sind nur wenig über 100 Jahre alt. (Abb. 12). Im Vergleich zu Trauben-Eichen sind die Jahringbreiten sehr gering. Nach den stärksten mittleren Zuwächsen bis zu 3,5 mm/Jahr zwischen 1915 und 1928 fallen die durchschnittlichen Jahringbreiten tendenziell auf < 1 mm/Jahr ab. Auffällig sind die hohe Gleichläufigkeit zwischen den beprobten Bäumen im Verlauf der Jahringbreiten und die

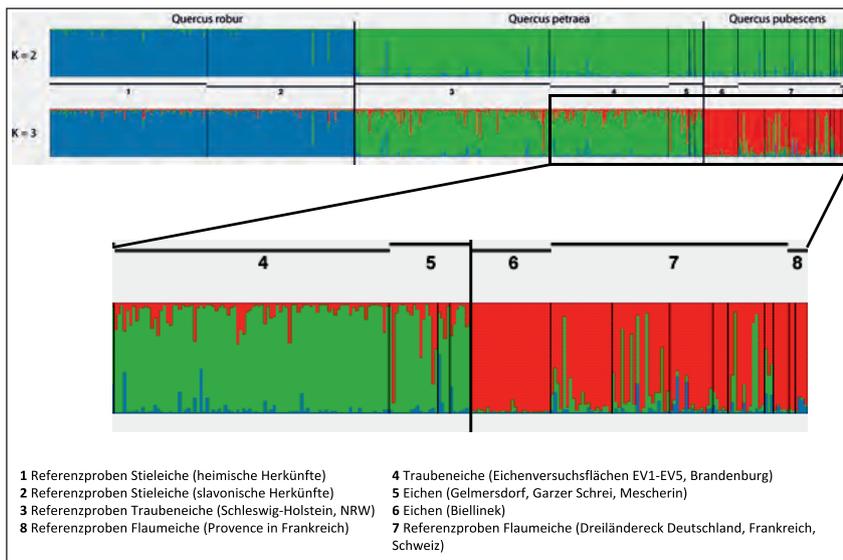


Abb. 10: Zuordnung der Einzelbäume der untersuchten Vorkommen auf Grundlage der STRUCTURE-Analyse

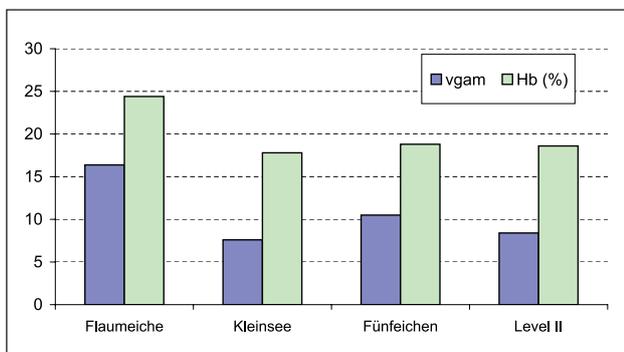


Abb. 11: Vergleich der genetischen Diversität v_{gam} und des Heterozygotiegrades Hb der Flaum-Eichen in Bielinek mit den drei Trauben-Eichen-Beständen der Eichen-Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg

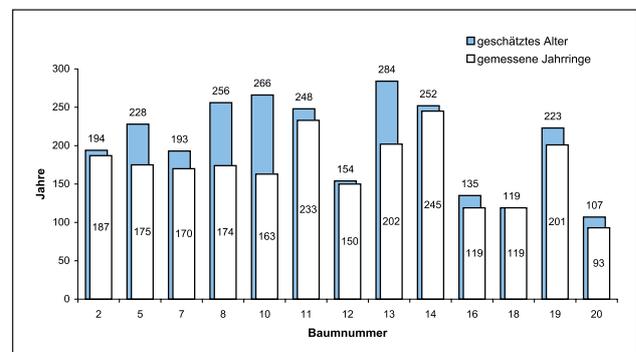


Abb. 12: Gemessene Jahringe und geschätzte Alter der untersuchten Flaum-Eichen in Bielinek

vergleichsweise breiten Splintbereiche (25 –30 Jahre) im Vergleich zur Trauben-Eiche (12–18 Jahre) (Abb. 13).

4.2 Zerr-Eiche

Die dendrochronologischen Untersuchungen an den Zerr-Eichen wurde ebenfalls vordergründig mit dem Ziel durchgeführt, das Altersspektrum der Vorkommen zu erfassen. Hierzu wurden von 12 Eichen Bohrspäne mit dem Hartholz-Zuwachsbohrer entnommen und zusätzlich sechs Stammscheiben vermessen, die im Zuge der Durchforstung 2009 gewonnen wurden.

Die durchmesserstärksten Eichen hatten ein Alter von 120 Jahren, so dass von einer künstlichen Bestandesbe- gründung um 1890 ausgegangen werden kann. Zu dem

Haupt- und Nebenbestand gehören ebenfalls Teilgruppen mit einem Alter zwischen 90 und teilweise 60 Jahren. Die stammzahlreiche Naturverjüngung mit einem BHD < 15 cm wurde nicht weiter untersucht.

Die Durchmesser (BHD) der 134 untersuchten stärksten Stämme reichen von 15 bis 74 cm mit einem mittleren Durchmesser von 46 cm. Die Baumhöhen schwanken zwischen 13 m und 34 m mit einem Mittelwert von 27 m. Aufgrund der Ungleichaltrigkeit und der breiten Durchmes- serspanne ist das Bestimmtheitsmaß der Bestandeshöhen- kurve ($R^2=0,43$) vergleichsweise gering. Trotz der eingeschränkten Pflege ist der Wachstumsverlauf im Vergleich zur Ertragstafel der Trauben-Eiche (Grundflächenmittel- stamm der höchsten Ertragsklasse, E_{RTELD} 1962) beacht- lich. Im Vergleichszeitraum erreicht dort die Trauben-Eiche nur mittlere Durchmesser von 39 cm (Abb. 14).

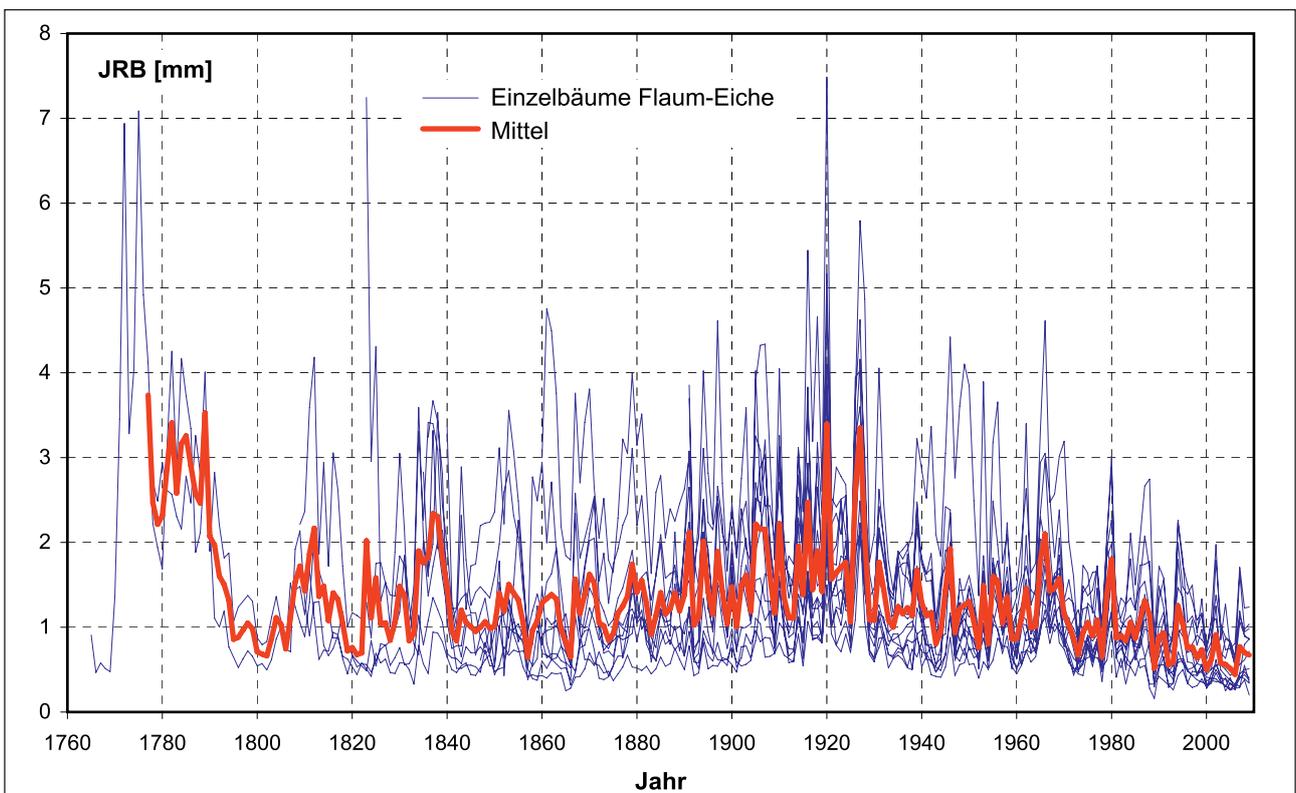


Abb. 13: Verlauf der Jahrringbreiten für Flaum-Eichen in Bielinek

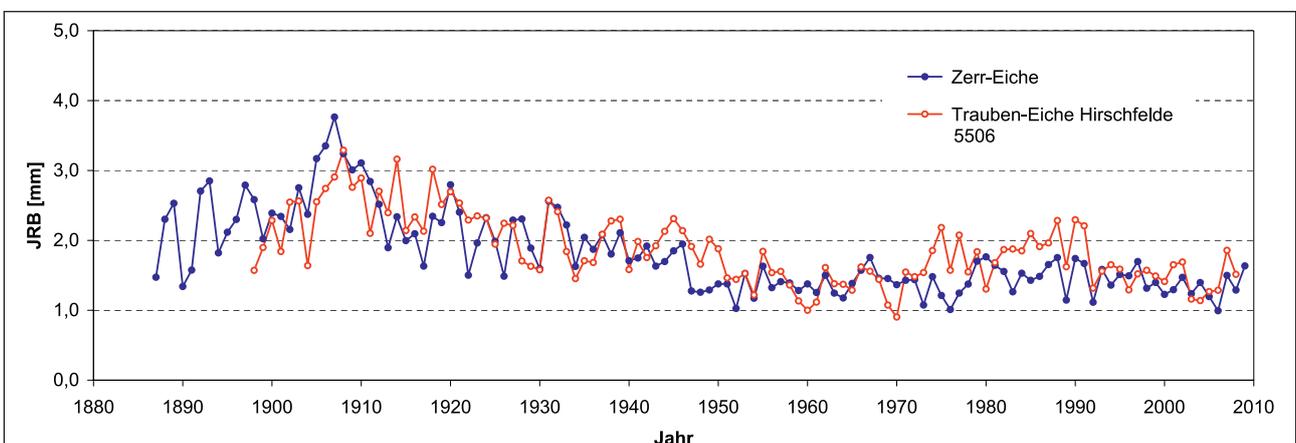


Abb. 14: Verlauf der mittleren Jahrringbreiten für die untersuchten Zerr-Eichen (n=12) im Vergleich mit der Trauben-Eichen-Versuchsfläche Hirschfelde (Abt. 5506, n=14)

Der Vergleich der mittleren Jahrringbreiten zwischen den untersuchten Zerr-Eichen und der Trauben-Eichen-Versuchsfläche Hirschfelde (Abt. 5506) auf einem Standort überdurchschnittlicher Nährkraft zeigt, dass die Zerr-Eichen an diese überdurchschnittliche Wuchsleistung heranreichen (Abb. 15).

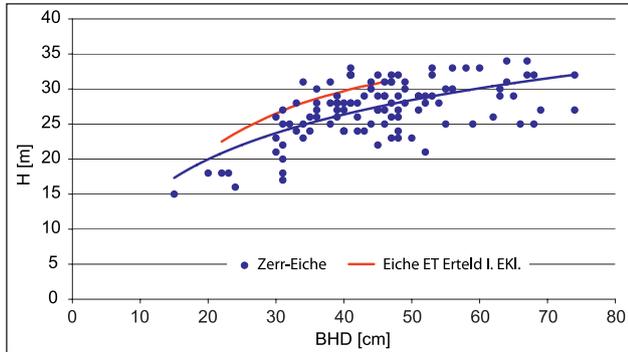


Abb. 15: Bestandeshöhenkurve des Zerr-Eichenbestandes (n=134 Stämme) im Vergleich zur Ertragstafel der Trauben-Eiche (Grundflächenmittelstamm der höchsten Ertragsklasse, ERTELDT 1962)

5 Vitalität und Wuchseigenschaften der Zerr-Eiche

Die „Zukunftsfähigkeit“ der z. Zt. noch fremden Eichenarten hängt maßgeblich von ihrer Anpassungsfähigkeit ab, die sich okular zunächst in der Vitalität und der Wuchsleistung widerspiegelt. Dies gilt insbesondere für die Zerr-Eiche mit dem vergleichsweise größeren forstwirtschaftlichen Potenzial.

5.1 Kronenstruktur

Die Vitalitätsbewertung wurde nach dem von KÖRVER et al. (1999) für Stiel- und Trauben-Eiche entwickelten Verfahren anhand der Kronenstruktur im unbelaubten Zustand vorgenommen. Danach werden die Verzweigungsstrukturen jeweils acht Vitalitätsstufen zugeordnet, wobei Stufe 1 (Referenz-Stadium) einem Baum mit optimaler Vitalität entspricht, während ein Baum der Stufe 8 abstirbt (Rudiment-Stadium). Besonderes Augenmerk gilt hierbei der Form der Kronenperipherie, der Segmentierung der Krone, der Spießbildung im Peripheriebereich und der Kronenerschließung durch Fein-, Mittel- und Grobäste.

Verglichen wurde der unbelaubte Kronenzustand im Winter 2009/10 (n=134 Eichen) und 2011/12 (n=115 Eichen). Die durchschnittliche Vitalitätsstufe aller Bäume betrug im Jahr 2009/10 5,8 und bei der Wiederholungsaufnahme 2011/12 5,6. Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass der Bestand über Jahrzehnte nicht gepflegt wurde, so dass schlecht veranlagte Bäume das Gesamtergebnis mindern. Der etwas verbesserte Wert steht direkt (Entnahme geschädigter Eichen) und indirekt (verminderte Konkurrenz) in einem tendenziellen Zusammenhang mit der Durchforstungsmaßnahme im Nachgang der ersten Aufnahme. Im Winter 2009/10 wurden 12 Eichen und im Winter 2011/12 16 Eichen den besseren Vitalitätsstufen 3 (Knickwuchsstadium) und 4 (Segmentstadium) zugeordnet. Obwohl nach dieser Einschätzung der Vitalitätszustand der (ungepflegten!) Zerr-Eichen etwas besser ist, als der von (gepflegten) Trauben-

Eichen im Vergleichszeitraum (5,9), entspricht keine der Kronen dem Idealwert der Verzweigungsstruktur (Abb. 16). Die Ergebnisse der Winterbonituren der Kronenstruktur stehen im Zusammenhang zum Blattverlust der sommerlichen Kronenansprache nach den Kriterien der Waldzustandserfassung (KALLWEIT und BÖTTIGER 2001) (Abb. 17).

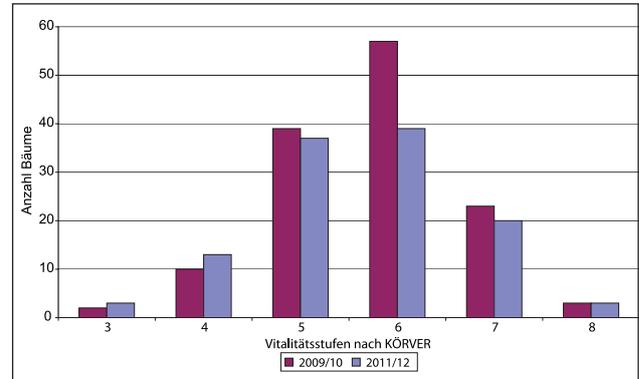


Abb. 16: Vergleich der Kronenstruktur der Zerr-Eichen im Winter 2009/10 und 2011/12 (Erläuterung im Text)

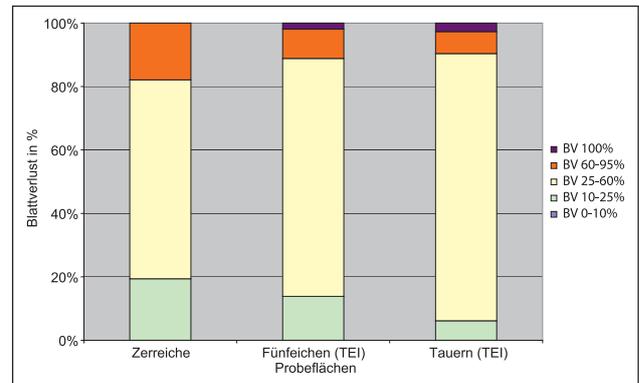


Abb. 17: Vitalitätsbewertung auf der Grundlage des Blattverlustes im Sommer 2010, TEI=Trauben-Eiche, BV=Blattverlust

5.2 Frostrisse und -leisten

Trotz ihrer hohen Widerstandsfähigkeit sind Frostrisse und -leisten auch im natürlichen Verbreitungsgebiet der Zerr-Eiche häufig zu beobachten, was insbesondere die Holzqualität mindert. Die Bonitur der Frostrisse und Frostleisten erfolgte für die untersten sechs Meter des Stammes bei 134 Bäumen in vier Intensitätsstufen (Tab. 2). Alle Risse und Leisten wurden gezählt und ihre Länge in 1 m-Schritten geschätzt. Zusätzlich wurde bei den Leisten die Stärke der Überwallungen an ihrem dicksten Punkt in 1 cm-Schritten gemessen. War dieser Punkt nicht in Reichweite, wurde die Stärke geschätzt (siehe Abb. 19 und 20 nächste Seite). Ausgewertet wurde die Häufigkeit dieser Stammschäden in Abhängigkeit vom Stammdurchmesser (BHD 1,3 m).

Stufe	Frostleisten	Frostrisse
0	keine	keine
1	keine	1
2	1 (ab 1 cm Breite)	2-3
3	>1	>3

Tab. 2: Beschreibung der Intensitätsstufen zur Bonitur von Frostleisten und Frostrissen

Bei dem untersuchten Vorkommen wiesen 50 % aller Bäume (n=67) frostbedingte Stammschäden auf, wobei deren Häufigkeit mit dem BHD anstieg. Unterhalb von 29cm BHD traten keine frostbedingten Stammschäden auf. Bei zunehmendem Durchmesser nahm gleichzeitig der Anteil der Intensitätsstufen 0 und 1 ab, während Bäume der Intensitätsstufen 2 und 3 immer häufiger wurden. Andererseits zeigt die Hälfte der Bäume keine Frostschäden. Zu dieser Gruppe gehören auch drei durchmesserstarke Eichen bis zu 69 cm BHD. Insgesamt wurden 11 % der Bäume (n=15) der Intensitätsstufe 3 zugeordnet; die Intensitätsstufen 2 und 3 haben jeweils einen Anteil von ca. 20 % (Abb. 21).

Bei neun Eichen der Intensitätsstufen 2 und 3 wurde zusätzlich Schleimfluss beobachtet, der bei sieben Bäumen direkt aus dem Frostriss austrat. Zusammenhänge zwischen dem Kronenzustand und den frostbedingten Stammschäden ließen sich nicht erkennen. In fast allen Vitalitätsstufen traten Eichen ohne bzw. mit Frostreisten aller Intensitätsstufen auf.

6 Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, beide Vorkommen der submediterranen Eichenarten näher zu charakterisieren (taxonomische Zu-

ordnung, genetische Struktur, Alter, Vitalität, Wüchsigkeit) und ihr zukünftiges Potenzial unter den Bedingungen des Klimawandels abzuschätzen.

Die Ergebnisse zeigen, dass beide Arten in unserer Region seit langer Zeit überlebensfähig sind und sich erfolgreich vermehren. Besonders herauszustellen ist der eindeutige Art-Nachweis der Flaum-Eiche und die Differenzierung von Hybrid-Eichen mit genetischen Markern im Unteren Odertal.

Die Entwicklung beider Vorkommen fast ohne menschliche Einflussnahme ist beeindruckend. Dies wirft erneut Fragen zur Entstehung der Vorkommen auf. Wenn auch genaue Hinweise zur Herkunft des Saatgutes der Zerr-Eiche und zu den Hintergründen der Bestandesbegründung im Revier Prenzlau fehlen, fällt hier die Rekonstruktion leichter als im Odertal.

Die Baumgenerationen der Zerr-Eiche haben größtenteils ein Alter von ca. 90 bis 120 Jahren. Eine weitere Generation ist ca. 60 Jahre alt, die von einer reichen, nur wenige Jahre alten Naturverjüngung begleitet wird. Es wurden folglich Zerr-Eichen in der Zeitspanne von ca. 1890 bis 1920 im Revier gepflanzt oder gesät, während die jüngeren Baumgruppen im Zwischenstand ohne Zaun und sonstige Förderung aus Naturverjüngungen hervorgegangen sind.

Über den Ursprung des zweifellos sehr alten Flaum-Eichen-Vorkommens in Bielinek können auch weiterhin nur Vermutungen angestellt werden. Die hier vorgestellten Er-



Abb 18 a und b: Kronenbilder ausgewählter Zerr-Eichen im Winter 2011/12



Abb. 19: Frostleiste an einer starken Zerr-Eiche im Revier Prenzlau

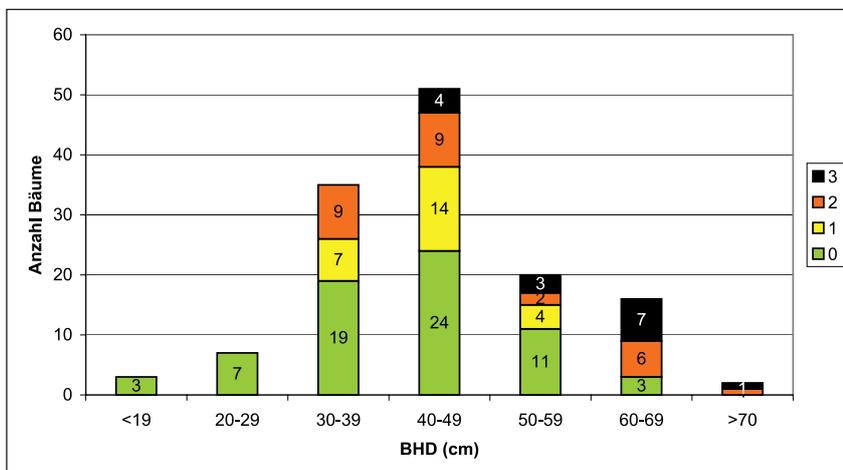


Abb. 21: Anteil der Zerr-Eichen mit Frostreisten und Frostrissen differenziert nach Durchmesserklassen



Abb. 20: Einschränkung der Holzqualität durch überwallte Frostrisse am liegenden Stamm

gebnisse lassen keine Anhaltspunkte auf eine künstliche Begründung erkennen. Überraschend war der weite genetische Abstand zu den räumlich nächsten Vorkommen in Baden-Württemberg und der Schweiz. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob die genetischen Unterschiede zu osteuropäischen Vorkommen geringer sind. Die trotz der lang anhaltenden Isolation überdurchschnittlich hohe genetische Vielfalt lässt eher auf ein natürliches Relikt schließen.

Dies würde einer Hypothese von MÜLLER (1999) entsprechen, nach der mit der nacheiszeitlichen Einwanderung der Eichen möglicherweise verschiedene Eichenarten bzw. -sippen eingewandert sind. Danach könnten schon im gesamten Holozän mehrere Arten regional in unterschiedlichen Anteilen vergesellschaftet gewesen sein. Mit der Ausbreitung der Buche verschwanden diese Eichengesellschaften wieder – mit der Ausnahme von extremen Reliktstandorten.

KONCZAK (1999) führt eine Reihe von historischen und vegetationskundlichen Untersuchungen auf, welche in ihrer Mehrzahl auf ein indigenes Vorkommen der Flaum-Eiche am Standort Bielinek hinweisen. Umfangreiche Florenlisten belegen Arten wie z. B. *Lithospermum purpuro-caeruleum* und *Dorycnium herbaceum*, die dort ein vom Hauptareal losgelöstes, exklavenhaftes Vorkommen in Europa haben und in die Ordnung der xerothermen submediterranen Flaum-Eichen-Wälder eingeordnet werden können. Die genetischen Strukturen geben möglicherweise erste Hinweise auf die Besiedlung dieses Standortes durch die Flaum-Eiche. Dass die Diversitätsmaße der beiden verwendeten Markersysteme (Mikrosatelliten und Isoenzyme) zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, mag nicht verwundern, da sie doch nur einen kleinen Ausschnitt des Genoms repräsentieren. Nach den Ergebnissen der Mikrosatellitenmarker wäre der Flaum-Eichen-Bestand entweder als ein Reliktvorkommen zu betrachten, in dem genetische Driftprozesse aufgrund der geringen Populationsgröße zu Verschiebungen in den allelischen Häufigkeiten und zur Verringerung der genetischen Diversität im Vergleich zu Fundorten in Mitteleuropa geführt haben. Aber auch die Besiedlung dieses Standorts durch eine kleine Gruppe von Individuen könnten diese veränderten genetischen Strukturen hervorgerufen haben (Flaschenhals-Effekt). Unabhängig davon ist das Vorkommen höchst vital, stammzahlreich und verjüngungsfreudig. Es lehrt uns, dass die Flaum-Eiche unter extremen Standortbedingungen auch in unseren Breiten konkurrenzstark, überlebens- und ausbreitungsfähig ist. Die Isoenzymmarker und die hohe physiologische Anpassungsfähigkeit des Vorkommens bestätigen diese Einschränkungen daher nicht. Dass der Steilhang in Bielinek einem Extremstandort entspricht, zeigt auch der weitgehend einheitliche Verlauf der Jahrringe der genetisch verschiedenen Bäume, deren Breiten maßgeblich durch die Wasserverfügbarkeit gesteuert wird.

Eine künstliche Anlage des Vorkommens ließe sich nur über die Nutzungsgeschichte erklären. Flaum-Eichen dienten vor allem für die Produktion von Weinfässern. Damit bleibt das Vorkommen an der Oder ein „pflanzengeographisches Rätsel“ im Sinne von RIETZ (1929) (zit. in ENDTMANN 2008).

Vorkommen, Vitalität und Verjüngungsfreudigkeit beider Eichenarten belegen bereits jetzt die potenzielle Überlebensfähigkeit unter den aktuellen regionalen Standortverhältnissen. Diese könnten sich unter den Bedingungen des

Klimawandels weiter verbessern. Bekanntlich sind die Ansprüche der Zerr-Eiche an den Boden gering. Sie wächst gut auf sandigen Böden ebenso wie auf tonigen, aber nicht zu stark verdichteten Substraten. Am besten sind frische, tiefgründige, leichte Böden. Ebenso toleriert die Zerr-Eiche einen breiten pH-Bereich (pH 5 bis 7,5) (SCHÜTT 1997). Große Teile Brandenburgs entsprechen diesen Standorten (vgl. "Steckbriefe Brandenburger Böden"; MLUV & Naturschutzfonds 2005).

Um zu beurteilen, welche Regionen Brandenburgs künftig für die beiden Baumarten geeignet sein könnten, müssen sowohl die künftigen Standortmerkmale (RIEKE et al. 2012, eingereicht) als auch die physiologische Amplitude der z. Zt. etablierten Vorkommen bekannt sein. Denn welche Standortamplitude im norddeutschen Tiefland, insbesondere die Zerr-Eiche, künftig besiedeln und hier eine forstwirtschaftliche Bedeutung erlangen könnte, kann auf der Grundlage der wenigen Kleinstvorkommen zur Zeit noch nicht abgeschätzt werden. Weitere Zerr-Eichenvorkommen liegen in Mecklenburg-Vorpommern in den Forstämtern Jägerhof (Neuanlage 2006 mit ca. 5 ha), Bad Doberan und Schildfeld. Das Vorkommen im FoA Schildfeld, Revier Vierkrug ist auf einer Fläche von 1,85 ha mit 108 Jahre alten Zerr-Eichen vergleichbar mit dem Prenzlauer Bestand. Mit Mittelhöhen von 32m (Oberhöhe 36m) und einem mittleren BHD von 44 cm sind die Eichen in ihrer Wuchsleistung dem Brandenburger Bestand deutlich überlegen (VOTH 2012, mdl. Mitt.).

Unabhängig von der positiven Entwicklung der beiden untersuchten Populationen muss die Vitalität der Bäume als ein Indikator für ihr Anpassungspotenzial weiter beobachtet werden. Die Kronenstruktur der Zerr-Eichen war im Winter 2009/10 durchschnittlich nur um eine halbe Vitalitätsstufe besser als die der Trauben-Eichen der Brandenburger Dauerbeobachtungsfächen. Dieses ist u. a. auf den schlechten Pflegezustand der Zerr-Eichen zurückzuführen, während die Bestandesgeschichte der Trauben-Eichen in Tauern und Fünfeichen von Durchforstungen und wiederkehrenden Sanitärhiebsen infolge des Eichensterbens geprägt ist. Nach der beginnenden Durchforstung des Prenzlauer Bestandes im Nachgang unserer Aufnahmen verbesserte sich der Vitalitätszustand. Nur 7 % der Bäume zeigten zum Zeitpunkt der Aufnahmen Anzeichen von Schleimfluss, der zum größten Teil aus Frostrissen austrat. Dieser Wert lag deutlich unter der Schleimflusshäufigkeit der Trauben-Eichen der Brandenburger Dauerbeobachtungsfächen (55%; BÄUCKER et al. 2010).

Hervorzuheben ist die hohe Hitze- und Trockenstressverträglichkeit der Zerr-Eiche verbunden mit einer hohen Frosthärte (SCHÜTT 1997, ANDONOVSKY et al. 2001). Dass sich Trockenjahre auch in der Jahrringentwicklung des Prenzlauer Bestandes widerspiegeln, ist daher nicht überraschend. Im beobachteten Zeitraum stimmen die Minima des Jahresniederschlags mit denen der Jahrringbreiten überein. Hohe Niederschläge scheinen einen geringeren Einfluss auf den Durchmesserzuwachs zu haben. Bemerkenswert ist ein abrupter Rückgang der Zuwächse ab dem Jahr 1947, das auch für die heimischen Eichenarten als negatives Weiserjahr gilt (SCHRÖDER 2009).

Dennoch wird auch die Zerr-Eiche in ihrem Hauptverbreitungsgebiet nicht von der Symptomatik der Eichenkomplexkrankheit verschont. Blattvergilbungen, Rindennekro-

sen und Infektionen durch eine Vielzahl von Pilzen und Schadinsekten werden beschrieben (RAGAZZI et al. 1989, PATOCK 1999).

Ein Risiko für die Zerr-Eiche ist der Eichen-Prozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) (vgl. MILANOVIC 2005 und 2007, SCHAFELLNER et al. 2005, PATOCK 1999), der auch in Brandenburg zunehmend an Bedeutung gewinnt (MÖLLER et al. 2006). Verglichen mit der Trauben- und Stiel-Eiche ist die Zerr-Eiche auch anfälliger gegenüber dem Schwammspinner (*Lymantria dispar*). Auf Grund der phänologischen Abläufe ist die Disposition der Zerr-Eiche gegenüber einigen anderen heimischen Eichen-Schädlingen geringer. Durch den späten Austrieb kann sie von den frisch geschlüpften Raupen des Grünen Eichenwicklers (*Tortrix viridana*) und des Kleinen Frostspanners (*Operophtera brumata*) nicht befallen werden.

Untersuchungen in Serbien zeigen, dass fehlende Durchforstungsmaßnahmen einen starken Einfluss auf die Vitalität der Bäume haben, was sich auch mit dem Erscheinungsbild des Brandenburger Bestandes bestätigt. Vor allem junge Zerr-Eichenwälder (30 bis 50 Jahre) verlangen nach starken Durchforstungsmaßnahmen, um sich gut zu entwickeln (BOBINAC und VUCKOVIC 2004).

Dies wirft grundsätzliche Fragen zur waldbaulichen Behandlung der Zerr-Eiche auf. In ihrem heutigen Hauptverbreitungsgebiet bildet sie Mischwälder mit *Pinus*-Arten und anderen Laubbaumarten (z. B. *Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus*, *Fagus orientalis*). Auf Grund der phytosanitären Gefährdung (s. o. Eichen-Prozessionsspinner und Schwammspinner) sollten unmittelbare Mischungen mit den heimischen Eichenarten vermieden werden.

In Italien wird die Zerr-Eiche hauptsächlich (zu 5/6) im Nieder- und Mittelwald bewirtschaftet. Hierzu tragen der sehr gute Brennwert von Zerr-Eichen-Holz und gute Zuwächse im Kurztrieb zwischen 15 und 25 Jahren bei (100 m³ bis 200 m³ in 15 Jahren) (SCHÜTT 1997).

Obwohl die wenigen Bäume des Prenzlauer Bestandes keine repräsentativen Aussagen zulassen, liegen die ermittelten Ertragszahlen auf einem hohen Niveau (414 m³ Vorrat je ha), was den Angaben aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet auf einem Standort mittlerer Güte (409 m³) entspricht (SCHÜTT 1997). Da die heimischen Eichen der Ertragsklasse I bei gleichem Alter und mäßiger Durchforstung einen Vorrat von 385 m³ (SCHÖBER 1995) aufbauen, ist das Wuchspotenzial von Zerr-Eiche von besonderem forstlichem Interesse. Standortwahl und Genotyp werden künftig über das Wuchspotenzial der Zerr-Eiche im norddeutschen Tiefland entscheiden.

Die teilweise verminderte Holzqualität beeinflusst die Möglichkeiten der Holzverwendung. Während in Südosteuropa das Holz z. B. für Möbel, Fässer, im Schiffbau, in der Zimmerei und als Paneelverwendung findet (MOMBÄCHER 1988), schränkt im nördlichen Verbreitungsgebiet die Neigung zur Bildung von Frostrissen die Verwendbarkeit von Zerr-Eichen-Holz ein.

Kenntnisse über den Entstehungsprozess von Frostrissen und -leisten könnten dem Qualitätsverlust vorbeugen. Die Hypothese, dass Frostrisse durch Spannungsunterschiede im Holz infolge schneller Temperaturstürze im Winter entstehen, ist umstritten. Nach BUTIN und SHIGO (1981) bzw. BUTIN und VOLGER (1982) an mehreren hundert Eichen gehen der Entstehung von Frostrissen und -leisten häufig Stammverwundungen unterschiedlichster Ursachen vor-

aus. Austretendes Wasser, das im Winter gefriert, sprengt einen Riss ins Holz. Starker Frost kann zwar die Rissbildung intensivieren, jedoch nicht verursachen. Schäden am Kambium infolge von Bewirtschaftungsmaßnahmen müssen daher ebenso vermieden werden wie die Bildung von Wasserreisern.

Dennoch liegen die Vorzüge der Zerr-Eiche neben ihrer hohen physiologischen Anpassungsfähigkeit vor allem im raschen Biomasseaufbau in der Jugend. Diese Fähigkeit kommt dem Druck nach kürzeren Umtriebszeiten bei zunehmenden Klimaveränderungen zur Risikominderung oder ihrer Verwendung in Agroforestry-Systemen entgegen.

Aufgrund ihrer geringeren Wuchsleistung kommt dagegen der Flaum-Eiche eine eher walddökologische Bedeutung zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Waldökosysteme (Mikroklima, Bodenschutz, Nahrungsquelle, Artendiversität, Waldästhetik u. a.) zu. Lichte Flaum-Eichenwälder gehören zu den artenreichsten Ökosystemen Europas (GLATZER und SCHRAMM 2010) und wären somit eine ökologische Bereicherung unserer Wälder. Die waldbauliche Integration der Flaum-Eiche würde die ökologische Stabilität der Waldgesellschaften steigern. Die hohe Konkurrenzkraft der Flaum-Eiche gegenüber der Gem. Kiefer, wie sie sich im letzten Jahrzehnt im Wallis und in Graubünden (Schweiz) zeigt, muss in einem „Kiefernland“ wie Brandenburg höchste Beachtung finden (WEBER et al. 2008, STERCK et al. 2008). Bereits heute zeigen sich kleinflächig ganz ähnliche Waldbilder im Nationalpark Unteres Odertal. An Trockenhängen am Gartzter Schrey sterben vermehrt Kiefern ab, während Trauben-Eichen und Flaum-Eichen-Hybride mit hoher Vitalität in die Sterbelücken einwandern (Abb. 22).



Abb. 22: Konkurrenzstarke Trauben-Eichen und Flaum-Eichen-Hybride neben absterbenden Kiefern an einem Trockenhang am Gartzter Schrey im Nationalpark Unteres Odertal

Während die Niederwaldbewirtschaftung eher das Stockauschlagsvermögen artenreiner Flaum-Eichen nutzt, können die Eichen-Hybride auch im Hochwald forstwirtschaftliche Bedeutung erlangen. Dies wird durch das Fehlen strikter Reproduktionsbarrieren vieler Eichenarten ermöglicht (vgl. AAS 1991, 1998, STEINHOFF 1998, SAYER 2000). Die Bastardierung zwischen den Pflanzenarten kann dazu beitragen, die Diversität und das Anpassungspotenzial von Arten ohne Verlust ihrer Eigenständigkeit zu erhöhen (RIESEBERG 1995, SAYER 2000, MÖLLER 1999). Zwischen der Trauben- und Flaum-Eiche sind relativ hohe Hybridisierungsraten be-

schrieben worden. SALVINI et al. (2008) konnten bis zu 26 % Hybridsamen, vornehmlich in der Hybridisierungsrichtung *Q. petraea* ♂ x *Q. pubescens* ♀ nachweisen, aber nur 5 % für die reziproke Paarung. Nach den vorliegenden Daten ist der Einfluß der Hybridisierung und damit die Vermischung der Genpools der im Gebiet vorkommenden Eichenarten jedoch sehr begrenzt. Es liegt die Vermutung nahe, dass interspezifische Paarungsbarrieren in frühen ontogenetischen Stadien (Keimlings- und Jungpflanzenstadien) vorliegen müssen, denn die ermittelten Mischungsanteile der Genpools in den Altbeständen liegen deutlich unter den im Saatgut geschätzten Hybridisierungsraten. Trotz der räumlichen Nähe der Bielineker Flaum-Eichen und intensiver Suche konnten nur vergleichsweise wenige Hybrid-Eichen auf der westlichen Seite des Odertals gefunden werden. Einkreuzungen zwischen *Q. robur* und *Q. pubescens* wurden bisher nicht beobachtet. Unter forstlichen Gesichtspunkten sind die wenigen Individuen, die „Trauben-Eichen-ähnliche“ Stammformen ausbilden und gleichzeitig eine erhöhte Trockenstresstoleranz aufweisen, unter den Bedingungen des Klimawandels von besonderer Bedeutung.

Die vorliegenden Ergebnisse unterstützen für beide Arten Ausbreitungsmodelle, nach denen sich die aktuelle natürliche, nördliche Arealgrenze der bislang submediterranen Hauptverbreitung unter den Bedingungen des Klimawandels nach Norden verschoben wird. Diese natürliche Migration sollte forstlich unterstützt werden. Im Sinne eines „sanften“, proaktiven Waldbaus müssten hierzu mittelfristig (bevorzugt) auf potenziellen Grenzstandorten kleinflächig alternative Eichenarten (sowie auch Arten anderer Gattungen) vorzugsweise als Saat oder Pflanzung im Voranbauverfahren getestet werden (GLATZER und SCHRAMM 2010). Dies wäre sowohl ein Beitrag für die Entwicklung arten- und struktureicher Mischbestände als auch für die Risikoprüfung zum grundsätzlichen Walderhalt unter Extrembedingungen. Bei diesem Vorgehen wären die (ökonomischen und ökologischen) Risiken gering bei gleichzeitiger Erhaltung der multifunktionalen Zielsetzung der künftigen Waldbewirtschaftung.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Unter Berücksichtigung des Standortwandels und angesichts weniger waldbaulicher Alternativen wird die Anbauwürdigkeit für beide Eichenarten im norddeutschen Tiefland zunehmen. Hierfür wären vor allem Nachkommenschaften von Populationen geeignet, die sich bereits unter den Selektionsbedingungen des norddeutschen Tieflandes bewährt haben. Die untersuchten Bestände gehören zweifellos dazu.

Es würde sich darüber hinaus lohnen, weitere Herkünfte aus dem nördlichen Hauptverbreitungsgebiet (ausschließlich leistungsstarke Saatgutbestände) sowie Hybride mit guten Wuchseigenschaften hinsichtlich ihrer Anbaueignung zu prüfen.

Parallel hierzu müssen (insbesondere für die Zerr-Eiche) waldbauliche Konzepte entwickelt werden, die das Wuchspotenzial besser nutzen, die Vitalität erhöhen und Risiken vor allem durch biotische Schaderreger mindern.

Mit Ausnahme der wenigen bisher untersuchten Populationen ist unser Kenntnisstand über die Stresstoleranz, die Fitness, die Konkurrenzkraft gegenüber heimischen Arten und das Leistungspotenzial der mediterranen Eichen-

arten und ihrer Hybriden in unserer Region gering. Für eine verantwortungsbewusste Baumartenempfehlung müssen diese Kenntnislücken dringend geschlossen werden. Im Rahmen des Innovationsnetzwerks zur Klimaanpassung Brandenburg-Berlin (INKA BB) werden gegenwärtig 81 Baumarten (und -sorten), darunter 12 Eichenarten (einschließlich Flaum- und Zerr-Eiche), in einem Baumschulversuch u. a. auf ihre Anpassungsfähigkeit getestet. Diese Versuche sind ein weiterer Trittstein für die Wälder und Landschaften von morgen.

Zusammenfassung

Klima- und standortbasierte Modelle zur Waldentwicklung räumen der Flaum-Eiche und der Zerr-Eiche am Ende des 21. Jahrhunderts eine zunehmende Bedeutung im norddeutschen Tiefland ein. Vorgestellt werden Untersuchungsergebnisse an zwei Vorkommen der Flaum-Eiche und ihren Hybriden beiderseits des Unteren Odertals (Bielinek/PL, Gartzter Schrey, Gellmersdorfer Forst, Mescherin) und der Zerr-Eiche im Stadtwald von Prenzlau.

Genetische Untersuchungen zur eindeutigen Artbestimmung ordnen alle untersuchten Eichen im polnischen Bielinek der Flaum-Eiche zu, während auf der deutschen Seite des Odertals die Hybriden zwischen Flaum- und Trauben-Eiche überwiegen. Jahrringanalysen zeigen, dass Einzelbäume des stammzahlreichen Vorkommens in Bielinek über 250 Jahre alt sind, wobei ihr eigentlicher Ursprung weiterhin ungeklärt bleibt. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Flaum-Eiche unter extremen Standortbedingungen auch in unseren Breiten konkurrenzstark, überlebensfähig und verjüngungsfreudig ist.

Die ältesten der 134 untersuchten Zerr-Eichen im Stadtwald von Prenzlau sind ca. 120 Jahre alt und gehen auf eine künstliche Begründung zurück. Die Population differenziert sich in mehrere Baumgenerationen mit einer individuenreichen Naturverjüngung. Wachstum, Vitalität und Stammschäden durch Frostrisse und -leisten wurden an allen Einzelbäumen untersucht.

In Abhängigkeit von den ökologischen Rahmenbedingungen und den ökonomischen Zielsetzungen könnten beide Baumarten am Ende dieses Jahrhunderts tatsächlich das Baumartenspektrum des norddeutschen Tieflandes bereichern. Die hierfür notwendigen Voraussetzungen werden diskutiert.

Dank

Der Vorsitzende des Brandenburger Forstvereins Herr Prof. Dr. Klaus Höppner gab mit seiner Initiative zur Exkursion in das grenznahe, polnische Naturschutzgebiet Bielinek am 6. September 2008 die entscheidende Initialzündung für die Untersuchungen an der Flaum-Eiche. Herr Prof. Dr. Jürgen Endtmann hat mit seiner akribischen Arbeitsweise den, bis dahin nur wenigen Personen bekannten, Kenntnisstand zu den Bielineker Flaum-Eichen in hervorragender Weise zusammengetragen und gleichzeitig die Grenzen des Wissens aufgezeigt. Beides gab den Autoren Ansporn, zumindest einige wenige Wissenslücken zu schließen, obgleich Forschungen zu den beiden Baumarten nicht im Fokus des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde stehen. Ebenso gab der Revierförster Jens Rakelmann mit seinem

Hinweis auf die Zerr-Eichen in seinem Revier im Prenzlauer Stadtwald den entscheidenden Anstoß für die vorgestellten Untersuchungen. Allen Dreien gilt unser herzlicher Dank, ohne sie hätten die interessanten Forschungen abseits unserer Hauptbaumarten keinen Anfang gefunden.

You can't start a fire without a spark!
(Bruce Springsteen)

Literatur

- AAS, G. (1991): Kreuzungsversuche mit Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). AFJZ, 162: 141–145.
- AAS, G. (1998): Morphologische und ökologische Variation mitteleuropäischer *Quercus*-Arten. Ein Beitrag zum Verständnis der Biodiversität. München: IHWVerlag. 221 S.
- ANDONOVSKI, V.; BORELLI, S.; VARELA, M. C. (2001): Macedonia FYR. Mediterranean Oaks Network – Report of the first meeting, Antalya. Rome: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI): 42–44.
- BÄCKER, E.; LÖFFLER, S.; BUES, C.-TH.; SCHRÖDER, J. (2010): Bedeutung von Rindennekrosen an Trauben-Eichen (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) in Brandenburg für die Holzverwendung. Beiträge für Forst- und Landschaftsökologie, 44 (4): 145–156.
- BOBINAC, M.; VUCKOVIC, M. (2004): The problem of Turkey oak devitalisation from the aspect of stand condition and tree increment. Proceedings of an international scientific conference marking 75 years of the Forest Research Institute of the Bulgarian Academy of Sciences, 1-5 October 2003. Sofia: Forest Research Institute, Volume 2: 197–203.
- BUTIN, H.; SHIGO, A. L. (1981): Radial Shakes and "Frost Cracks". Res. Pap. NE-478. Broomall, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimentation Station, 21 p.
- BUTIN, H.; VOLGER, C. (1982): Untersuchungen über die Entstehung von Stammrissen ("Frostrissen") an Eiche. Hamburg, Berlin: Forstw. Cbl., 101: 295–303.
- ENDTMANN, K. J. (2008): Natur- und Landschaftsschutz im Gebiet um Bellinchen / Bielinek und Hohenlubbichow / Lubiechow Gornj. In: Hohenlubbichow 2008 – Naturgemäße Waldwirtschaft zwischen Verklärung und Realität. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 37: 42–74.
- ERTELD, W. (1962): Wachstumsgang und Vorratsbehandlung der Eiche im norddeutschen Diluvium. Archiv für Forstwesen, 11: 1156–1176.
- EUROPEAN FOREST DATA CENTRE (EFDAC, Joint Research Centre), (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/publications>).
- FALUSH, D.; STEPHANS, M.; PRITCHARD, J. K. (2003): Inference of population structure: Extensions to linked loci and correlated allele frequencies. Genetics, 164: 1567–2620.
- FALUSH, D.; STEPHANS, M.; PRITCHARD, J. K. (2007): Inference of population structure using 480 multilocus genotype data: dominant markers and null alleles. Molecular Ecology Notes, 7: 574–578.
- GAUSMANN, P.; KEIL, P.; GÖTZ, H. L. (2007): Einbürgerungstendenzen der Zerr-Eiche (*Quercus cerris* L.) in Urban-industriellen Vorwäldern des Ruhrgebietes. Bochum: Floristische Rundbriefe, 40: 31–39.
- GLATTHORN, J. (2010): Vitalität und Wachstum von Zerr-Eichen (*Quercus cerris* L.) in Brandenburg – Untersuchungen anhand eines Vorkommens im Revier Prenzlau. Bachelorarbeit an der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 50 S.
- GLATZER, K.; SCHRAMM, E. (2010): Klimabezogener Umbau der Eichenwälder mit mediterranen Eichen – Eine vorläufige Wirkungs- und Folgenabschätzung. BiK-F Knowledge Flow Paper Nr. 5.
- HÖLTKEN, A. M.; BUSCHBOM, J.; KÄTZEL, R. (2012): Die Artintegrität unserer heimischen Eichen *Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl. und *Q. pubescens* Willd. aus genetischer Sicht (eingereicht).
- HUBISZ, M. J.; FALUSH, D.; STEPHANS, M.; PRITCHARD, J. K. (2009): Inferring weak population structure with the assistance of same group information. Molecular Ecology Resources 9: 1322–1332.
- KALLWEIT, R.; BÖTTIGER, A. (2001): Waldschadenserhebung (WSE, Level I). Aus: Forstliche Umweltkontrolle, Ergebnisse aus zehnjährigen Untersuchungen zur Wirkung von Luftverunreinigungen in Brandenburgs Wäldern, Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.): 16–37.
- KÄTZEL, R. (2006): Zur taxonomischen Einordnung der einheimischen Eichenarten. In: KÄTZEL, R. (Schriftleitung): Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. 25: 11–12.
- KÄTZEL, R. (2009): Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung an Klimaextreme – eine Betrachtung zu baumartenspezifischen Risiken aus Sicht der Ökophysiologie. In: SPATHELF, P.; KÄTZEL, R. (Hrsg.) (2009): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 42: 22–34.
- KONCZAK, P. (1998): Flora der Oderhänge bei Bellinchen. Berlin, VBVPB, 131: 97–125.

- KONCZAK, P. (1999):
Die Flaum-Eiche in Ostbrandenburg. Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg, 132: 141–151.
- KONNERT, M.; FROMM, M.; WIMMER, TH. (2004):
Anleitung für Isozymuntersuchungen bei Stieleiche (*Quercus robur*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*). <http://blag.fgr.genres.de/iso-handbuecher/stieleiche-arbeitsanleitung.pdf>.
- KÖRVER, F.; PAAR, U.; KIRCHHOFF, A.; GAWEHN, P.; EICHHORN, J. (1999):
Winteransprache zur Erfassung der Kronenstruktur bei Alteichen. Hannover, München: AFZ Der Wald, 54: 357–360.
- KÖSTNER, B.; SURKE, M.; BERNHOFER, C. (2007):
Klimadiagnose der Region Berlin / Barnim / Uckermark / Uecker-Randow für den Zeitraum 1956 –2006. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. 51 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1991):
Unsere Waldbäume. Bern, Stuttgart: Verlag Paul Haupt. S. 101.
- MILANOVIC, S. (2005):
Influence of different oak species (*Q. cerris* L. and *Q. robur* L.) and environment conditions on the gypsy moth development. Belgrad: University of Belgrad: 99–110.
- MILANOVIC, S. (2007):
Gypsy moth development (*Lymantria dispar* L.) on the leaves of *Quercus cerris* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl. and *Q. robur* L. in controlled environment conditions. Belgrad: University of Belgrad: 55–67.
- MÖLLER, K.; APEL, K.; ENGELMANN, A. (2006):
Zur Beteiligung von Insekten am aktuellen Krankheitsgeschehen der Eiche in Brandenburg. Aus: Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. Eberswalde: Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.): 59–64.
- MOMBÄCHER, R. (1988):
Holz Lexikon. Stuttgart: DRW-Verlag. S. 262.
- MÜLLER, B. (1999):
Variation und Hybridisierung von *Quercus pubescens*. Diss. ETH Nr. 13025, Zürich: 138 S.
- NEOPHYTOU, C.; ARAVANOPOULOS, F. A.; FINK, S.; DOUNAVI, A. (2010):
Detecting interspecific and geographic differentiation patterns in two interfertile oak species (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Q. robur* L.) using small sets of microsatellite markers. Forest Ecology and Management 259: 2026–2035.
- OBERDORFER, E. (1994):
Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Aufl. Stuttgart, (Ulmer). 1050 S.
- PATOCK, J. (1999):
Die Eichenschädlinge und ihre Feinde. Zvolen: Institut für Waldökologie der slowakischen Akademie der Wissenschaft. 396 S.
- PIGNATTI, S. (1982):
Flora d'Italia. Vol. I. Edagricole, Bologna.
- PRITCHARD, J. K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. (2000):
Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155: 945–959.
- RAGAZZI, A.; DELLAVALLE, I.; MESTURINO, F. L. (1989):
The oak decline: a new problem in Italy. Eur. J. For. Path. 19: 105–110.
- RIEK, W.; KALLWEIT, R.; RUSS, A. (2012):
Analyse der Hauptkomponenten des Wärmehaushalts brandenburgischer Wälder auf der Grundlage regionaler Klimaszenarien – Abgrenzung von Risikogebieten und Schlussfolgerungen für ein Klima-Monitoring. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie (eingereicht).
- RIESEBERG, L. H. (1995):
The role of hybridization in evolution: Old wine in new skins. Am. J. Bot. 82: 944–953.
- RIGLING, A.; DOBBERTIN, M.; BÜRGI, M.; FELDMEIER-CHRISTE, E.; GIMMI, U.; GINZLER, C.; GRAF, U.; MAYER, P.; ZWEIFEL, R.; WOHLGEMUTH, T. (2006a):
Baumartenwechsel in den Walliser Waldföhrenwäldern. Wald und Klimawandel. Forum für Wissen 2006: 23–33.
- RIGLING, A.; DOBBERTIN, M.; BÜRGI, M.; GIMMI, U.; GRAF PANATIER, E.; GUGERLI, F.; HEINIGER, U.; POLOMSKI, J.; REBETZ, M.; RIGLING, D.; WEBER, P.; WERMELINGER, B.; WOHLGEMUTH, T. (2006b):
Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren? Merkbl. Prax. 41: 16 S.
- SALVINI, D.; BRUSCHI, P.; FINESCHI, S.; GROSSONI, P.; KJAER, E. D.; VENDRAMIN, G. G. (2008):
Natural hybridization between *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus pubescens* Willd. within an Italian stand as revealed by microsatellite fingerprinting. Plant Biology 11: 758–765.
- SAYER, U. (2000):
Die Ökologie der Flaumeiche (*Quercus pubescens* Willd.) und ihrer Hybriden auf Kalkstandorten an ihrer nördlichen Arealgrenze. Dissertationes Botanicae, Bd. 340, Cramer Verlag.
- SCHAFELLNER, C.; KRÄMER, W.; SCHOPF, A.; VILLEMANT, C.; MOHAMED LAHBIB, B. J. (2005):
Three trophic level interaction: the influence of host plants on the performance of gypsy moth (*Lymantria dispar*) and its parasitoid, *Glyptapanteles liparidis* (Hymenoptera, Braconidae). Dijon: Bulletin OILB/SROP, 28, 8: 193–200.
- SCHOBER, R. (1995):
Ertragstabellen wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Frankfurt am Main: Sauerländer.

- SCHRÖDER, J. (2009):
Kiefer und Eiche in Mischbeständen: Konkurrenz oder Partnerschaft in einer Lebensgemeinschaft? In: MLUV (Hg.): Wissenstransfer in die Praxis. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 40: 50–59.
- SCHÜTT, R. (Hrsg.) (1997):
Lexikon der Forstbotanik. ecomed, Landsberg/Lech 1992: 431–432.
- SCHÜTT, R.; WEISGERBER, H.; LANG, J.; ROLOFF, A.; STIMM, B. (Hrsg.) (1998):
Enzyklopädie der Holzgewächse, Band III-2, ecomed, Landsberg/Lech.
- SPADA, F. (2010):
Outlines of the phytogeography of the mediterranean oaks. In: The Oak – Ecology, History, Management and Planning II, Isparta/TURKEY, 01–03 June 2010, Proceedings.
- STEINHOFF, S. (1998):
Kontrollierte Kreuzungen zwischen Stiel- und Traubeneiche: Ergebnisse und Folgerungen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 169: 163–168.
- STERCK, F. J.; ZWEIFEL, R.; SASS-KLASSEN, U.; CHOWDHURY, Q. (2008):
Persisting soil drought reduces leaf specific conductivity in Scots pine (*Pinus sylvestris*) and pubescent oak (*Quercus pubescens*). Tree Physiology 28: 529–536.
- ULBRICH, E. (1924):
Die Flaumeiche, *Quercus lanugosa* als neuer Waldbaum in Norddeutschland und die Nomenklatur. Mitt. Dtsch. Dendrol. Gesel. 34: 297–304.
- WEBER, P.; RIGLING, A.; EILMANN, B.; MAYER, P.; WOHLGEMUTH, TH.; DOBBERTIN, M. (2008):
Verjüngung und Konkurrenz der Flaumeiche im Wallis. Informationsblatt Wald, WSL Birmensdorf (Schweiz): 1–3.

Massentierhaltung versus Waldgesundheit – Ergebnisse zur Diagnose und Behandlung stickstoffbelasteter Wälder

BJÖRN STROHBACH, PETER EINERT, BERND LEHMANN UND SONJA LÖFFLER

1 Konflikt

Bei der Haltung von Tieren und beim Abbau tierischer Exkrememente werden in nicht unerheblichem Umfang Gase frei gesetzt. Neben den Treibhausgasen Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) ist Ammoniak (NH_3) dabei von besonderer Bedeutung. Im Rahmen der Genehmigung von Tierhaltungsanlagen hat der Immissionsschutz in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen.

Tierhaltungsanlagen, die nicht nach den Vorschriften des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) genehmigt werden, unterliegen im Rahmen ihrer Baugenehmigungspflicht auch einer immissionsschutzrechtlichen Betrachtung (§ 22 Abs. 1 Nr. 1 u. 2 BImSchG).

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für Tierhaltungsanlagen werden daher die Ammoniakimmissionen mit den Auswirkungen auf Ökosysteme und empfindliche Pflanzen auf der Grundlage der TA-Luft 2002 beurteilt.

Wie am Beispiel der Legehennenanlage bei Roggosen (Abb. 1) zu sehen ist, entwickeln sich die Landwirtschaftsbetriebe immer mehr zu industriearartigen Unternehmen.



Abb. 1: Legehennenanlage bei Roggosen

Die Anlagen der Tierhaltung werden größer, in Verbindung damit erhöht sich die Konzentration der Tiere auf kleinstem Raum. Neue Technologien führen zu einer raschen Zunahme landwirtschaftlicher Produktionsstätten. So werden die Gase aus derartigen Anlagen mittels kostenintensiver Verfahren gereinigt. Kritisch zu beleuchten sind allerdings Angaben zum Wirkungsgrad der Reinigungssysteme aus Tierhaltungsanlagen. So wird bei Schweinemastbetrieben inzwischen mit einer 90 prozentigen Reinigung der Stallluft gerechnet.

Wenig verlässliche Angaben gibt es hinsichtlich der Ammoniakemissionen aus Biogasanlagen und deren Auswirkungen auf Ökosysteme und empfindliche Pflanzen. Industriekomplexe, wie die Biogasanlage „Penkun“ (Abb. 2) erzeugen Energie aus nachwachsenden Rohstoffen und bilden somit einen wesentlichen Bestandteil des Energiekonzeptes des Landes Brandenburg.



Abb. 2: Biogasanlage bei Penkun

2004 waren im Land 31 Anlagen mit einer Leistung von 16 MW registriert. 2010 waren es schon 190 Biogasanlagen mit einer Leistung von 120 MW. Im Rahmen von Sonderfallprüfungen sind die Risiken für den Wald zu klären. Hierzu fehlen allerdings häufig verlässliche Angaben zur Empfindlichkeit unserer Standorte, zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Standortsveränderungen sowie zur Reversibilität von stickstoffbedingten Veränderungen. Letztendlich muss die Intensität der Veränderungen oder Schäden in den Wäldern zuverlässig bewertet werden.

Die nachfolgende Darstellung von Ergebnissen zur Diagnose und Behandlung stickstoffbelasteter Wälder dienen der Versachlichung bei der Lösung des Konfliktes zwischen Land- und Forstwirtschaft.

2 Untersuchungsprogramm

Ausgehend von der Komplexität des Vorhabens zur Klärung des Ursache-Wirkungsgefüges wurde das Untersuchungsprogramm möglichst praxisnah angelegt. Die Untersuchungsschwerpunkte waren:

- Ammoniakeinträge (Immission, Deposition)
- Standort (bodenchemischer Zustand, Sickerwasserqualität)
- Vegetation und Humuszustand
- Biomarker, Vitalität und Ernährung von Einzelbäumen und Beständen.

Im Untersuchungszeitraum zwischen 2007 und 2011 wurden einmalige Erhebungen auf 50 Flächen durchgeführt. Dazu gehören Schadansprachen der Bestände, ertragskundliche Erhebungen, Vegetationsansprachen und Bodenproben. So wurden 653 Bodenproben, d. h. 7836 Analysendaten bereitgestellt.

Die Flächen wurden als Transekt von der Quelle bis maximal 1000 m von den Tierställen angelegt. Pro Fläche (25 * 25 m) wurden 5 Probepunkte festgelegt und bis maximal 2,0 m Tiefe schichtweise beprobt.

In *Abbildung 3* sind Lage sowie die mittleren Immissionskonzentrationen auf den Flächen dargestellt.

Da nicht alle Flächen parallel im vollen Umfang beobachtet werden konnten, wurde eine Auswahl repräsentativer Flächen vorgenommen und mit unterschiedlicher Intensität zeitlich gestaffelt untersucht. Neben den einmaligen Erhebungen erfolgten begleitende biochemische Untersuchungen auf 11 Flächen unter Einbeziehung der Baumarten Kiefer, Eiche, Buche und Birke. Zusätzlich wurden die Stoffkonzentrationen in den Sickerwässern vierteljährlich untersucht. Auf 20 Flächen wurden monatliche Messungen der Ammoniakkonzentrationen vorgenommen. 2011 wurden an 4 Standorten waldbauliche Versuchsfächen angelegt. Neben den waldbaulichen Aspekten werden Immissionen, Depositionen, die Witterung sowie die Sickerwasserausträge permanent erfasst.

3 Risikoabschätzung der Emittenten

Die Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen werden in Nr. 4 der TA-Luft 2002 festgelegt und beziehen sich sowohl für die nach BImSchG genehmigungsbedürftigen als auch die nach Baurecht zu genehmigenden Tierhaltungsanlagen. Ergänzend dazu gibt es zwischenzeitlich eine Reihe von Vorschriften und Erlasse. Diese konkretisieren die Forderungen der TA-Luft, die

als Verwaltungsvorschrift des Bundes eine weitreichende rechtliche Wirkung hat.

Zur Abschätzung des Risikos für den Wald, das von den Landwirtschaftsbetrieben Brandenburgs ausgeht, wurden die Ammoniakemissionen (Emissionsfaktor * Anzahl Tierplätze) den bekannten Schwellwerten (*Abb. 4*) gegenüber gestellt.

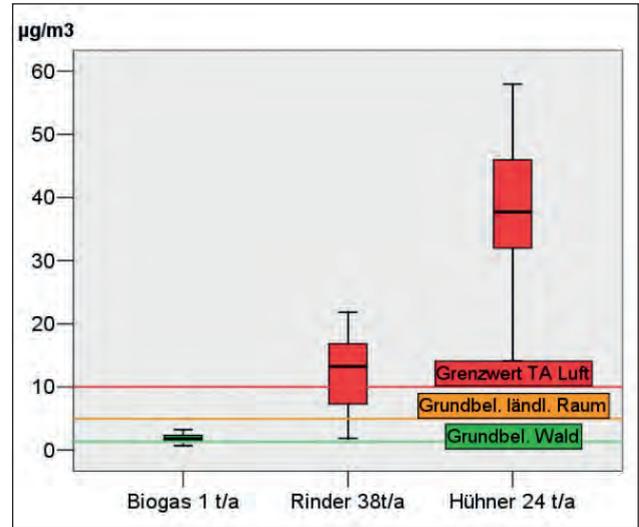


Abb. 4: Ammoniakemissionen charakteristischer Landwirtschaftsbetriebe

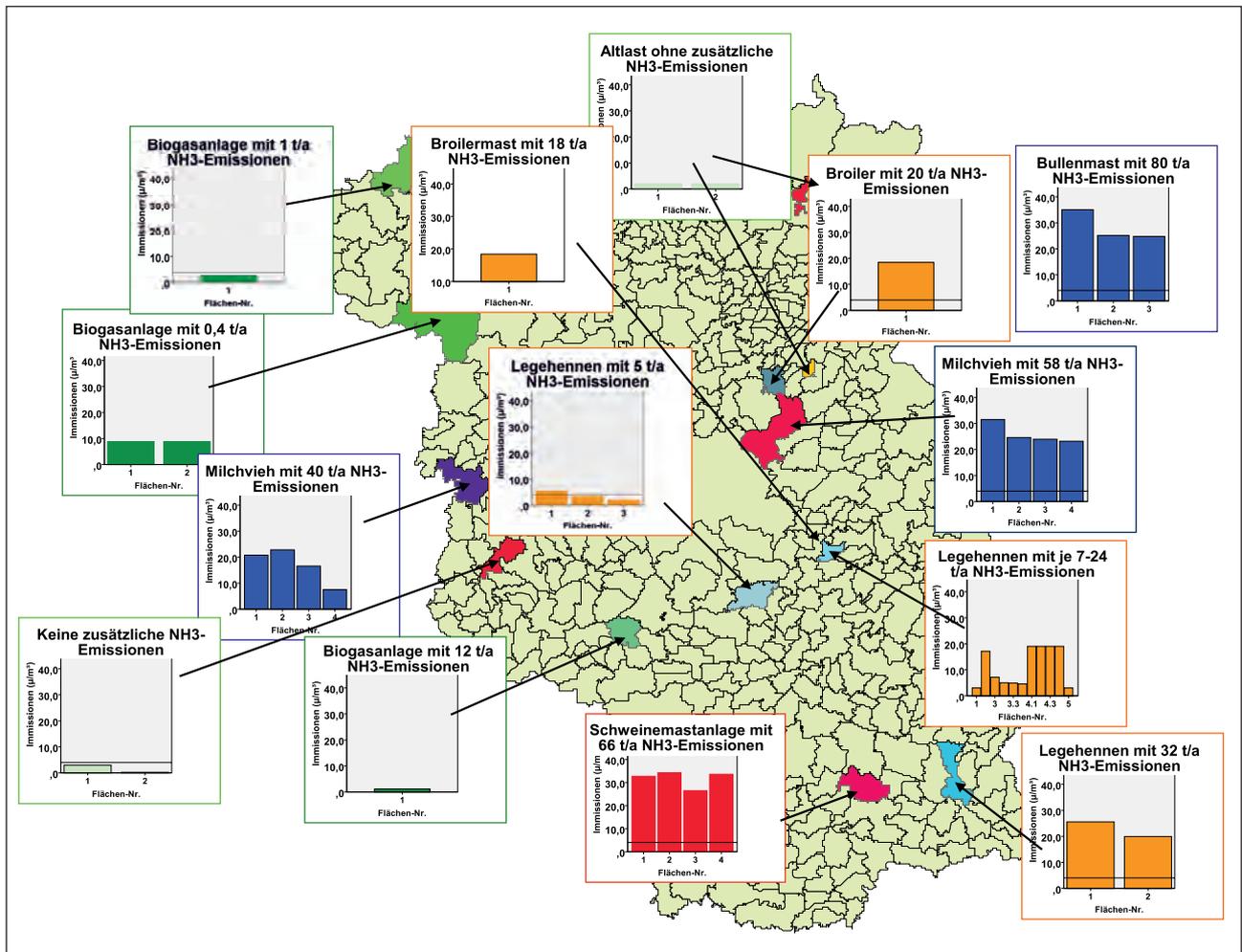


Abb. 3: Lage der Untersuchungsfächen und Reviere (alt)

Der Grenzwert der TA-Luft von $10 \mu\text{g}/\text{NH}_3\text{m}^3$ wird bereits bei Quellstärken von $5 \text{t NH}_3/\text{a}$ in 100m Entfernung von den Ställen erreicht. Neben der Modernisierung und Zunahme der Tierhaltung in Brandenburg wurden in den vergangenen Jahren mehr als 150 Biogasanlagen mit zunehmender Leistung errichtet. Diese Anlagen arbeiten umweltfreundlich und stellen hinsichtlich des N-Eintrages für den Wald kein erhöhtes Risiko dar. Anhand der Messungen der Immissionskonzentrationen mittels Passivsammler ist die Abnahme der NH_3 -Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung (Abb. 5) nachweisbar. Hohe bis sehr hohe Konzentrationen werden noch bis 500m vom Emittenten nachgewiesen.

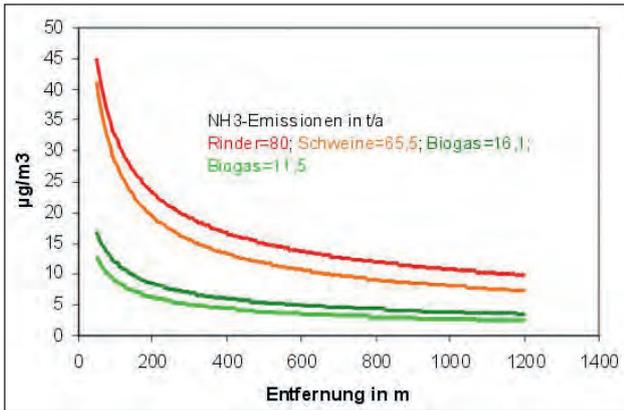


Abb. 5: NH_3 -Konzentration in Abhängigkeit von der Entfernung und Quellstärke

Die systematische Erfassung der Immissionen in unterschiedlicher Entfernung von den Anlagen ergab relativ enge Zusammenhänge zwischen der Quellstärke und der zu erwartenden mittleren Immissionskonzentration der Luft. Der Verlauf der sogenannten Abklingkurven ist bei allen untersuchten Anlagen ähnlich. Infolge der unterschiedlichen Quellstärke erfolgt eine Parallelverschiebung der Kurven.

Bei Verwendung einer nichtlinearen Regression unter Einbeziehung der Entfernung der Messplätze von den Ställen kann nach der Gleichung (SPSS Version 19) die mittlere Immissionskonzentration berechnet werden:

$$N - \text{Immiss}_{\text{ber}} = 30,11 + 0,36 * \text{Quellstärke} - 5,31 * \text{LN}(\text{Entf.}) + 2,00$$

B = 0,81

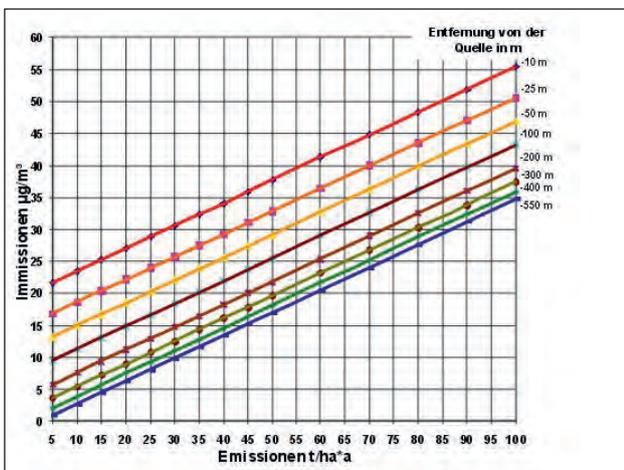


Abb. 6: Nomogramm zur Schätzung der Immissionskonzentration

Die Regression wurde in ein Nomogramm (Abb. 6) überführt.

Ausgehend von der Quellstärke wird für Entfernungen von $10, 25, 50, 100, 200, 300, 400$ und 500m die zu erwartende Immissionskonzentration prognostiziert. Diese Angaben sind vielfach in der Praxis bestätigt. Unter Berücksichtigung der Schwankungsbreite der Messungen (Wachstumsphasen, Aktivitätsphasen, Witterungseinflüsse) handelt es sich um ausreichend genaue Schätzungen der zu erwartenden Immissionskonzentrationen.

4 Wirkungen auf den Waldstandort

4.1 Humusaufgaben und Mineralböden

Dem Boden kommt eine Schlüsselfunktion im Stoffhaushalt der Waldökosysteme zu. Die Veränderungen der chemischen Eigenschaften der Waldböden durch Stickstoffeinträge sind in der Vergangenheit in zahlreichen Arbeiten (HOFMANN et al. 1990, KOPP. et al. 1995, MATZNER und GROSSHOLZ 1997, SPANGENBERG 2002) dargestellt worden. So wird der Anstieg der N-Gehalte, eine Veränderung der C/N-Verhältnisse infolge einer verstärkten Mineralisierung der Humusaufgaben in Abhängigkeit von der Entfernung von der Stickstoffquelle beschrieben. Auch die Versauerung der Böden infolge der Nitrifizierung des Ammonium wird bei hohen Einträgen prognostiziert.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden deshalb die Humusaufgaben sowie die oberste Mineralbodenschicht besonders sorgfältig analysiert. Insbesondere wurde geprüft, ob zwischen der Intensität der Belastung (Ammoniakkonzentration der Luft) und den bodenchemischen Veränderungen statistisch gesicherte Beziehungen bestehen, die für eine Prognose der Veränderungen der Humusaufgaben unter definierter N-Belastung verwendet werden können.

In Abbildung 7 sind Boxplots der N-Gehalte von 128 Humusaufgaben in Kiefernbeständen dargestellt, die sich im Bereich unterschiedlich hoher NH_3 Immissionskonzentrationen der Luft befinden.

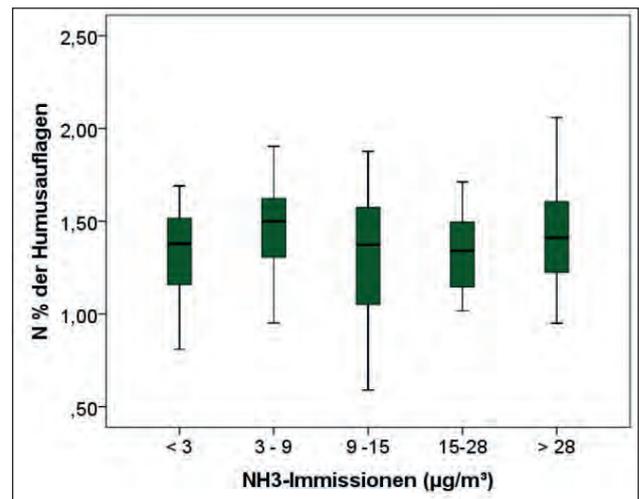


Abb. 7: NH_3 -Konzentrationen (Klassen) der Luft und N%-Gehalte der Humusaufgaben

Anhand der Abbildung wird deutlich, dass es keinen statistisch gesicherten Zusammenhang zwischen den N-Kon-

zentrationen in der Luft und den N-Gehalten der Humusaufgaben gibt. Tierart, Standortsunterschiede, Bestandesalter sowie forstliche Maßnahmen wirken differenzierend und überlagern das Eintragungsgeschehen. Die Ergebnisse wurden auf Kiefernbestände eingegrenzt, da sich im Vorfeld bereits die Baumart als deutlich differenzierend herausstellte.

Ähnliche Ergebnisse stellten MOHR et al. (2011) vor. Insgesamt wird zwar von den Autoren ein Zusammenhang zwischen der Entfernung von der Anlage und den bodenchemischen Parametern beschrieben, sieht man sich allerdings die Ergebnisse im Einzelnen an, wird die Abfolge bei einer Reihe von Standorten unterbrochen. Unter der aktuellen Emissionssituation in der Landwirtschaft treten die Prozesse der Eutrophierung der Wälder offenbar in den Hintergrund.

4.2 Bodenversauerung

Im Rahmen einer statistischen Prüfung der bodenchemischen Kennwerte von Humusaufgaben in Kiefernbeständen wurden mittels Faktorenanalyse sowie DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) zur Interpretation der chemischen Eigenschaften von Humusaufgaben in N-Eintragsgebieten (Vergleich NORM mit IST) als dominierender Prozess die Versauerung der Böden herausgearbeitet. Bei der Faktorenanalyse wird eine Strukturierung der Datenmengen der Humusaufgaben angestrebt. Es wird durch die Herleitung hypothetischer Größen sogenannter Faktoren versucht, die Daten hinsichtlich ihrer Variation zu erklären. Faktor 1 wird vom pH-Wert des Bodens sowie den basischen und sauren Kationen geladen. Die hohe Faktorenladung von Ca und Mg widerspiegelt den bekannten Effekt der Basenauswaschung (Austausch) bei hohen Ammonium-Einträgen. Die sauren Kationen verhalten sich gegensätzlich. Die im Einflussbereich von Tierhaltungen auftretende schrittweise Versauerung führt zu einem Anstieg der Al- und Fe-Ionen. Im Rahmen von DRIS werden die einzelnen Nährstoffrelationen untereinander verrechnet, so dass man für jede einzelne Nährstoffrelation einen Indexwert erhält. Dieser gibt an, ob ein Nährelement im Vergleich mit der „Normpopulation“ im Überschuss oder im Mangel vorhanden ist. Somit zeigen die Indexwerte an, ob eine Population ausgeglichen „versorgt“ ist. Anhand der negativen Indexwerte des pH-Wertes der Böden wird belegt, dass



Abb. 8: Kiefernkultur im Bereich einer Legehennenanlage mit Merkmalen von K- und Mg-Mangel

durch N-Immissionen eine Versauerung der Standorte stattfindet. Anhand der Nährstoffversorgung der Gehölze lässt sich diese Aussage beweisen. In einer Kiefernkultur direkt im Bereich einer Legehennenanlage (70000 TP) treten gelb verfärbte Bäumchen (Abb. 8) mit braunen Spitzen auf.

Die Nadelspiegelwerte der untersuchten Bäume belegen, dass die Kalium- und Magnesium-Nadelspiegelwerte (Abb. 9) im Mangelbereich liegen.

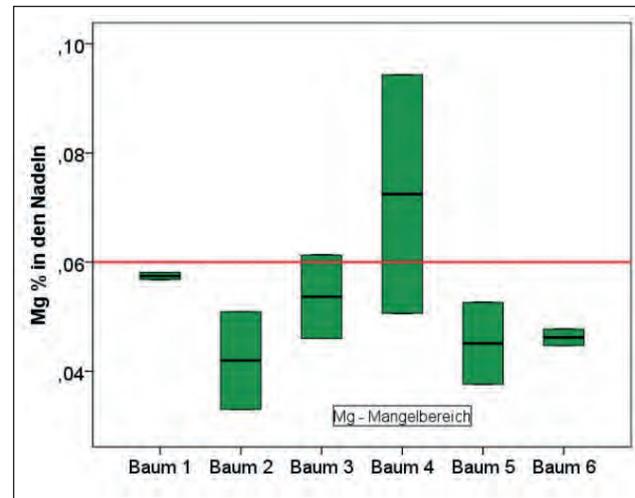


Abb. 9: Mg-Nadelspiegelwerte im Bereich einer Legehennenanlage

Diese Erscheinung in unmittelbarer Nähe zu Stickstoffquellen war bisher in dem Umfang nicht bekannt. Im Mittelpunkt der bisherigen Betrachtungen standen die N-bedingten Veränderungen, d. h. unter den technologischen Bedingungen der aktuellen Tierhaltungsanlagen verändern sich die Schadensursachen infolge der Ammoniaketräge.

4.3. Wirkungen auf die Bestände

Anhand der Bestandesbilder lässt sich die Intensität der N-Einträge abschätzen. Neben den oben beschriebenen bodenchemischen Veränderungen führt Stickstoff im Übermaß zu Schäden an den Gehölzen bis hin zu Artenverschiebung der Bodenvegetation. So nimmt bei den Gehölzen die Frostresistenz ab, die Stomata werden vergrößert und damit die Transpiration erhöht. Durch verstärkte Kronenbrüche entstehen schwere Missbildungen in der Kronenarchitektur. Die zunehmende Sättigung der Nadeln mit Stickstoff zeigt sich anhand der Länge und Farbe der Nadeln. Mit zunehmenden N-Nadelspiegelwerten werden die Nadeln länger (von 4–6 cm auf 7–9 cm). Die Farbe wechselt von grün zu blaugrün bis hin zu blau. Die langen Nadeln sind häufig korkenzieherartig verdreht. Bei Übersättigung der Nadeln entstehen Vergilbungen bis hin zu braunen Nekrosen. Die Nadellänge nimmt deutlich ab (< 4 cm), es ist eine Büschelbildung zu beobachten. Die geschwächten Gehölze (Wasserstress, Nährstoffdismenien) werden verstärkt von Pilzen und Insekten befallen. Daneben ist ein vermindertes Wurzelwachstum nachweisbar. Wasser- und Nährstoffaufnahme sind nicht mehr vollständig gewährleistet, die Gefährdung durch Windwurf nimmt zu. Wesentliche Kriterien zur Bewertung der Bestände sind deshalb:

- Nadel- oder Blattverluste infolge der Schädigung des Assimilationsapparates. Es erfolgt fortschreitend der Abwurf

mehrfähriger Nadeln, eine starke Reduktion der Nadelmasse, Nadelverkürzungen bis hin zur Büschelbildung.

- Vergilbungen und Verfärbungen der Nadeln oder Blätter, zunächst blaugrüne Verfärbungen, dann Übergang zu Vergilbungen bis hin zu braunen Nekrosen infolge direkter Säureschäden.
- Bestandesauflichtungen infolge hoher Sterberaten von Baumindividuen bei Überschreiten der Sättigungsphase. Kronenbrüche, Kronenmissbildungen an Kiefernalthölzern sind Zeichen für die Aufösungsphase der Bestände.
- In den Bestandeslücken bzw. auch lichterem Beständen entwickeln sich dichte Grasdecken. So ist die Ausbreitung (Flächenanteil %) von *Calamagrostis* ein weiteres Merkmal zur Einschätzung der Schadintensität.
- Die erhöhte Labilität der Bestände führt letztendlich auch zu einem stärkeren Befall durch Insekten und Pilzen. Die Mortalität wird weiter erhöht.

Die Merkmale werden mit jeweils 5 Stufen zu Schadklassen zusammengefasst. Die Schadensklassen korrelieren eng mit den mittleren Immissionskonzentrationen der Standorte. In *Abbildung 10* ist der Zusammenhang zwischen der Immissionskonzentration und der Schadensklasse (Mittelwert aus der Bewertung der Nadelverluste, der Bestandesauflichtung, der Verfärbungen, der Vergrasung und des Befalls mit Pilzen, Insekten) dargestellt.

In Beständen ohne erkennbare Schäden werden Ammoniakkonzentrationen der Luft $<5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft ausgewiesen. Stark geschädigt sind alle Bestände mit Ammoniakkonzentrationen der Luft $>15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Auch für die einzelnen Merkmale sind statisch gesicherte Beziehungen zwischen den Schadausprägungen und der Ammoniakkonzentration vorhanden.

4.4 Wirkungen auf die Bäume

NH_3 wird nach seiner Emission schnell als NH_3 und NH_4^+ auf Blattoberflächen deponiert. Pflanzen nehmen NH_3 hauptsächlich nach der trockenen Deposition als NH_3 aber auch gelöst im Wasserfilm durch die Stomata als NH_4^+ auf. Auch die Abwaschung von der Blattoberfläche und ein Weitertransport in den Boden ist möglich. Der Transport in der Pflanze erfolgt vom Apoplasten zum Cytoplasma des Mesophylls, wo die Assimilation von NH_4^+ durch die Glutaminsynthetase in Aminogruppen in den Plastiden stattfindet.

Sowohl im Blatt als auch nach der Aufnahme durch die Wurzeln werden Ammoniumionen rasch metabolisiert. Dabei wird der Stickstoff des Ammoniaks in Aminosäuren umgewandelt und trägt somit zur Proteinsynthese bei. Die sofortige Assimilation des Stickstoffs, d. h. die Bindung der Ammonium-Ionen an Kohlenhydrate, ist als Detoxifikationsprozess aufzufassen. Sie erfordert sowohl die Bereitstellung von Energie- und Reduktionsäquivalente, als auch von Kohlenhydraten sowie das Vorhandensein entsprechender Enzymsysteme. Diese Prozesse sind folglich photosyntheseabhängig und somit werden die Entgiftungspotenziale eines Baumes wesentlich von der Effizienz des Kohlenhydrathaushaltes bestimmt. Typisch für derartig stickstoffbelastete Bestände ist der hohe Chlorophyllgehalt in den Nadeln bzw. Blättern, der sich visuell in der blaugrünen Farbe widerspiegelt.

In den *Abbildungen 11–13* sind Kiefernadeln aus Beständen mit unterschiedlicher Ausprägung der stickstoffbedingten Schäden (gering, mittel, hoch) dargestellt.

In Eichenbeständen (*Abb. 14–16*) sind die stickstoffbedingten Veränderungen meist noch deutlicher. Hier zeigt sich, dass alle zusätzlichen exogenen Faktoren, die die Photosyntheserate einschränken (z. B. geringe Wasserverfügbarkeit), die Ammoniumtoleranz vermindern. Der

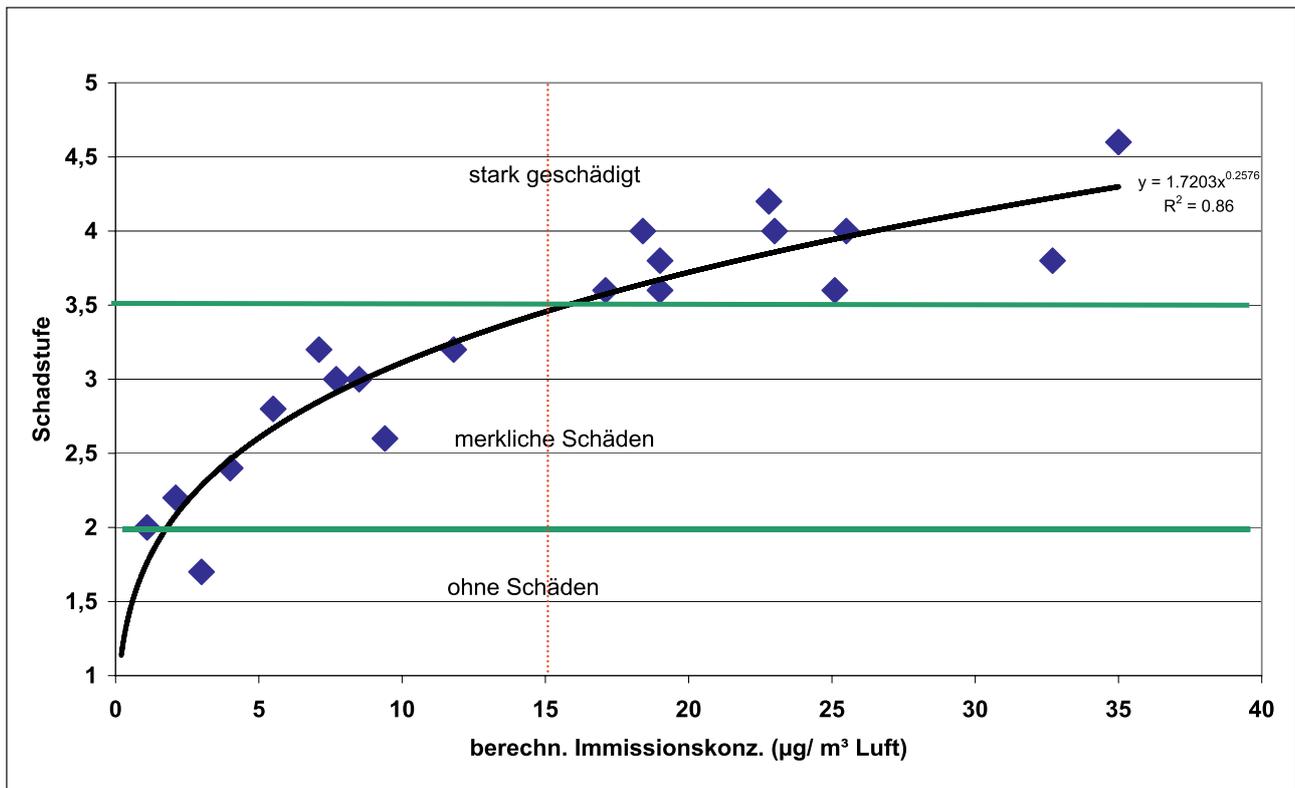


Abb. 10: Stickstoffbelastung und Schadensklasse des Bestandes



Abb. 11: Normalwüchsige Kiefer (N-Gehalt der Nadeln <math>< 18 \text{ mg/g TM}</math>) mit grünen, mittellangen Nadeln auf Sand-Standorten



Abb. 12: Mit Stickstoff gesättigte Nadeln ($21\text{--}25 \text{ mg N/g TM}$), große, meist blaugüne Nadeln



Abb. 13: Direkte Schäden der Nadeln (Säureschäden) durch Ammoniak-konzentrationen der Luft $>40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sterbende Triebe bis einzelne Bäume



Abb. 14: Normalwüchsige Eichen (N-Gehalt der Blätter $<20 \text{ mg/g TM}$) mit grünen, mittelgroßen Blättern auf Sand-Standorten



Abb. 15: Mit Stickstoff gesättigte Eichen (N-Gehalt der Blätter $20\text{--}24 \text{ mg/g TM}$) mit dunkelgrünen, Blättern und dicht belaubten Kronen auf Sand-Standorten, meist ist bereits ein hoher Totastanteil vorhanden



Abb. 16: Stark geschädigte Eichen (N-Gehalt der Blätter $>25 \text{ mg/g TM}$), stark vergrast, durch Wasserstress zusätzlich geschädigt, auf Sand-Standorten

erhöhte Wasserbedarf und das verminderte Stickstoff-Aufnahmevermögen führen viel früher zu Schäden in diesen Beständen, da infolge des Stickstoff feintrages frühzeitig eine f ächige Vergrasung einsetzt, die aufgrund ihres hohen Wasserverbrauchs die Instabilität erhöht.

Zusätzlich zur visuellen Beurteilung der Bestände erfolgten 2007 und 2008 begleitende chemische bzw. biochemische Untersuchungen von jeweils 6 Bäumen in ausgewählten Kiefern- und Eichenuntersuchungsflächen. Die höchsten Stickstoff f-Nadelspiegelwerte aller untersuchten Kiefernflächen mit mehr als 25 mg N/g TM wurden in der Nähe einer Legehennenanlage mit Emissionswerten von 24 t/a nachgewiesen und waren somit signifikant höher als die Stickstoff-Nadelspiegelwerte der Kiefern, die in der Nähe einer Rindermastanlage mit Emissionswerten von 38 t/a standen (Abb. 17).

Im Ergebnis der Stickstoffassimilation wird der Pool an löslichen Aminosäuren stetig aufgefüllt. Innerhalb des Spektrums der löslichen Aminosäuren wird vor allem Arginin (bis zu 50% des Gesamtaminosäuregehaltes) angereichert. Darin ist sowohl eine Form der Stickstoffspeicherung als auch ein p f anzlicher Entgiftungsmechanismus zu sehen. Das enge C:N-Verhältnis qualifiziert diese Aminosäure

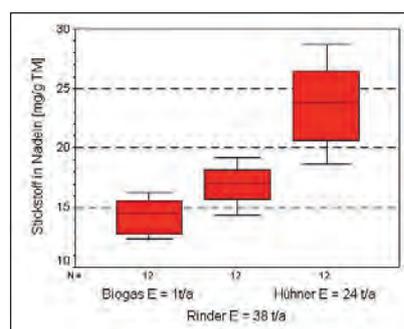


Abb. 17: Stickstoffgehalt in den vorjährigen Kiefernadeln in Abhängigkeit von der Emissionsquelle und -höhe

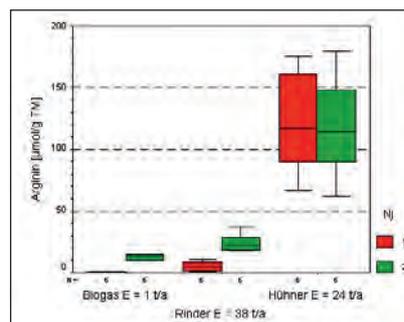


Abb. 18: Argininhalt in den beiden letztjährigen Kiefernadeln in Abhängigkeit von der Emissionsquelle und -höhe

zu einem effektiven Stickstofffänger und qualifiziert sie zu einem Indikator für die Stickstoffbelastung einer Pflanze (BECK et al. 2007). Korrelierend zu den N-Nadelspiegelwerten wurden mit mehr als 100 nmol Arginin/mg TM die höchsten Gehalte in den Nadeln in der Nähe der Legehennenanlage nachgewiesen (Abb. 18).

Die Stickstoffgehalte in den untersuchten Eichenblättern lagen in beiden Untersuchungsjahren zwischen 24 mg/g TM und 37 mg/g TM und damit deutlich höher als in den Nadeln der Kiefernbestände (Abb. 19).

In Stickstoff-unbeeinflussten Eichenblättern beträgt der Gehalt löslicher Aminosäuren 14–16 µmol/g TM. N-Belastung führt auch bei der Eiche zu einer vermehrten Synthese löslicher Aminosäuren, so dass die Aminosäuregehalte bis auf das 4-fache ansteigen können. Insgesamt sind jedoch die Aminosäuregehalte deutlich geringer als bei der Kiefer. Vergleichbar mit der Kiefer ist auch bei der Eiche eine verstärkte Argininsynthese in den Blättern nachweisbar, wobei jedoch die absoluten Gehalte weit unter denen in der Kiefer liegen (10 µmol/g TM bei der Eiche im Vergleich zur Kiefer mit 110 µmol/g TM) (Abb. 20).

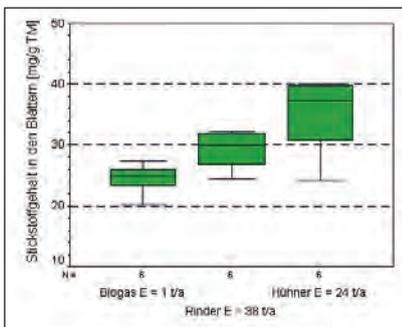


Abb. 19: Stickstoffgehalt in den Eichenblättern in Abhängigkeit von der Emissionsquelle und -höhe

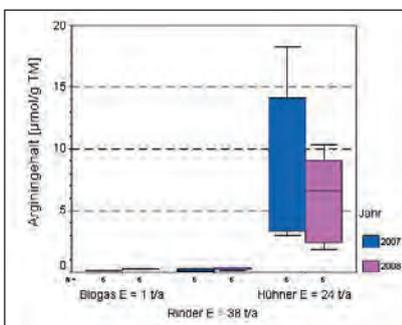


Abb. 20: Arginengehalt in den Eichenblättern in Abhängigkeit von der Emissionsquelle und -höhe

5 Handlungsempfehlungen für den Praktiker

Neben der Risikoabschätzung der Emittenten, der Bewertung der Wirkungen von Stickstofffeinträgen auf den Wald sind für den Praktiker vor allem die Handlungsoptionen von Interesse, die sich im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens anbieten. Nachfolgend sind einige Aspekte aufgeführt:

- Die Mitwirkung bei Genehmigungsverfahren als TÖB (Träger öffentlicher Belange). Dazu gehören Forderung nach Waldgutachten oder Nutzung des Einspruchsverfahrens.
- Waldumbau zu Mischbeständen, Förderung der Stickstoffverwertung durch die Bestände, Anbau von N-verträglichen Gehölzen.
- Waldrandgestaltung
- Aufbau von Immissionsschutzwald, bei bodennaher Lüftung auch Erdwälle und Schutzzäune.

- Schaffung nahezu geschlossener Stoffkreisläufe durch Aufbau von Kurzumtriebsplantagen (Energieholzanbau). Nachfolgend werden Empfehlungen für die Gestaltung von Immissionsschutzwald zusammenfassend dargestellt. Neben der rein praktischen Gestaltung sind allerdings auch weitere Aspekte von Immissionsschutzwald, wie forstliche Behandlung sowie rechtliche Bewertung der Flächen zu klären.

5.1 Immissionsschutzwald

Wälder weisen in Abhängigkeit von ihrer Baumartenzusammensetzung und Struktur eine große Oberflächenrauigkeit auf und sind dadurch ein effektiver Filter für Luftverunreinigungen. Sowohl trockene gas- und staubförmige Luftinhaltsstoffe als auch durch die Luftfeuchtigkeit gelöste Substanzen werden auf der Oberfläche der Blattorganen abgelagert, teilweise durch diese aufgenommen oder durch Niederschlagsereignisse wieder abgewaschen und letzten Endes in den Stoffkreislauf des Waldökosystems integriert. Die Einträge (Depositionen) in Waldbestände übertreffen die Freilandbeträge, abhängig von Baumart und Bestandesstruktur, um etwa das 1,5- bis 3-fache. Der Immissionsschutzwald soll folgende Wirkungen entfalten:

- Eingrenzung von Ammoniakimmissionen,
- Filtern und akkumulieren von Ammoniak und
- Reduzierung der Ammoniakmengen im Ferntransport.

5.1.1 Anlage von Immissionsschutzwald

Lage um die Tierhaltungsanlage (Immissionsquelle)

Die Geländeausdehnung der Schutzpflanzung um die Immissionsquelle wird von der durchschnittlichen jährlichen Windverteilung, dem standortspezifischen Ausbreitungsverhalten der Schadstoffe sowie der Entlüftungstechnologie der Tierhaltungsanlage (Giebel-, First- und/oder Schlotentlüftung) bestimmt. Unabhängig hiervon sollte, um sehr hoher Direkt-einträge von Stickstoff mit letaler Wirkung für die Schutzpflanzung zu vermeiden, ein gesondert bewirtschafteter Schutzstreifen zwischen Tierhaltungsanlage und Schutzpflanzung angelegt werden. Dieser etwa 30 bis 50 m breite Streifen ist mit schnell wachsenden Gehölzen (Energieholz) oder landwirtschaftlichen Kulturen zu bewirtschaften. Ziel ist es, hierbei in kurzen Zeiträumen möglichst viel Stickstoff zu akkumulieren und aus dem Ökosystem zu entfernen.

Horizontale und vertikale Struktur

Die aerodynamische Wirkungsweise sowie die Filterleistung der Schutzpflanzungen werden neben der Baum- und Strauchartenzusammensetzung maßgeblich durch ihren strukturellen Aufbau bestimmt. Grundsätzlich sind hierbei die Faktoren Schutzstreifentiefe und -höhe, vertikaler Schichtaufbau und Firstlinienform entscheidend. Die durch GRUNERT et al. (1984) durchgeführten Windkanal- und Freilanduntersuchungen dienten maßgeblich zur Ermittlung der effektiven strukturellen Merkmale von Schutzpflanzungen und der geeigneten Gehölzarten. Aufbauend auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen haben HOFMANN und GRÜNEBERG (1990) Filterwaldstreifen als waldbauliche Möglichkeit zur Minderung der Fremdstoffeinträge in Wäldern untersucht und beschrieben. Die im Folgenden beschriebene Methodik basiert maßgeblich auf den Untersuchungsergebnissen oben genannter Autoren sowie den

Empfehlungen des Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2005) zur Anlage von Immissionschutzwald.

Der Aufbau der Schutzpflanzung ist horizontal in drei Abschnitte gegliedert, welche sich in ihrer vertikalen Struktur unterscheiden.

I. Abschnitt (Frontstreifen)

Dieser ca. 30 m breite Abschnitt gliedert sich in einen lockeren Oberkronenraum bestehend aus Bäumen 1. Ordnung, einem mäßig lockeren Mittelkronenraum bestehend aus Bäumen 2. Ordnung sowie einem dichten bodennahen Raum bestehend aus Sträuchern.

Die rasch luvseitig bodennah eindringenden Luft (Giebel- und Firstentlüftung) wird abgebremst und aufwärts bis in den Oberkronenraum gelenkt und gefiltert.

II. Abschnitt (Mittelstreifen)

Dieser ca. 50 m breite Abschnitt besteht aus einem dicht geschlossenen Ober- und Mittelkronenraum mit einer geschlossenen Firstlinie.

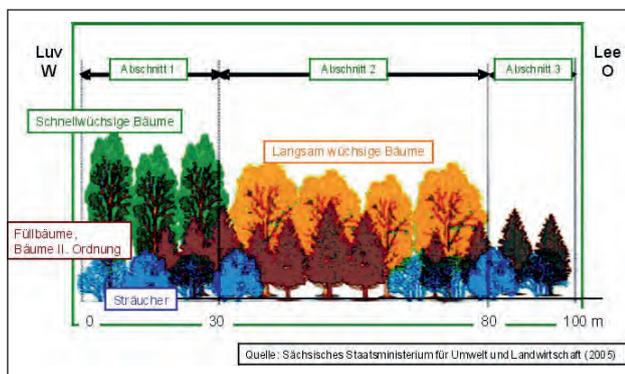


Abb. 21: Struktur eines Immissionsschutzwaldes

Die bereits durch den Frontstreifen abgesenkte Windgeschwindigkeit wird weiter verringert und führt, verbunden mit niedriger Turbulenzintensität, zum Heruntermischen der Luftmassen über den Mittelkronenraum bis in den bodennahen Bereich.

III. Abschnitt (Waldrand)

Der aus Bäumen 2. Ordnung und Sträuchern bestehende 10 bis 20 m breite Waldrand hat neben der Filterfunktion die Aufgabe, die vorgelagerten Abschnitte leeseitig vor allem gegen Windereignisse zu schützen.

5.1.2 Baum- und Straucharten

Um die optimale Form- und Dichtestrukturen von Immissionsschutzwäldern zu erreichen, müssen die Gehölzarten neben ihrer Schadstoffverträglichkeit, Standortseignung und Wuchsverhalten auch nach ihrem Vermögen Luftwiderstand zu leisten (Durchströmbbarkeit) und ihrer Aerosolfilterwirkung ausgewählt sowie in den einzelnen Abschnitten der Schutzpflanzung eingesetzt werden. Grundsätzlich werden diese Faktoren von der Kronenstruktur der Gehölze sowie der Fläche (m²/m³ Kronenraum) und Oberflächenrauigkeit ihrer Blattorgane beeinflusst. Darüber hinaus sind die Dichte, die Höhe und die Tiefe der Schutzstreifen bestimmend. Die von GRUNERT et al. (1984) ermittelten Werte des Durchströmungswiderstandes und des Filtervermögens der dichtesten Gehölzarten Feldahorn, Spätblühende Traubenkirsche, unterscheiden sich von den Werten der lockerer strukturierten Arten, wie z.B. Pappelarten, um das Zwei- bis Dreifache.

Tab. 1 zeigt eine Auswahl geeigneter Gehölze für die Anlage von Immissionsschutzwald um Tierhaltungsanlagen.

Kategorie	Arten	Wuchshöhe	Licht	optimale Pflanzengröße
Bäume I. Ordnung	Balsampappel	> 20 m	L	70–150 cm
	Robinie	20–30 m	L	100–120 cm
	Stieleiche	20–40 m	L	50–100 cm
	Roteiche	20–40 m	L	50–100 cm
	Spitzahorn	20–30 m	(L) - H	10–20 cm
	Schwarzkiefer	20–45 m	L	120–150 cm
Bäume II. Ordnung bzw. Sträucher	Feldahorn	3–15 m	H	120–150 cm
	Eschenahorn	5–20 m	L	120–150 cm
	Feuerahorn	3–6 m	L - H	80–100 cm
	Weißdorn	bis 10 m	L - (H)	80–100 cm
Sträucher	Pfaffenhütchen	1,7–6 m	L - S	80–100 cm
	Schwarzer Holunder	> 7 m	L - S	80–100 cm
	Roter Holunder	> 7 m	L - S	80–100 cm
	Europ. Feuerdorn	bis 7 m	L	80–100 cm
	Zaubernuss	bis 7 m	L - H	80–100 cm
	Falscher Jasmin	bis 7 m	L - (S)	80–100 cm
	Rainweide	bis 15 m	H - S	80–100 cm

Quelle: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2005)

Tab. 1: Gehölze für die Anlage von Immissionsschutzwald

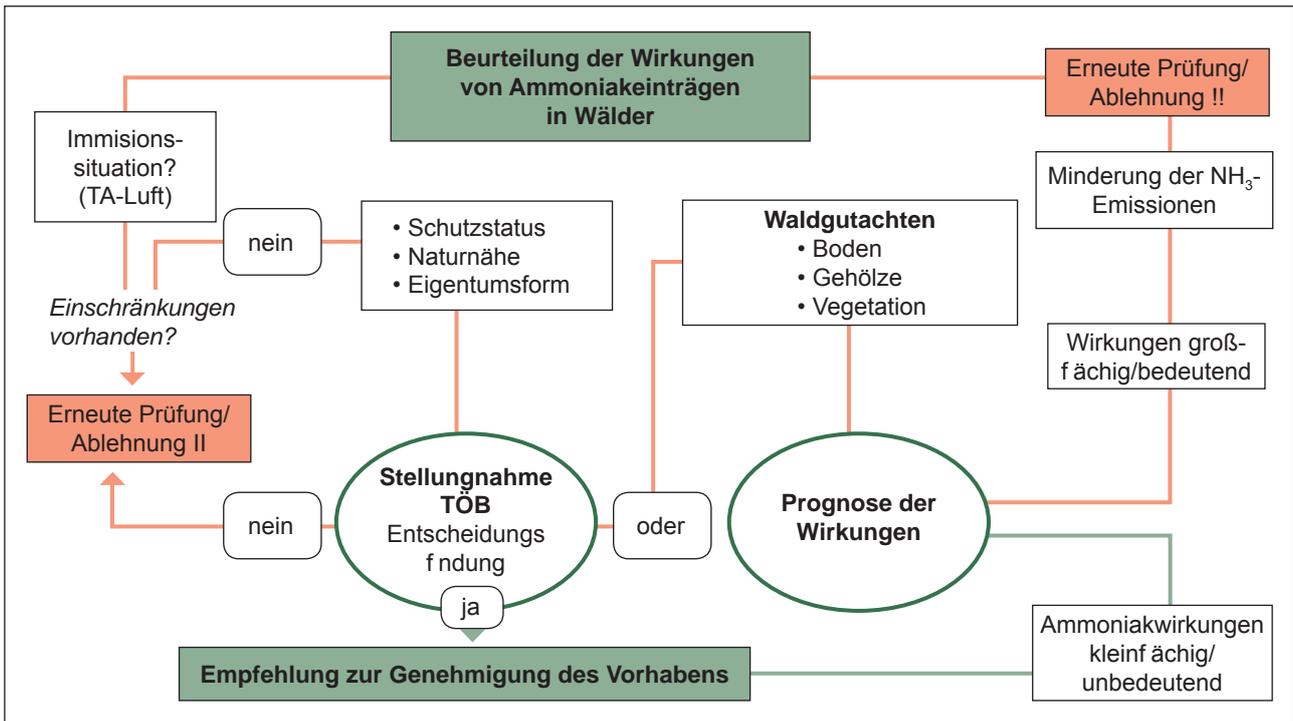


Abb. 22: Schematische Darstellung der Prüfschritte in einem Genehmigungsverfahren

5.2 Mitwirkung im Genehmigungsverfahren

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für Tierhaltungsanlagen werden die Ammoniakimmissionen mit den Auswirkungen auf Ökosysteme und empfindliche Pflanzen auf der Grundlage der TA-Luft 2002 beurteilt. Liegen Hinweise vor, dass Ökosysteme oder empfindliche Pflanzen gefährdet sind, werden die Forstbehörden, als TÖB durch das LUA in das Genehmigungsverfahren eingebunden. Hierbei sind durch die TÖB eine Reihe von Prüfschritten (Abb. 22) erforderlich, um Schäden in den Wäldern zu verhindern. Die praktische V erfahrungswise sollte folgende Schritte enthalten:

- Vorprüfung, Klärung der Emissionssituation im Großraum, Viehdichte u. w. nach TA-Luft. Vertiefende Erläuterungen sind im LAI-Papier enthalten.
- Fast zeitgleich sollten solche Fragen, wie Schutzstatus des Gebietes, Eigentumsform und Waldfunktion geprüft werden.

Gibt es hierbei keine Einschränkungen, kann aus forstlicher Sicht die Zustimmung erfolgen. Sind allerdings Gefährdungen des Waldes durch die geplante Tierhaltung zu erwarten, sollte der TÖB die Forderung nach einem Sachverständigengutachten stellen. Im Waldgutachten ist einerseits der aktuelle Zustand des Waldes im Untersuchungsgebiet (mindestens 1000 m Radius um die Anlage) zu dokumentieren und anhand der geplanten NH₃-Zusatzbelastung eine prognostische Einschätzung der zukünftigen Entwicklung des Waldes zu geben. Die Inhalte eines Waldgutachtens sind bei STROHBACH et al. (2003), STROHBACH (2007) und STROHBACH (2012 in Vorbereitung) beschrieben. Die Forstbehörde sollte im Rahmen des Waldgutachtens eng mit dem Sachverständigen zusammenarbeiten. Sind Möglichkeiten des Waldumbaus oder des Schutzes des Waldes durch den Aufbau von Immissionsschutzwald gegeben bzw. sind die zu erwartenden Schäden klein f ächig und unbedeutend,

kann das Vorhaben toleriert werden. Bei zu erwartenden groß f ächigen und wesentlichen Veränderungen sollte eine erneute Prüfung bzw. Ablehnung des Antrages erfolgen.

6 Fazit

Mit den vorliegenden Untersuchungen werden ausgewählte Aspekte zur sachgerechten Einschätzung und Beurteilung von Tierhaltungen in der Nähe von Wäldern dargestellt. Ausgehend von einer zunehmenden Industrialisierung der Landwirtschaft bestehen aktuell Wissensdefizite bei der Risikoabschätzung dieser Anlagen.

Die systematische Erfassung der Immissionen in unterschiedlicher Entfernung von den Anlagen ergab relativ enge Zusammenhänge zwischen der Quellstärke und der zu erwartenden mittleren Immissionskonzentration der Luft. Der Grenzwert der TA Luft von 10 µg/NH₃ m³ wird danach bereits bei Quellstärken von 5 t NH₃/a in 100 m Entfernung von den Ställen erreicht.

Deutliche Schäden in den Beständen werden bei Ammoniakkonzentrationen der Luft oberhalb von 15 µg/m³ nachgewiesen. Hohe bis sehr hohe Konzentrationen werden noch bis 500 m vom Emittenten gemessen. Neben der Modernisierung und Zunahme der Tierhaltungsanlagen in Brandenburg wurden in den vergangenen Jahren auch mehr als 150 Biogasanlagen errichtet. Diese Anlagen arbeiten umweltfreundlich und stellen hinsichtlich des N-Eintrages für den Wald kein erhöhtes Risiko dar.

Tendenziell wird im Umfeld von Tierhaltungen eine zunehmende Versauerung der Humusaufgaben festgestellt. Hier sind neue Konzepte für die Behandlung und Revitalisierung der Standorte erforderlich. Neben der visuellen Bewertung der Schadintensität in Beständen sind Untersuchungen der Blatt- oder Nadelspiegelwerte zur Beurteilung des aktuellen Schadensgeschehens geeignet. Aufgrund der Komplexität des

Schadgeschehens sind zur eindeutigen Identifizierung biochemische Untersuchungen erforderlich. So gilt die Aminosäure Arginin als der Indikator für die Kennzeichnung der Stickstoffbelastung der Gehölze.

Im Rahmen einer Vielzahl von Möglichkeiten zur Minderung der Stickstoffwirkungen stellt ein funktionsgerechter Immissionsschutzwald eine wirksame Möglichkeit dar, die Folgen von Emissionen zu mindern.

Literatur

- BECK, W.; LÖFFLER, S.; KÄTZEL, R. (2007):
Zum Einfluss von Stickstoffeinträgen auf Wachstum und Vitalität der Kiefer. Aus: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland - Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII. Eberswalde: Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.): 182–198.
- GRUNERT, F.; BENNDORF, D.; KLINGBEIL, K. (1984):
Neuere Ergebnisse zum Aufbau von Schutzpflanzungen. Beiträge für die Forstwirtschaft 18 (3): 108–115.
- HOFMANN, G.; GRÜNEBERG, H. (1990):
Filter-Waldstreifen – eine waldbauliche Möglichkeit zur Minderung der Fremdstoffeinträge in Bestände und Waldgebiete. Forstwirtschaft 40 (4): 110–112.
- HOFMANN, G.; HEINSDORF, D.; KRAUSS, H.-H. (1990):
Wirkung atmosphärischer Stickstoffeinträge auf Produktivität und Stabilität von Kiefern-Forstökosystemen. Beitr. Forstwirtsch. 24 (2): 50–73.
- KOPP, D.; NAGEL, H.D.; HENZE, C.H. (1995):
Ökologische Belastungsgrenzen (Critical Loads) der Waldnaturräume in Beispielsgebieten des nordostdeutschen Tieflandes gegenüber Stickstoff-, Säure- und Basendeposition. Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol. 29: 64–75.
- MATZNER, E., GROSSHOLZ, C. (1997):
Beziehung zwischen NO_3 -Austrägen, C/N-Verhältnissen der Aufägen und N-Einträgen. Forstw. Centralbl. 116: 39–44.
- SPANGENBERG, A. (2002):
Stickstoffbelastung an Waldrändern – Untersuchungen in südbayerischen Regionen mit hoher Ammoniakemission. Forstliche Forschungsberichte, München, Schriftenreihe des Wissenschaftszentrums Weihenstephan, Nr. 190.
- MOHR, K.; SUDA, J.; KIEHNE, S.; ARENDS, F.; LANDSCHEIDT, S.; PÜNJER, L.– S. (2011):
Untersuchungen zur Bewertung der Auswirkungen von Ammoniak- und Stickstoff-Depositionen auf Pflanzen und Ökosysteme im Nahbereich von Stallanlagen. Oldenburg, Forschungsbericht 117 S.
- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2005):
Immissionsschutzwald. Empfehlungen zur Anlage und Behandlung von Immissionsschutzwald um Tierproduktionsanlagen.
- STROHBACH, B.; DORN, S.; EINERT, P.; REGULIN, K.; WOHLFAHRT, T. (2003):
Handlungsrahmen zur Beurteilung von Waldökosystemen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen. Erarbeitet von der Arbeitsgruppe des MLUR „Immissionsschutz von Tieranlagen“, 43 S.
- STROHBACH, B. (2007):
Anforderungen an eine Einzelfallprüfung für das Schutzgut Wald (Waldgutachten). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. 29: 29–37.

Trieberkrankungen an Waldbäumen im Brennpunkt der forstlichen Phytopathologie

PAUL HEYDECK und CHRISTINE DAHMS

1 Einleitung

Seit den 1990er Jahren wird im nordostdeutschen Tiefland eine Zunahme von Trieberkrankungen an Waldbäumen – vorwiegend in Verbindung mit pilzlichen Pathogenen – beobachtet. Dieser Trend zeigt sich u. a. bei den mykologisch-diagnostischen Untersuchungen im Rahmen der Waldschutzberatung für die Dienststellen der Forstpraxis. Auffallend hoch war der Anteil mykologischer Befunde an Trieben im Jahr 2009 (Abb. 1). Auch die Zahlen des Forstschutzmeldeswesens dokumentieren für das zurückliegende Jahrzehnt in Brandenburg einen Anstieg der Schadfächengröße bei den Trieberkrankungen. Absterbeprozesse an Trieben stellen somit gegenwärtig einen markanten Arbeitsschwerpunkt innerhalb des forstpathologischen Aufgabenspektrums dar. Während die klassischen, seit langem bekannten Krankheitserreger nur lokal bzw. temporär in Erscheinung treten, haben früher unauffällige oder völlig neue pilzliche Pathogene enorm an Bedeutung gewonnen. Eine wesentliche Ursache dafür dürfte das gehäufte Auftreten von Witterungsextremen sein. Als typisches Beispiel für einen wärmeliebenden Pilz gilt der Erreger des „Diplodia-Triebsterbens“ (*Diplodia pinea* [Desm.] J. Kickx f.). Bedingt durch das wiederholte Vorkommen überdurchschnittlich warmer Sommer in der Zeit nach 1990 fand dieser in Mitteleuropa zunehmend bessere Entwicklungsbedingungen. Während das Diplodia-Triebsterben im Verlauf der Jahre mit unterschiedlicher Intensität regis-

triert wurde, hat sich das neuartige Eschentriebsterben (Erreger: *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. QUELOZ, C. R. GRÜNIG, R. BERNDT, T. KOWALSKI, T. N. SIEBER & O. HOLDENRIEDER) zu einem permanent schwerwiegenden Problem entwickelt. Das weitere Krankheitsgeschehen lässt sich gegenwärtig kaum prognostizieren.

2 Situation bei den klassischen Trieberkrankungen

2.1 Kieferntriebschwinden (Erreger: *Cenangium ferruginosum* Fr.)

Das Triebschwinden der Kiefer (auch „Kieferntriebsterben“ genannt) ist bereits seit langem bekannt. Mit der wissenschaftlichen Untersuchung dieser nur in größeren Zeitabständen wiederkehrenden Krankheit (Abb. 2) wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts begonnen, nachdem von 1891–93, besonders in den östlichen Teilen Deutschlands, starke und umfangreiche Absterbeerscheinungen an Kiefertrieben aufgetreten waren (vgl. SCHWARZ 1895). Danach wird ein epidemisches Vorkommen des Triebschwindens in Deutschland nur noch von 1926–28, 1933–34, 1959–60 sowie in Verbindung mit den extrem warmen und trockenen Vegetationsperioden der Jahre 1982–83 beobachtet (LIESE 1926, 1934, 1935; SCHOENWALD 1931, SOLL, zit. bei

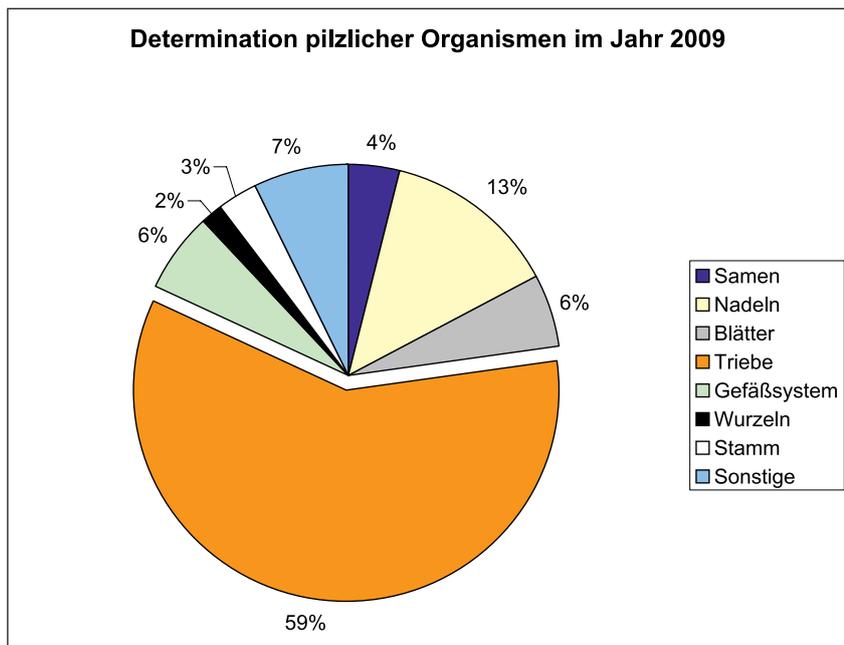


Abb. 1: Ergebnisse der Determination pilzlicher Schaderreger an eingesandten Pflanzenproben (Waldschutzberatung 2009)



Abb. 2: Symptome des Kieferntriebschwindens an *Pinus sylvestris*

LORENZ 1966; KESSLER 1984). Schon frühzeitig interessierte die Frage, unter welchen Umständen mit einem epidemischen Auftreten der Krankheit gerechnet werden muss. Akuter Wassermangel (Trockenstress in sommerlichen Dürreperioden) scheint der wichtigste prädisponierende Faktor zu sein. Allerdings kam es nur dann zu einer Epidemie, wenn sich der Pilz in der Zeit davor durch anhaltend feuchte Frühjahrswitterung intensiv reproduzieren konnte (Aufbau eines hohen Infektionsdruckes). Auch bestimmte Insektenarten, wie die Kiefernadelscheidengallmücke (*Thecodiplosis brachyntera* [SCHWAEGR.]) und die Nadelknickende Kiefern gallmücke (*Contarinia baeri* [PRELL]), schaffen offenbar bedeutsame Eintrittspforten für *C. ferruginosum* (vgl. LORENZ 1966, HARTMANN et al. 2007). Befallen werden Kiefern aller Altersklassen. Die parasitische Potenz von *C. ferruginosum* ist in der forstpathologischen Literatur aus verschiedenen Gründen wiederholt konträr diskutiert worden. Fest steht, dass der Pilz vorwiegend auf abgestorbenen Zweigen bzw. Ästen von *Pinus sylvestris*, *P. mugo*, *P. nigra* und anderen *Pinus*-Arten lebt. Unter bestimmten Voraussetzungen vermag er jedoch als Schwächeparasit lebende Bäume anzugreifen und die Vitalität von Kiefernbeständen spürbar zu beeinträchtigen. *Cenangium*-Epidemien sind wohl an kontinental getöntes Klima gebunden (vgl. C ECH und K REHAN 1991). Gegenwärtig werden im nordostdeutschen Tiefland kaum Symptome des Triebschwindens registriert. Statistisch betrachtet, ist der mittlere Zeitraum zwischen zwei epidemischen Ereignissen (in der Vergangenheit 20 bis 30 Jahre) allerdings verstrichen.

2.2 Scleroderris-Krankheit der Koniferen (Erreger: *Gremmeniella abietina* [LAGERB.] M. MORELET = *Scleroderris lagerbergii* GREMMEN), Nebenfruchtform: *Brunchorstia pinea* [P. KARST.] HÖHN.)

Der in Mitteleuropa seit mehr als einem Jahrhundert bekannte Krankheitserreger gehört zu den weltweit bedeu-

tendsten pilzlichen Pathogenen an Nadelbäumen (STEPHAN 1984). Betroffen ist bei uns vor allem die Schwarz-Kiefer (*Pinus nigra*) – vgl. Abb. 3. Ferner kann der Pilz zahlreiche weitere Koniferen infizieren (Abb. 4), darunter auch *Pinus sylvestris*. Forstwirtschaftlich relevante Schäden entstehen speziell im Dickungsstadium. In den Alpen kommt die Krankheit besonders auf *Pinus cembra* und *P. mugo* vor, wobei mit steigender Höhenlage eine Zunahme der Schäden feststellbar ist (vgl. N IERHAUS-WUNDERWALD 1996). In Skandinavien verursacht *G. abietina* umfangreiche Schäden an *Picea abies* (BARKLUND und ROWE 1981). Für ein epidemisches Auftreten benötigt der Pilz feucht-kühles Milieu. Solche Bedingungen finden sich besonders in Küstennähe sowie im Gebirge. Anhaltende Niederschläge, hohe Luftfeuchtigkeit und niedrige Temperaturen im Sommer fördern maßgeblich die Krankheitsentstehung. Kleinräumig bieten auch Geländevertiefungen (Muldenlagen) günstige Voraussetzungen für die Infektion. Die Scleroderris-Krankheit ist in Brandenburg zurzeit wenig auffällig. Schäden entstehen nur lokal und erreichen zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine wirtschaftlich fühlbare Dimension.

2.3 Kieferndrehrost (Erreger: *Melampsora pinitorqua* ROSTR. = *M. populnea* [PERS.] P. KARST.)

Die in Mitteleuropa hauptsächlich an Gemeiner Kiefer vorkommende, seltener auch andere *Pinus*-Arten schädigende Krankheit verursacht Entwicklungsstörungen (Deformationen) an Maitrieben junger Bäume bis zu einem Alter von ca. 10 Jahren – verbunden mit Krümmungen, Knospen- und Mehrgipfeligkeit (Abb. 5). *M. pinitorqua* gehört zu den wirtswechselnden Rostpilzen. Als Dikaryontenwirte fungieren Aspe (*Populus tremula*), Silber-Pappel (*P. alba*) und Grau-Pappel (*P. canescens*). Die Rückübertragung des Schaderregers auf die Kiefer erfolgt im Frühjahr durch Basidiosporen, wobei für das Gelingen der Infektion eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit und ausreichend Wärme erforderlich



Abb. 3: Scleroderris-Krankheit an Schwarz-Kiefer (*Pinus nigra*)



Abb. 4: Verharzte Knospen von Murray-Kiefer (*Pinus contorta* var. *latifolia*) nach Infektion durch *Gremmeniella abietina*



Abb. 5: Symptome des Kieferndrehrostes an Gemeiner Kiefer (Foto: K. MÖLLER)

sind. Pfanzungen in Niederungen bzw. Senken waren aufgrund der dort höheren Luftfeuchte stets stärker befallen (Troschanin, zit. bei Reigler 1957). Aufgrund der starken Abhängigkeit des Infektionserfolges vom Witterungsverlauf unterliegt die Schadenshöhe des Kieferndrehrostes erheblichen Schwankungen.

2.4 Nadel- und Trieberkrankungen durch Sclerophoma-Arten

Verursacher dieser an Nadeln und Triebspitzen verschiedener Koniferen vorkommenden Schäden (Abb. 6) ist meist die Art *Sclerophoma pithyophila* (Corda) Höhn. (Teleomorphe: *Sydowia polyspora* [Bref. & Tavel] E. Müll.). Diese lebt vorwiegend saprotroph auf abgestorbenem Pflanzenmaterial, kann aber auch vorgeschädigte Nadeln und Triebspitzen als Schwächeparasit besiedeln (vgl. Jahnel und Junghans 1957, Heydeck 1991). So findet man den Pilz auf abiotisch beeinträchtigten Bäumen sowie nach Insektschäden oder in Verbindung mit anderen Pilzinfektionen. *S. pithyophila* war im nordostdeutschen Tiefland besonders in den 1980er und 1990er Jahren an *Pinus sylvestris* auffällig geworden (Abb. 7). Nicht selten konzentrierten sich die Schäden in Immissionsbereichen. Daneben kann auch



Abb. 6: Triebspitzeninfektion durch *Sclerophoma pithyophila* an Gemeiner Kiefer (Foto: S. Plank)

die Art *Sclerophoma xenomeria* A. Funk (Teleomorphe: *Xenomeris abietis* M. E. Barr) pathogen an physiologisch beeinträchtigten Koniferen vorkommen. *S. xenomeria* gilt als „Schwächeparasit nach Trockenstress“, „vor allem in Weihnachtsbaumkulturen“ (Butin 2011).

3 Aktuelle Entwicklungen – neuartige Phänomene

3.1 Diplodia-Triebsterben an Kiefer (Erreger: *Diplodia pinea* [Desm.] J. Kickx f. = *Sphaeropsis sapinea* [Fr.] Dyko & B. Sutton)

Seit Mitte der 1990er Jahre wird im nordostdeutschen Tiefland ein verstärktes Auftreten des Diplodia-Kiefertriebsterbens beobachtet. Betroffen war zunächst die Schwarzkiefer (*Pinus nigra*), später zunehmend auch die Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris*). Seltener konnte *D. pinea* auf anderen Nadelbaumarten, wie Küsten-Tanne (*Abies grandis*), Europäische Lärche (*Larix decidua*), Gemeine Fichte (*Picea abies*), Serbische Fichte (*Picea omorika*), Murray-Kiefer (*Pinus contorta* var. *latifolia*), Schlangenhaut-Kiefer (*Pinus heldreichii*), Jeffrey-Kiefer (*Pinus jeffreyi*), Berg-Kiefer (*Pinus mugo*), Weymouths-Kiefer (*Pinus strobus*) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) identifiziert werden. Das erste fächige, wirtschaftlich relevante Vorkommen des Erregers im Bundesland Brandenburg wurde im Spätsommer 1994 festgestellt. Bei den geschädigten Bestockungen handelte es sich um Jungkulturen der Baumarten Gemeine Kiefer und Murray-Kiefer. Die Infektion der Triebe war durch Witterungsextreme stark begünstigt worden. So erreichte die Lufttemperatur nach intensiven Niederschlägen (Frühjahr 1994) in den Sommermonaten ungewöhnlich hohe Werte. An insgesamt 25 Tagen wurden mindestens 25 °C erreicht, an 15 Tagen waren es sogar mehr als 30 °C.

Die im Rahmen diagnostischer Untersuchungen am LFE erstellten Befunde bestätigen das vermehrte Auftreten von *D. pinea* als Krankheitserreger. Während der genannte Pilz bis zum Jahr 2000 an lediglich 11 Proben dokumentiert wurde, stieg die Zahl der bearbeiteten Schadensfälle in der Zeit danach deutlich an (Abb. 8). Analysen zur Intensität

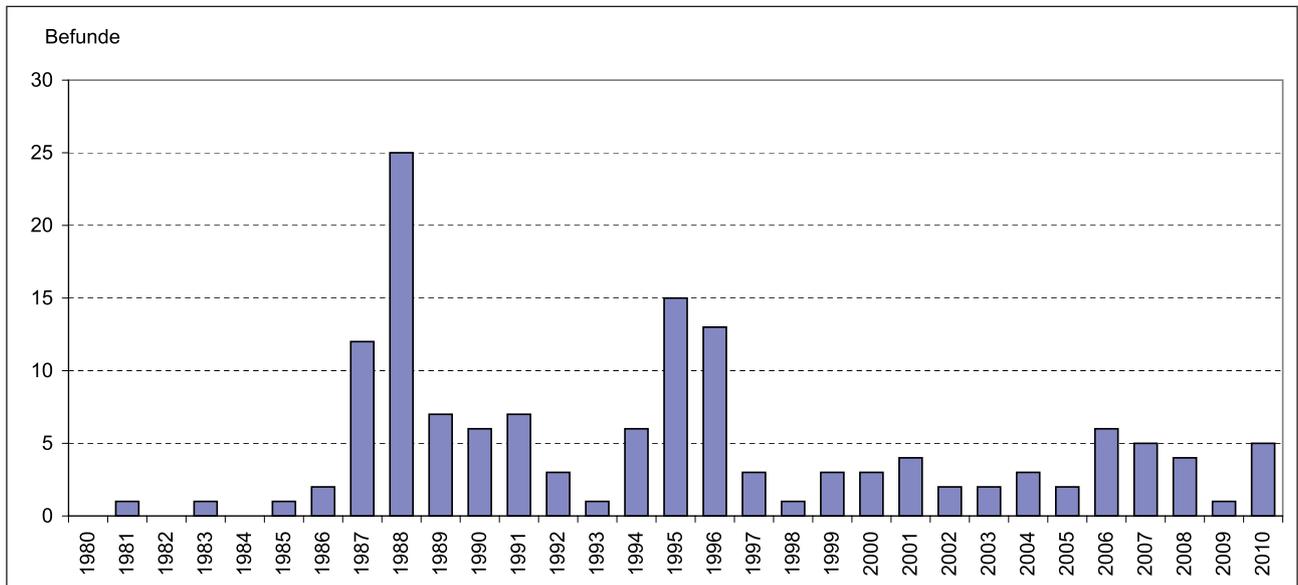


Abb. 7: Nachweis von *Sclerophoma* spp. an eingesandten Pflanzenproben (Waldschutzdiagnostik, LFE)

des Diplodia-Kieferntriebsterbens haben gezeigt, dass der Krankheitsverlauf in Abhängigkeit von den meteorogenen Faktoren beträchtlichen Schwankungen unterliegt. Schwerpunkte des Auftretens bildeten die Jahre 2004 und 2007 mit 13 bzw. 11 eingehend analysierten Schadereignissen. Nach den bisherigen Erfahrungen revitalisieren sich auch stärker befallene Kiefern oftmals gut. Hingegen ist mit schwerwiegenden Folgen (einschließlich Mortalität) zu rechnen, wenn über mehrere Jahre ein hoher Infektionsdruck besteht bzw. die Energiereserven der Bäume ausgeschöpft sind. Bei der Infektion können, neben einer Schwächung durch Wassermangel, auch Rindenverletzungen prädisponierend wirken (z. B. nach Hagelschlag) – vgl. Abb. 9 und 10. *D. pinea* ist ein weltweit verbreiteter, wärmeliebender Wund- und Schwächeparasit sowie Saprobiont, der bis vor einigen Jahren vorwiegend in subtropischen und tropischen Klimagebieten Triebsterben, Wipfeldürre und Rindenschäden an verschiedenen Koniferen verursachte. Der Pilz infiziert meist junges, noch nicht verholztes Gewebe der sich entfaltenden Triebe. Bemerkenswert ist, dass *D. pinea* verbreitet symptomlos als Endophyt – ohne erkennbare Schäden her-

vorzurufen – in lebenden Kieferntrieben vorkommt (LANGER et al. 2011). Erst nach einer Beeinträchtigung der Bäume (z. B. durch Wassermangel) vermag der Pilz pathogene Eigenschaften anzunehmen.

Bei Klimakammerversuchen zur Provenienz-Anfälligkeit von *Pinus sylvestris* gegenüber *Diplodia pinea* waren über den gesamten Versuchszeitraum (40 Tage) statistisch gesicherte Differenzen zwischen den vier getesteten Herkünften unterschiedlicher Topographie und Klimaeigenschaften feststellbar (SCHUMACHER und KEHR 2011). Die signifikant höchste Anfälligkeit zeigten die Pflanzen des Herkunftsgebietes „Hochmontane Alpen“. Als nachgeordnet erwiesen sich die Herkünfte „Mitteldeutsches Hügelland“, „Mittel- und Ostdeutsches Tiefland“ sowie „Oberrheingraben“. Somit scheint die Anfälligkeit gegenüber dem Krankheitserreger umso größer zu sein, je rauer die Klimabedingungen am Herkunftsstandort sind und je geringer damit die Wüchsigkeit der Pflanzen ist. Angesichts der prognostizierten Klimaänderungen (Temperaturanstieg, Niederschlagskonzentration im Winterhalbjahr, Dürreperioden während der Vegetationszeit) ist zu erwarten, dass die Bedeutung des thermophilen Pilzes *D. pinea* weiter zunimmt. Möglicherweise ist der Anbau von Kiefern-Arten deshalb zukünftig mit einem größeren Risiko behaftet. Die Auswahl geeigneter Provenienzen könnte somit einen entscheidenden Beitrag zur Schadensabwehr leisten.

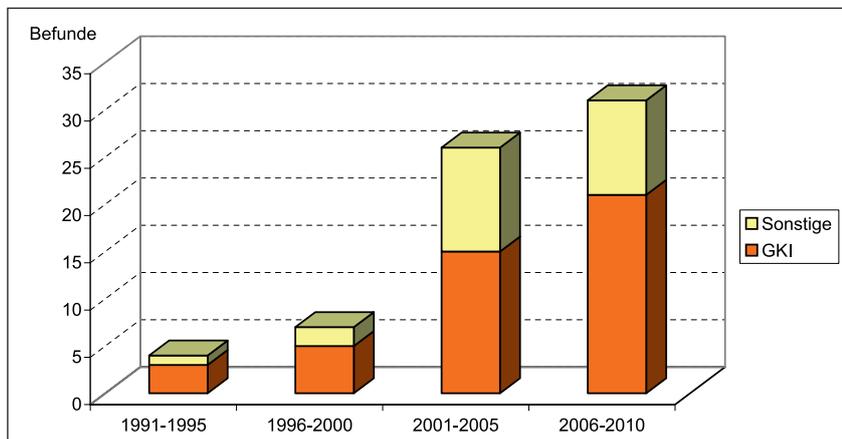


Abb. 8: Nachweis von *Diplodia pinea* an untersuchten Pflanzenproben (Waldschutzdiagnostik, LFE)

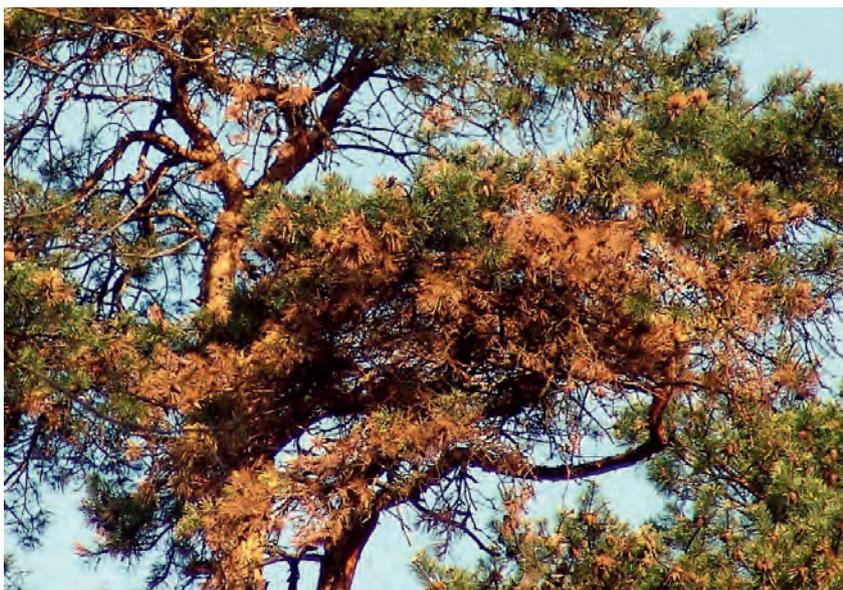


Abb. 9: Symptome des *Diplodia*-Triebsterbens an Gemeiner Kiefer



Abb. 10: *Diplodia*-Triebsterben nach massiver abiotischer Beeinträchtigung (Hagelschlag)

3.2 Eschentriebsterben (Erreger: *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. QUELOZ, C. R. GRÜNIG, R. BERNDT, T. KOWALSKI, T. N. SIEBER & O. HOLDENRIEDER; Nebenfruchtform: *Chalara fraxinea* T. KOWALSKI)

Das Eschentriebsterben hat sich in allen Landschaftsbereichen des nordostdeutschen Tieflands binnen weniger Jahre umfangreich etabliert. So entfallen im Jahr 2009 ca. 80 % der im Forstschutzmeldewesen für die Kategorie Trieberkrankungen ermittelten Schadfäche auf die Gemeine Esche (Land Brandenburg). Betroffen sind sowohl Jungpflanzen als auch heranwachsende und ältere Bäume in Waldbeständen sowie in der offenen Landschaft. Inzwischen stellt die zuerst in Polen (KOWALSKI 2001, PRZYBYL 2002) und Nordosteuropa (JODVALKIS und VASILIAUSKAS 2002, BARKLUND 2005, BAKYS et al. 2009) beobachtete Krankheit für die Gemeine Esche eine ernste Bedrohung dar (rasante Ausbreitung über Mitteleuropa). Geschädigt werden nicht nur gepflanzte, sondern auch natürlich verjüngte Bäume. Im nordostdeutschen Tiefland wurden erste Symptome im Jahr 2002 registriert (vgl. HEYDECK et al. 2005). Zu dieser

Zeit lagen noch keine gesicherten Erkenntnisse über die Ursachen dieses neuartigen Phänomens vor. Kaum jemand hatte damals eine Vorstellung von der Dimension, welche die Krankheit in den darauf folgenden Jahren erreichen sollte. Anfangs konzentrierten sich die Schäden auf jüngere Eschen (Abb. 11 und 12), von denen viele schon nach wenigen Jahren abstarben. Zunehmend erkrankten dann aber auch ältere Bäume, welche eine deutliche Auflichtung der Kronen erkennen lassen (Abb. 13). Das betroffene Rindengewebe zeigt eine blass ockergelbliche, stellenweise auch violettbraune oder kupferförmliche Färbung (Abb. 14). In der Vegetationsperiode kommen weitere Symptome, wie plötzliche Welke, Blattverbräunungen und vorzeitiger Blattfall, hinzu. Erst im Jahr 2006 wurde aus erkrankten Eschen ein bis dahin unbekanntes ungeschlechtliches Entwicklungsstadium eines Kleinpilzes isoliert und unter dem Namen *Chalara fraxinea* beschrieben (KOWALSKI 2006) – vgl. Abb. 15. Seitdem wird dieser Pilz als primärer Verursacher des neuen Triebsterbens angesehen. Auf der Suche nach dem dazugehörigen geschlechtlichen Entwicklungsstadium („Hauptfruchtform“) ging man zunächst davon aus, dass



Abb. 11: Schwer erkrankte Jungesche mit abgestorbenen Trieben



Abb. 12: Symptome des Eschentriebsterbens an einem heranwachsenden Baum



Abb. 14: Erkrankter Trieb mit kupferförmlicher Verfärbung



Abb. 13: Altesche mit deutlicher Kronenverlichtung



Abb. 15: Nebenfruchtform (*Chalara fraxinea*) im mikroskopischen Präparat

C. fraxinea zu dem schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannten Schlauchpilz *Hymenoscyphus albidus* (GILLET) W. PHILLIPS („Weißes Stängelbecherchen“) gehört (KOWALSKI und HOLDENRIEDER 2009). Bisher galt dieser jedoch als harmloser Saprobiont „auf abgefallenen vorjährigen Blattstielen von *Fraxinus* (Esche)“ (BREITENBACH und KRÄNZLIN 1984). Zwangsläufig stellte sich die Frage, warum dieser Pilz jetzt über pathogene Eigenschaften verfügt und lebende Eschen zu besiedeln vermag. Zur Klärung des Problems wurden in der Schweiz weitergehende molekulargenetische Analysen durchgeführt. Dabei konnte festgestellt werden, dass es sich bei dem Krankheitserreger nicht um *H. albidus* handelt, sondern um einen morphologisch kaum abgrenzbaren „Doppelgänger“ des Pilzes (QUELOZ et al. 2010). Letzterer wurde als neue Spezies unter dem Namen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* („Falsches Weißes Stängelbecherchen“) beschrieben. Offenbar hat sich aus der bekannten Art *H. albidus* eine neue, pathogene „Schwesterart“ entwickelt.

H. pseudoalbidus dringt während des Sommers über die Assimilationsorgane (Blätter, Blattstiele, Knospen), vielleicht auch über die Lentizellen, in den inneren Bereich des Holzkörpers mit geringem Abwehrvermögen vor (innerer

Splint, Reifholz, Mark). Von dort breitet sich der Pilz bei zunehmender Schwächung des Wirtes in alle Richtungen aus, wobei zur Ernährung vorwiegend Primärmetabolite (Fette, Stärke) genutzt werden. Daneben besitzt *H. pseudoalbidus* eine allerdings nur schwach entwickelte Fähigkeit zum Holzabbau (SCHUMACHER et al. 2010 a, b). Sobald der Erreger die äußeren Zellschichten des verholzten Gewebes (Kambium, lebende Rinde) erreicht, entstehen die oberflächlichen, okular erkennbaren Rindenverfärbungen. Die plötzliche Triebwelke wird offenbar durch pilzspezifische Toxine (Viridin, Viridiol) ausgelöst (GRAD et al. 2009, ANDERSON et al. 2010). Das Myzel des Krankheitserregers kann sich auch außerhalb der Vegetationsperiode im Holz weiter ausbreiten. Auf der Oberfläche erkrankter Triebe bzw. geschädigter Rindenpartien findet man sehr oft Fruchtkörper pilzlicher Wund- und Schwächeparasiten. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um die Kleinpilze *Diplodia mutila* (FR.: FR.) MONT. und *Phomopsis* sp. Auf stärker erkrankten Eschen etablieren sich rasch weitere sekundäre Arten, wie Wurzel- und Stammfäule verursachende Großpilze. Diese können das Stammholz in relativ kurzer Zeit durch Weiß- oder Braunfäule abbauen. Dadurch wird die Bruch- bzw. Wurfgefahr drastisch erhöht. Speziell den Hallimasch-



Abb. 16: Hallimasch-Fruchtkörper (*Armillaria mellea* s. l.)



Abb. 17: Apothecien der Hauptfruchtform (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*)



Abb. 18: Stark geschädigte und vitale Eschen in unmittelbarer Nachbarschaft



Abb. 19: Triebschäden an Robinie in einer Ackeraufforstung



Abb. 20: Rindennekrosen mit Konidienlagern von *Fusarium* sp.



Abb. 21: Konidiosporen von *Fusarium* sp. im mikroskopischen Präparat

Arten (*Armillaria mellea* s. l.) kommt in diesem Zusammenhang Bedeutung zu (VASAITIS 2010) – vgl. Abb. 16.

Gegenwärtig ist nicht abschätzbar, wie sich das Krankheitsgeschehen weiter entwickeln wird. Es kann deshalb nur empfohlen werden, bei Neupflanzungen unter Berücksichtigung des Standortes auf andere Baumarten auszuweichen. Als Reaktion auf die Besorgnis erregende Ausbreitung des Eschentriebsterbens hat der Landesbetrieb Forst Brandenburg im September 2009 bis auf weiteres ein Anbauverbot für die Gemeine Esche im Landeswald angeordnet. BERGER et al. (2010) konnten bei Untersuchungen in Mecklenburg-Vorpommern nachweisen, dass Eschen auf Nassstandorten insgesamt deutlich stärker geschädigt sind als solche auf wechselfeuchten und terrestrischen Standorten. Da die Infektion ausschließlich von der Hauptfruchtform (Apothecien an Blattspindeln in der Streu) ausgeht (Abb. 17), stellen erkrankte Bäume keine unmittelbare Infektionsquelle dar. Somit ist in Waldbeständen eine frühzeitige Entnahme bzw. Entsorgung solcher Eschen nicht erforderlich. Dagegen sollten stärker geschädigte, abgängige Alteschen sowie Wertholzstämme wegen der drohenden Besiedelung durch Wurzel- und Stammfäuleerreger oder Insekten – gegebenenfalls auch aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht – rechtzeitig entnommen werden (vgl. hierzu auch LENZ et al. 2012).

Gelegentlich ist zu beobachten, dass inmitten einer Vielzahl stark geschädigter Eschen einzelne Exemplare vorkommen, die nur geringe oder überhaupt keine Symptome der Krankheit aufweisen (Abb. 18). Dieser kleine Anteil vital gebliebener Bäume könnte die Basis für den Fortbestand der Gemeinen Esche bilden. Solche resistent erscheinenden Bäume sollten deshalb bewusst gefördert werden.

3.3 Trieb- und Rindenschäden durch *Fusarium*-Arten

Im Jahr 2011 wurde auf zwei Erstauf forstungsflächen im südlichen Teil Brandenburgs ein auffälliges Zurücksterben junger, bis dahin gut wüchsiger Robinien (*Robinia pseudo-acacia* L.) festgestellt. Bei einer ersten Besichtigung der Pflanzungen im Juni 2011 hatten die ältesten, inzwischen fünfjährigen Bäume bereits eine Höhe von ca. 4 m erreicht. In für Untersuchungszwecke ausgewählten Flächenbereichen waren zu diesem Zeitpunkt 5 bis 10% der Robinien sichtbar geschädigt (Abb. 19). Auf erkranktem Gewebe von Trieben bzw. Rinde fanden sich regelmäßig Entwicklungsstadien eines Kleinpilzes aus der Formgattung *Fusarium* (Abb. 20–21). Im Verlauf einer erneuten Flächenbegehung im Herbst 2011 war zwar eine merkliche Kompensation der Schäden erkennbar, doch ließen sich bei gezielter Suche an zurücksterbenden Triebspitzen zahlreicher Bäume Infektionen durch *Fusarium* sp. und *Nectria cinnabarina* (TODE) FR. (Rotpustelpilz) nachweisen.

In Brandenburg wurde Befall durch *Fusarium*-Arten an Robinie in diesem Ausmaß bisher noch nicht beobachtet. ZASPEL und NIRENBERG (2002) berichten allerdings über Rindennekrosen an 1 bis 3 Jahre alten Robinien (Ostbrandenburg, Lausitz). Auch aus Ungarn gibt es Mitteilungen über Absterbeprozesse an jungen Robinien (HALÁSZ 2002). Die Untersuchungen auf den Brandenburger Flächen sind noch nicht abgeschlossen. Gegenwärtig wird geprüft, ob es sich vordergründig um eine sortenspezifische Anfälligkeit handelt oder prädisponierende Umstände zu der Schädigung geführt haben.

4 Fazit

Beispiele zum aktuellen Auftreten von Trieberkrankungen an Waldbäumen zeigen, dass sich die Struktur forstpathologisch relevanter pilzlicher Pathogene in den zurückliegenden Jahren merklich verändert hat. So sind einige bisher unauffällige, wenig bedeutsame Pilzarten heute imstande, umfangreiche Schäden an Gehölzen auszulösen. Hinzu kommen neue, bisher noch nicht bekannte Spezies. Wo liegen die Ursachen? Diskutiert wird eine Beeinflussung der Lebensfähigkeit von Bäumen und Mikroorganismen durch wiederholt aufgetretene Witterungsextreme. Die Faktoren des Klimawandels wirken sich auf alle Elemente des Waldökosystems aus – mit weit reichenden Folgen. Schwerwiegend ist offenbar die Modifikation bestehender Gleichgewichte. Hiervon betroffen sind sowohl die bestehenden Wirt-Parasit-Interaktionen als auch die vielfältigen, sensiblen Wechselbeziehungen zwischen Bäumen und mikrobiellen Begleitern. Hält die seit einem Vierteljahrhundert registrierte Häufung von Witterungsextremen an, muss mit weiteren Veränderungen gerechnet werden, so mit einem verstärkten Auftreten wärmeliebender (thermophiler) Krankheitserreger.

Literatur

- ANDERSSON, P. F.; JOHANSSON, S. B. K.; STENLID, J.; BROBERG, A. (2010): Isolation, identification and necrotic activity of viridiol from *Chalara fraxinea*, the fungus responsible for die-back of ash. For. Path., 40: 43–46 (doi: 10.1111/j.1439-0329.2009.00605.x).
- BAKYS, R.; VASAITIS, R.; BARKLUND, P.; IHRMARK, K.; STENLID, J. (2009): Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. Plant Pathology, 58: 284–292 (doi: 10.1111/j.1365-3059.2008.01977.x).
- BARKLUND, P. (2005): Ash dieback takes over south and mid-Sweden. SkogsEko, Nr. 3: 11–13 (in Schwedisch).
- BARKLUND, P.; ROWE, J. (1981): *Gremmeniella abietina* (*Scleroderris lagerbergii*), a primary parasite in a Norway spruce die-back. Eur. J. For. Path., 11: 97–108.
- BERGER, R.; HEYDECK, P.; BAUMGART, A.; ROLOFF, A. (2010): Neue Ergebnisse zum Eschentriebsterben. AFZ-Der Wald, 65 (4): 18–21.
- BREITENBACH, J.; KRÄNZLIN, F. (1984): Pilze der Schweiz. Bd. 1 (Ascomyceten). Luzern: Mykologia.
- BUTIN, H. (2011): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 4. Aufl. Stuttgart: Ulmer.
- CECH, T.; KREHAN, H. (1991): Cenangium-Kiefernsterben in Ostösterreich. Forstschutz aktuell, Nr. 6 (2): 1–4. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien, Inst. f. Forstschutz.

- GRAD, B.; KOWALSKI, T.; KRAJ, W. (2009):
Studies on secondary metabolite produced by *Chalara fraxinea* and its phytotoxic influence on *Fraxinus excelsior*. *Phytopathologia*, 54: 61–69.
- HALÁSZ, G. (2002):
Canker and wilt of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) caused by *Fusarium* species. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 49 (2–3): 249–260.
- HARTMANN, G.; NIENHAUS, F.; BUTIN, H. (2007):
Farbatlas Waldschäden. Diagnose von Baumkrankheiten. 3. Auf. Stuttgart: Ulmer.
- HEYDECK, P. (1991):
Nadelschädigung und Triebsterben in Verbindung mit *Sclerophoma pithyophila* (CORDA) HÖHN. *Der Wald*, 41 (4): 142.
- HEYDECK, P.; BEMMANN, M.; KONTZOG, H. G. (2005):
Triebsterben an Gemeiner Esche (*Fraxinus excelsior*) im nordostdeutschen Tiefland. *Forst und Holz*, 60, 12: 505–506.
- JAHNEL, H.; JUNGHANS, B. (1957):
Über eine wenig bekannte Kieferkrankheit (*Sclerophoma pityophila*). *Forstw. Cbl.*, 76 (5/6): 129–132.
- JUODVALKIS, A.; VASILIAUSKAS, A. (2002):
The extend and possible causes of dieback of ash stands in Lithuania. *LŽŪU Mokslo Darbai. Biomedicinos Mokslo*, Nr. 56: 17–22 (in Litauisch).
- KESSLER, W. (1984):
Kiefertriebsterben. Information der Hauptstelle für Forstpflanzenschutz (n.p.). Institut für Forstwissenschaften Eberswalde.
- KOWALSKI, T. (2001):
O zamieraniu jesionów (Über das Eschensterben). *Trybuna Leśnika*, Nr. 4/359: 6–7.
- KOWALSKI, T. (2006):
Chalara fraxinea sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *For. Path.*, 36: 264–270.
- KOWALSKI, T.; HOLDENRIEDER, O. (2009):
The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. *For. Path.*, 39: 304–308.
- LANGER, G.; BRESSEM, U.; HABERMANN, M. (2011):
Diplodia-Triebsterben der Kiefer und endophytischer Nachweis des Erregers *Sphaeropsis sapinea*. *AFZ-Der Wald*, 66 (11): 28–31.
- LENZ, H.; STRASSER, L.; BAUMANN, M.; BAIER, U. (2012):
Boniturschlüssel zur Einstufung der Vitalität von Alteschen. *AFZ-Der Wald*, 67: 18–19.
- LIESE, J. (1926):
Die *Cenangium*-Erkrankung der Kiefer im Frühjahr 1926. *Deutsche Forstzeitung*, 41: 667–669.
- LIESE, J. (1934):
Starkes Triebsterben der Kiefer in Norddeutschland. *Deutscher Forstwirt*, 16: 359.
- LIESE, J. (1935):
Zum Triebsterben der Kiefer. *Deutscher Forstwirt*, 17: 381–383.
- LORENZ, I. (1966):
Ein Beitrag zu den Infektions- und Erkrankungsbedingungen des Kiefertriebsterbens (*Cenangium ferruginosum* Fr.). *Archiv für Forstwesen*, 15: 725–734.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D. (1996):
Pilzkrankheiten in Hochlagen. Biologie und Befallsmerkmale. *Wald und Holz*, 77: 18–24.
- PRZYBYŁ, K. (2002):
Fungi associated with necrotic apical parts of *Fraxinus excelsior* shoots. *For. Path.*, 32: 387–394.
- QUELOZ, V.; GRÜNIG, C. R.; BERNDT, R.; KOWALSKI, T.; SIEBER, T. N.; HOLDENRIEDER, O. (2011):
Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. *For. Path.*, 41: 133–142 (doi: 10.1111/j.1439-0329.2010.00645.x).
- REGLER, W. (1957):
Der Kieferndrehrost (*Melampsora pinitorqua*), eine wirtschaftlich wichtige Infektionskrankheit der Gattung *Pinus*. *Wissenschaftliche Abhandlungen, Nr. 27. Beiträge zur Pappelforschung II.* AdL Berlin.
- SCHOENWALD, R. (1931):
Wahrnehmungen über das Triebschwinden der Kiefer (*Cenangium abietis*) in den Jahren 1926/28. *Deutsche Forstzeitung*, 46: 484–485.
- SCHUMACHER, J.; KEHR, R. (2011):
Aktuelle Bedeutung des *Diplodia*-Triebsterbens an Kiefern (Erreger: *Diplodia pinea*) in Deutschland und Ansätze für eine Schadensbegrenzung. *Jahrbuch der Baumpflege*: 147–158.
- SCHUMACHER, J.; KEHR, R.; LEONHARD, S. (2010 a):
Mycological and histological investigations of *Fraxinus excelsior* nursery saplings naturally infected by *Chalara fraxinea*. *For. Path.*, 40: 419–429.
- SCHUMACHER, J.; KEHR, R.; LEONHARD, S.; WULF, A. (2010 b):
Neue Erkenntnisse zur Pathogenese des Triebsterbens an Esche (*Fraxinus excelsior*). *Journal für Kulturpflanzen*, 62 (1): 1–8.
- SCHUMACHER, J.; WULF, A. & S. LEONHARD (2007):
Erster Nachweis von *Chalara fraxinea* T. KOWALSKI sp. nov. in Deutschland - ein Verursacher neuartiger Schäden an Esche. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 59: 121–123.
- SCHWARZ, F. (1895):
Die Erkrankung der Kiefern durch *Cenangium Abietis*. *Beitrag zur Geschichte einer Pilzepidemie.* Jena: Fischer.

STEPHAN, B. R. (1984):

Die Scleroderris-Krankheit an Nadelholzarten in Europa, Nordamerika und Japan. AFZ-Der Wald, 39: 849–851.

ZASPEL, I.; NIRENBERG, H. I. (2002):

Zum Auftreten von Rindenschäden bei *Robinia pseudo-acacia* L. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 54 (5): 105– 109.

Der langfristige Durchforstungsversuch „PEITZ 150“: Forschungsbeitrag zum Wachstum der Gemeinen Kiefer auf nährkraftschwachen Böden im Land Brandenburg unter dem Einfluss von Standortwandel und Durchforstung

MATTHIAS NOACK

1. Einleitung

Die Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) ist die wichtigste Wirtschaftsbaumart im Land Brandenburg. Mit einer Gesamtfläche von ca. 714.000 ha nimmt sie 78 % der Holzbofläche ein und wächst zu 80 % in Reinbeständen. Ihre Hauptverbreitung liegt im Bereich der grundwasserfernen und zugleich nährstoffärmeren Standorte. Allein 52,6 % der Kiefern-Oberstandsfläche stocken auf Böden armer bis ziemlich armer Trophie (MÜLLER 2007).

Die dieses Standortsegment prägenden Bodenformen bestehen vorwiegend aus sandigen und kiesigen Lockergesteinsablagerungen der Weichsel- bzw. Warthekaltzeit. Ihre eingeschränkte Fruchtbarkeit ist dabei nicht nur auf die relativ ungünstigen pedogenen Trophie- und Sorptionseigenschaften zurückzuführen, sondern auch auf die teilweise jahrhundertlang vom Menschen negativ beeinflussten Humusmerkmale. Die Kiefer bildet auf diesen Böden zwar naturnahe, aber aufgrund ihres geringen allgemeinen Ertragsniveaus auch ertragskundlich leistungsschwache Wald- und Forstgesellschaften. Deren mittlere Nettoprimärproduktion (Tabelle 1) entspricht nur dem 66 % igen Leistungsniveau potenziell-natürlicher Buchenwälder (9,0 t/ha) bzw. dem 82 % igen Leistungsniveau potenziell-natürlicher Eichen-Hainbuchenwälder (7,2 t/ha) des Nordostdeutschen Tiefandes (Quelle: HOFMANN 1985) und schränkt somit die Ertragsfähigkeit betroffener Forstbetriebe erheblich ein.

Kiefern-Ökosystemtyp	Altersdurchschnitts-Nettoprimärproduktion [t/ha]
Blaubeer-Kiefernforst	7,2
Drahtschmielen-Kiefernforst	7,1
Schafschwingel-Kiefernforst	6,2
Hagermoos-Kiefernforst	5,6
Beerkraut-Kiefernwald	5,4
Heidekraut-Kiefernwald	5,0
Flechten-Kiefernwald	4,9

Tabelle 1: Nettoprimärproduktion an oberirdischer Pflanzentrockenmasse von Kiefernwäldern und -forsten oligotropher Standorte Nordostdeutschlands im Produktionszeitraum von 100 Jahren (gemäß HOFMANN 2001)

Zur Leistungsbeurteilung dieser ausgesprochen mattwüchsigen, in Nordostdeutschland jedoch flächenbedeutsamen Kiefernökosysteme erweiterte WIEDEMANN (1943 a) den Ertragstafelrahmen von SCHWAPPACH (1908) erheblich nach unten. Die Höhenbonitäten V. und VI. repräsentierten fort-

an das Wachstum der schlechtesten Kiefernbestände Ostdeutschlands mit durchschnittlichen Gesamtzuwächsen im Alter 100 Jahre (dGZ_{100}) von nur 3,3 m³/ha bzw. 1,1 m³/ha.

Diese geringe biotische Ertragsfähigkeit bedingt zwingend einen rationellen Waldbau, der neben der prioritären Erziehung vitaler und stabiler Produktionseinheiten eine möglichst starke Dendromassesynthese anstrebt und zugleich das begrenzte Wertschöpfungspotenzial konsequent abschöpft. Werden dabei die ökologischen Eigenschaften der Kiefer als Licht- und Pionierbaumart sowie die ökosystemaren Leitprozesse natürlicher Kiefernwälder berücksichtigt, lassen sich die biologischen Gratiskräfte insbesondere zur endogenen Selbstregulation, Selbstregeneration und Eigenstabilisierung der Ökosysteme umfassend nutzen und somit der forstliche Regulierungsaufwand wirkungsvoll minimieren.

Zur Erkundung dieser ökologischen Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen dem Standort und der Waldvegetation unterhält das langfristige Versuchsflächenwesen am Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde [LFE] exakte Versuchsanlagen mit mittlerweile jahrzehntelangen Datenreihen. Nach dem modernen Prinzip der transdisziplinären Waldkundeforschung und unter Beachtung des altbewährten Eberswalder Leitmotivs „Forstwissenschaft für die Forstpraxis“ werden biomathematisch fundierte Erkenntnisse bereitgestellt. Sie sollen Produktivitätsvergleiche und Effektivitätseinschätzungen waldbaulicher Maßnahmen ermöglichen, aber vor allem eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige Ausnutzung der natürlichen Standortproduktivkräfte im Rahmen der forstlichen Produktion fördern.

2. Versuchsbeschreibung und Grundlagenmaterial

Der nachfolgende Ergebnisbericht basiert auf dem von Prof. Dr. EILHARD WIEDEMANN im Jahre 1929 begründeten Kiefern-Durchforstungsversuch „PEITZ 150“. Dieser befindet sich auf dem Reicherskreuzer Sander des Brandenburger Stadiums der Weichsel-Vereisung (Jungpleistozän) und zählt zum Wuchsgebiet „Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland“, Wuchsbezirk „Beeskower Platte“.

Aus makroklimatischer und bodenkundlicher Sicht ist der Standort für ca. 50 % der Waldfläche des Landes Brandenburg repräsentativ. Jahresniederschlagsmenge (548 mm), Jahresmitteltemperatur (9,1°C) und Jahrestemperaturschwankung (19°K) entsprechen der Klimastufe T t (trockenes Tiefandsklima), Makroklimaform γ (süd-märkisches Klima). Eine terrestrische, durchschnittlich

wasserversorgte und podsolierte Bärenthorener Sand-Braunerde (Abbildung 1) repräsentiert das mittlere Nährkraftspektrum ziemlich armer Standorte (Stamm-Nährkraftstufe: Z, Stamm-Humusform: Rohhumusartiger Moder) im Trophie-Klassifizierungssystem der ostdeutschen Standorterkundungsanleitung SEA 95.

Im Untersuchungsgebiet unterlag die oberste Bodenschicht über Jahrhunderte einer anthropogenen Degradation. Streunutzungen, Waldweide und Waldbrände vernichteten regelmäßig die organische Aufagehumusschicht. Schwerwiegende Fruchtbarkeitsverluste und ungünstige Wasserhaushaltseigenschaften im Oberboden waren die Folge und führten zu außerordentlich schlechtwüchsigen, teilweise sogar aufgelichteten Bestockungen (WIEDEMANN 1942).

Erst im Zuge der Versuchsbegründung wurden die genannten Negativ-Einflüsse auf die Bodenfruchtbarkeit abgestellt. Später wirkten dann regionalspezifische Industrie-Emissionen mittlerer bis starker Ausprägung Standortmanipulierend auf die Versuchsanlage (Abbildung 2, links).

Unter den heutigen Umweltbedingungen würde sich als potenziell-natürliche Vegetationsform ein Blaubeer-Kiefern-Traubeneichenwald im Komplex mit Beerkraut- bzw Heidekraut-Kiefernwäldern herausbilden (Abbildung 2, rechts).

Die Einrichtung der Durchforstungsvarianten erfolgte in der natürlichen Wuchsklasse „Dickung“ mit Kiefern-Oberhöhen von 4–5 m. Seit dem wurden im ca. 5-jährigen Turnus drei verschieden stark geführte Niederdurchforstungen praktiziert (Abbildung 3, nächste Seite).

Die waldwachstumkundliche Beurteilung der Durchforstungswirkung auf das Kiefernwachstum basiert auf mittlerweile 17 periodischen Wiederholungsaufnahmen der Brusthöhendurchmesser an einem permanenten Messkreuz (Kreuzklappung) und der nach dem trigonometrischen Prinzip gemessenen Baumhöhen. Für die Standortuntersuchungen sind im Herbst 2011 die Baumfußkoordinaten ermittelt sowie zahlreiche lotrechte Kronenprojektionen aller präsenten soziologischen Baumklassen nach KRAFT (1884) durchgeführt worden.



Abbildung 1: Bodenprofilwand im Versuch „PEITZ 150“ mit Einordnung in das Nährkraftstufensystem der ostdeutschen Standorterkundungsanleitung SEA 95 (Stamm-Nährkraftstufen mit Nährkraftfünftelstufen)

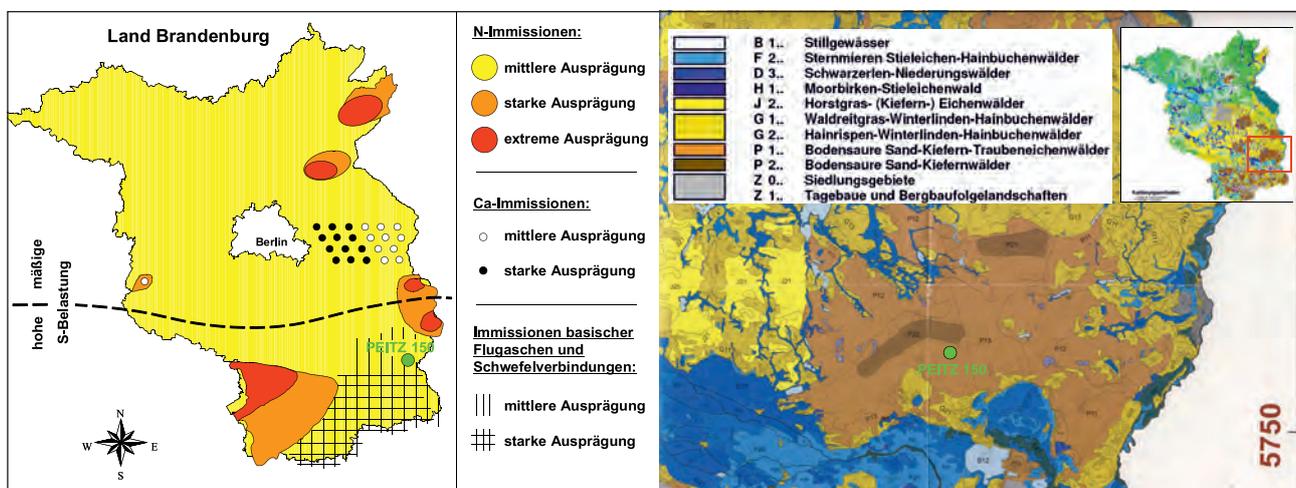


Abbildung 2: Immissionskarte für den Zeitraum 1980 - 1990 (gemäß HOFMANN & HEINSDORF 1990 und HEINSDORF u. a. 1992) sowie potenziell-natürliche Vegetationskarte von HOFMANN & POMMER (2005) für das Land Brandenburg mit Lagemarkierungen der Versuchsfäche „PEITZ 150“

Zur Beschreibung des aktuellen chemischen Oberboden-zustandes mit Hilfe der Bodenazidität (pH) und des C/N-Verhältnisses dienten f ächengerechte Auf aghumus- bzw. volumengerechte Mineralboden-Mischproben (0–5 cm), die im Labor des LFE chemisch analysiert wurden.

Für die Ermittlung des Stickstof f-Ernährungszustandes

der Kiefern sind im Januar 201 1 halbjährige Nadeln aus der oberen Kronenperipherie mehrerer dominanter Bäume geerntet, zu einer Mischprobe vereinigt und im LFE-Labor analysiert worden.

Die Florenaufnahme mit Artendiagnose und Deckungsgradschätzung erfolgte im Mai 2011.

Ohne Durchforstung:	Mäßige Niederdurchforstung:	Schnellwuchs:
Unterlassung jeder planmäßigen Bestandespflege.	Selektive Begünstigung der besseren herrschenden Stämme bei Wahrung des Bestandesschlusses.	Im Dickungsalter beginnende dauernde Unterbrechung des Kronenschlusses zur Kronenpflege der besten Stämme.
Ausschließlich Entnahme von Baumklasse 5 sowie schwerkranken Bäumen.	Schrittweise Entnahme der beherrschten Baumklassen 5 und 4, der Peitscher von Klasse 3 sowie waldbauliche Muss-Entnahmen im Herrschenden und Vorherrschenden.	Zeitige Entnahme der Baumklassen 5, 4, 3 und 2 sowie zahlreicher Bäume der Klasse 1.

Abbildung 3: Gemäß der „Anweisungen der Deutschen forstlichen Versuchsanstalten zur Ausführung von Durchforstungsversuchen“ im Versuch „PEITZ 150“ praktizierte Durchforstungsweisen

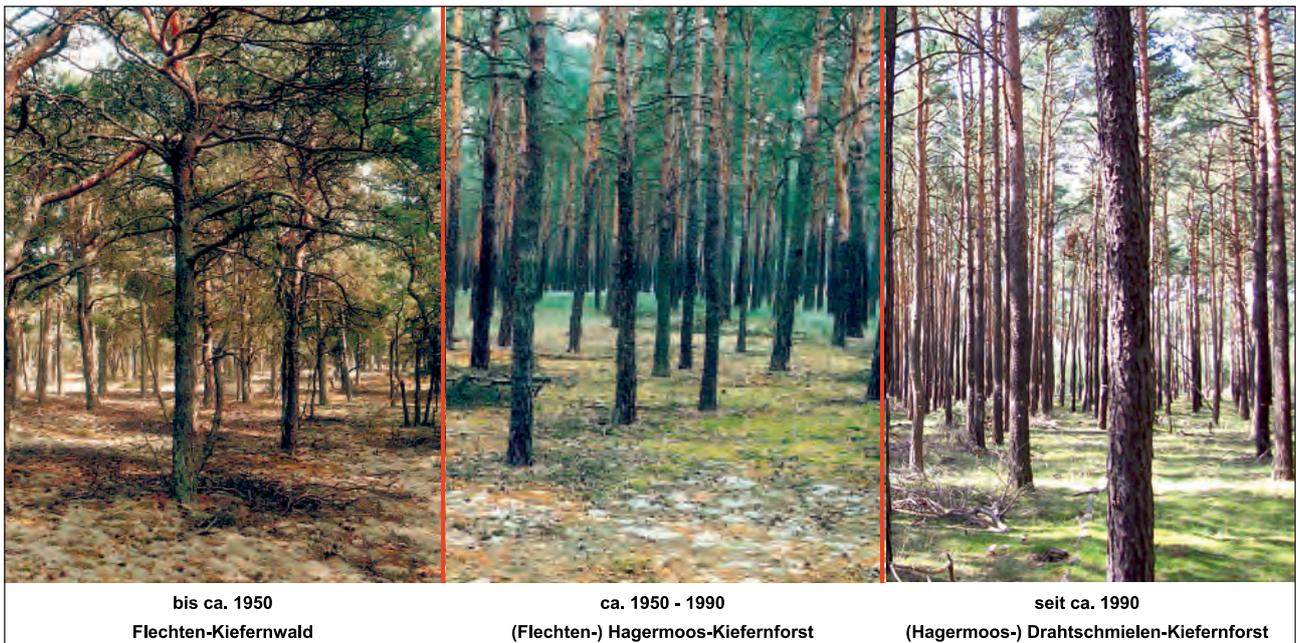


Abbildung 4: Typische Bestandesbilder der sich depositionsbedingt in „ökologischen Fahrrinnen“ einander ablösenden Ökosystemtypen (links & Mitte: HOFMANN 2001; rechts: NOACK 2011)

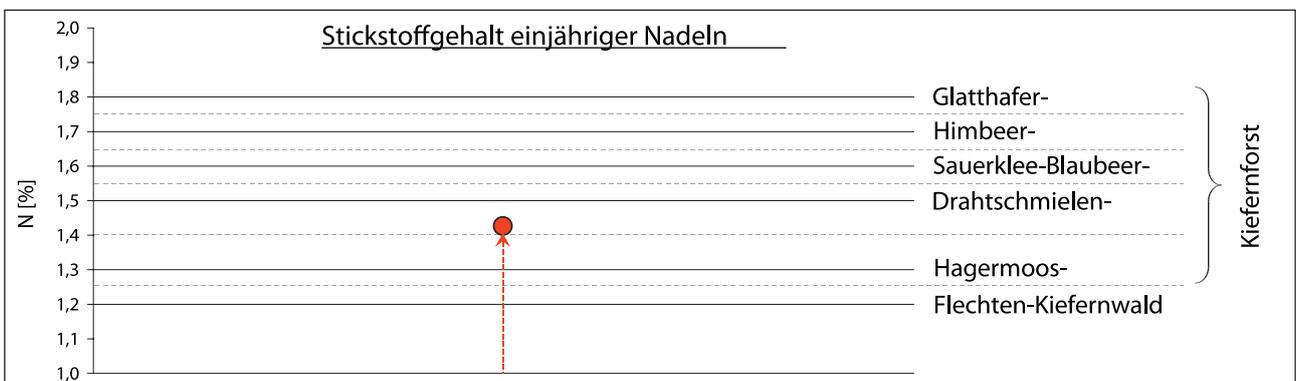


Abbildung 5: Stickstoffgehalt (N) einjähriger Nadeln von vorherrschenden Kiefern des Versuches „PEITZ 150“ im Januar 2011; Vergleich mit den ökologischen Kenndaten für Kiefernwälder und -forsten um 1960 gemäß HOFMANN (2002)

3. Versuchsergebnisse mit Schlussfolgerungen für Forstpraxis und -wissenschaft

3.1. Standorts-, Vegetations- und Zuwachswandel

3.1.1. Ergebnisbericht

Resultierend aus der pedogenen Nährstoffarmut und der lang anhaltenden anthropogenen Degradation bedeckten zum Zeitpunkt der Versuchsanlage zahlreiche Flechtenarten mit außerordentlich hohen Deckungsgraden den Boden. Als typische Magerrohhumus-Wälder waren sie nur spärlich mit wenigen anspruchslosen Gräsern und Kräutern vergesellschaftet, so dass KRIEGER (1935) den Versuchstandort als einen typischen Flechten-Kiefernwald mit lockerem Kronenschluss charakterisierte (Tabelle 2).

Nach Einstellung der bis dahin regelmäßig wiederkehrenden Streunutzung und Waldweide, aber vor allem infolge der jahrzehntelangen atmosphärischen Fremdstoffeinträge, die sich noch heute u. a. auf 10–15 kg Stickstoff, 4–8 kg Calcium und 5–10 kg Kalium pro Hektar belaufen (EINERT 2011), veränderte sich der Oberbodenzustand seit Versuchsbeginn erheblich.

Ausgehend von dem für den Magerrohhumus im ehemaligen Flechten-Kiefernwald charakteristischen C/N-Status über 35 (HOFMANN 2001) spiegeln die aktuellen C/N-Relationen eine erhebliche Humus-Qualitätsverbesserung wider. Im Aufagehumus wurde mit C/N = 22,6 mittlerweile das Niveau der sich im natürlichen Gleichgewichtszustand befindlichen Stamm-Humusform (Rohhumusartiger Moder) erreicht. In der obersten Mineralbodenschicht herrscht mit C/N = 33,6 zwar noch ein typisches Rohhumusmilieu vor, was aber immerhin auch schon einer einstufigen Humusformenverbesserung entspricht.

Die zwischen beiden Bodenschichten auftretende C/N- und Humusformen-Diskrepanz kann auf die Fremdstoff-Applikationsrichtung sowie die Trägheit des Humusveränderungsprozesses zurückgeführt werden. Letztere resultiert vor allem aus der standortspezifisch mangelhaften Bodenlebewelt sowie der nur schwer zersetzlichen Kiefernadelstreu.

Auch die Bodenazidität dokumentiert den positiven Standortswandel. Die basischen atmosphärischen Staubkomponenten bewirkten einen pH (H₂O)-Anstieg von ursprünglich 3,3 auf aktuell 3,7.

In der Folge vollzog sich ein tiefgreifender Vegetationswandel. Der zum Zeitpunkt der Versuchsanlage beschriebene Flechten-Kiefernwald veränderte sich im Laufe der Jahrzehnte über den (Flechten-) Hagermoos-Kiefernforst bis hin zum heutigen (Hagermoos-) Drahtschmielen-Kiefernforst (Tabelle 2, Abbildung 4). Die ursprünglich flächenprägenden und in dichten Herden auftretenden Flechtenarten (*Cladonia spec.*) schieden mittlerweile fast vollständig aus. Die zwischenzeitliche Dominanz der Hagermoose (u. a. *Dicranum scoparium*, *Dicranum rugosum*, *Hypnum cupressiforme*, *Leucobryum glaucum*) wurde während der letzten beiden Jahrzehnte wiederum von der Drahtschmielen (*Deschampsia flexuosa*) abgelöst. In Vergesellschaftung mit weiteren anspruchsvolleren und zum Teil auch nitrophilen Arten (*Calamagrostis epigeios*) charakterisiert sie die von der Oberbodenvegetation abgeleitete Humusform als typischen Rohhumus. Die aktuelle relative Zustandsabweichung des Standortes beträgt demzufolge nur noch -1.

Erwartungsgemäß manifestierten sich die beschriebenen ökologischen Veränderungen auch im Ernährungszustand der Kiefern. Gemäß des aktuellen Stickstoff-Nadelspiegels

		KRIEGER (1935)	NOACK (2011)
Aufnahmen [n]		4	5
Ökosystemtyp		Flechten-Kiefernwald	(Hagermoos-) Drahtschmielen-Kiefernforst
Mittlere Artenzahl [n]		20	17
soziolog. Gruppe	Art	Deckungsgrad [%]	
Obere Baumschicht			
B 6	<i>Pinus sylvestris</i>	60	85
Strauchschicht2			
	<i>Quercus rubra</i>		r
B 4	<i>Acer platanoides</i>		r
B 5	<i>Quercus petraea</i>		+
B 5	<i>Quercus robur</i>		+
B 6	<i>Pinus sylvestris</i>		+
Krautschicht			
K 5.4	<i>Moehringia trinervia</i>		r
K 6.2	<i>Calamagrostis epigeios</i>		r
K 6.3	<i>Luzula pilosa</i>	+	
K 6.9	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>		+
K 6.10	<i>Deschampsia flexuosa</i>		12
K 7.2	<i>Festuca rubra</i>		+
K 7.5	<i>Rumex acetosella</i>	+	r
K 7.6	<i>Calluna vulgaris</i>		1
Moosschicht			
	<i>Cetraria ericetorum</i>	9	
	<i>Cladonia cenotea</i>	+	
	<i>Cladonia coccifera</i>		r
	<i>Cladonia cornuta</i>	+	+
	<i>Cladonia crispata</i>	+	
	<i>Cladonia deformis</i>	1	
	<i>Cladonia digitata</i>	+	
	<i>Cladonia glauca</i>	+	
	<i>Cladonia phyllophora</i>	+	
	<i>Cladonia pleurota</i>	+	
	<i>Cladonia portentosa</i>	+	
	<i>Cladonia squamosa</i>	2	
	<i>Lecidea uliginosa</i>	+	
M 6.1	<i>Dicranella heteromalla</i>		+
M 6.2	<i>Polytrichum formosum</i>		+
M 6.3	<i>Dicranum scoparium</i>	2	3
M 6.3	<i>Hypnum cupressiforme</i>	1	24
M 6.3	<i>Leucobryum glaucum</i>		+
M 6.4	<i>Dicranum polysetum</i>	+	2
M 6.4	<i>Pleurozium schreberi</i>	2	61
M 6.4	<i>Pohlia nutans</i>	2	1
M 6.5	<i>Cladonia bacillaris</i>	+	
M 6.6	<i>Cetraria islandica</i>	1	
M 6.6	<i>Cladonia arbuscula</i>	35	+
M 6.6	<i>Cladonia chlorophaea</i>	2	
M 6.6	<i>Cladonia ciliata</i>	+	
M 6.6	<i>Cladonia gracilis</i>	2	
M 6.6	<i>Cladonia rangiferina</i>	37	
M 6.6	<i>Cladonia uncialis</i>	2	
M 6.7	<i>Dicranum spurium</i>		2
M 6.7	<i>Polytrichum juniperinum</i>	+	+
M 6.7	<i>Ptilidium ciliare</i>	2	
M 7.3	<i>Cladonia furcata</i>	1	
M 7.3	<i>Cladonia pyxidata</i>	+	+
M 7.3	<i>Cornicularia aculeata</i>	+	
Keimlinge			
B 6	<i>Pinus sylvestris</i>	2	+

Tabelle 2: Vegetationstabelle für das von KRIEGER bzw. NOACK beschriebene Kiefern-Ökosystem vor (1935) bzw. nach (2011) der Beeinflussung durch atmosphärische Fremdstoffeinträge im Versuch „PEITZ 150“

wertes in *Abbildung 5* ist die Stickstoffernährung zwar immer noch als mangelhaft zu bezeichnen (Ernährungsstufe II.1 nach KRAUSS & HEINSDORF 2005), jedoch übersteigt sie deutlich das zum Zeitpunkt der Versuchsanlage existente Niveau des Flechten-Kiefernwaldes und induziert somit eine wesentlich verbesserte Dendromassesynthese.

Ganzheitlich führte dieser komplexe Standorts-, Vegetations- und Ernährungswandel schließlich zu einer Beschleunigung des Kiefernwachstums im Versuch „PEITZ 150“.

Diese wird im Folgenden am Beispiel des Bestandeskollektivs der 100 stärksten Bäume pro Hektar beschrieben, also auf der Grundlage der im Konkurrenzkampf ausschließlich obsiegenden und somit vorherrschenden Baumindividuen. Zur Bewertung der natürlichen Standortproduktivkraft sind sie besonders geeignet, weil sie im Wesentlichen frei von konkurrenzbedingten Wachstumsbeeinträchtigungen sind und ihre Mittelhöhe bei den hier vorliegenden Niederdurchforstungen unabhängig von rechnerischen Verschiebungen ist.

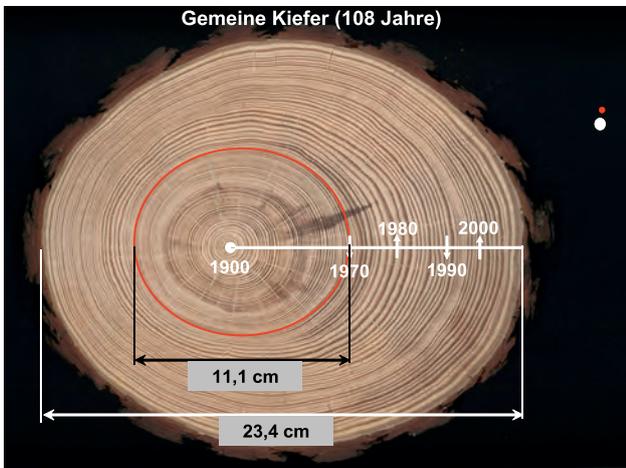


Abbildung 7: Kiefern-Stammscheibe eines repräsentativen Oberhöhenbaumes (HO nach ASSMANN 1961) aus dem Versuch „PEITZ 150“ (Mäßige Niederdurchforstung); Entnahmehöhe 1,30 m, Stichtag 01.01.2008

Die in *Abbildung 6* dargestellte Höhenentwicklung dieser dominanten Versuchskiefern verdeutlicht, dass sich die mittlere Oberhöhenbonität im Verlaufe von 63 Jahren um 1,2 Bonitätsstufen von IV.9 auf III.7 verbesserte. Dabei weicht der beobachtete Höhen-Entwicklungstrend seit ca. 1970 deutlich positiv vom Ertragstafeltrend ab, was auf ein wieder eingesetztes Terminaltriebwachstum nach bereits alterstypischer Kronenabwölbung zurückzuführen ist.

Gleichzeitig zeigte auch das sekundäre Dickenwachstum dieser soziologisch stärksten Kiefern seit ca. 1970 eine altersuntypische Akzeleration. Am Beispiel des in *Abbildung 7* beschriebenen Repräsentativbaumes wird deutlich, dass sich die Jahrringbreiten ab diesem Zeitpunkt sprunghaft erhöhten und sich die Durchmesserwachstumsgeschwindigkeit seit dem mehr als verdoppelte. Während die durchschnittliche Jahrringbreite vor 1970 lediglich 0,79 mm betrug, belief sie sich danach auf 1,61 mm.

Der beobachtete und alle Wachstumsdimensionen integrierende Beschleunigungsprozess führte zu einer erheblichen Leistungssteigerung des standortspezifischen Bestandesvolumenwachstums. Am Beispiel der im Bereich des Tafelvollschlusses (Kiefer, unteres Ertragsniveau; Tafel von LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR 1975) heranwachsenden Versuchsvariante „Mäßige Niederdurchforstung“ vollzogen die laufenden jährlichen Schaffholzvolumenzuwächse mehrere Bonitätssprünge von V.0 bis 0.0 und zeigten somit während der zurückliegenden vier Jahrzehnte eine deutliche Abweichung vom altersspezifischen Modelltrend (*Abbildung 8*).

Die Auswirkungen dieses beträchtlichen Zuwachsanstieges auf den besten ertragskundlichen Leistungsweiser, die Gesamtwuchsleistung, demonstriert *Abbildung 9*. Der Entwicklungsgang des insbesondere für die Nutzungsplanung bedeutsamen durchschnittlichen Gesamtzuwachses [dGZ] zeigt neben dem Bonitätssprung eine um 1970 einsetzende altersuntypische Progression und bis heute noch kein Kulminationsverhalten. Die sich im Zeitraum von 1965 bis 1975 andeutende und zu diesem Zeitpunkt auch altersgemäße Abwölbung hin zu einem glockenähnlichen Kurvenverlauf wandelte sich in einen neuerlichen Kurvenanstieg.

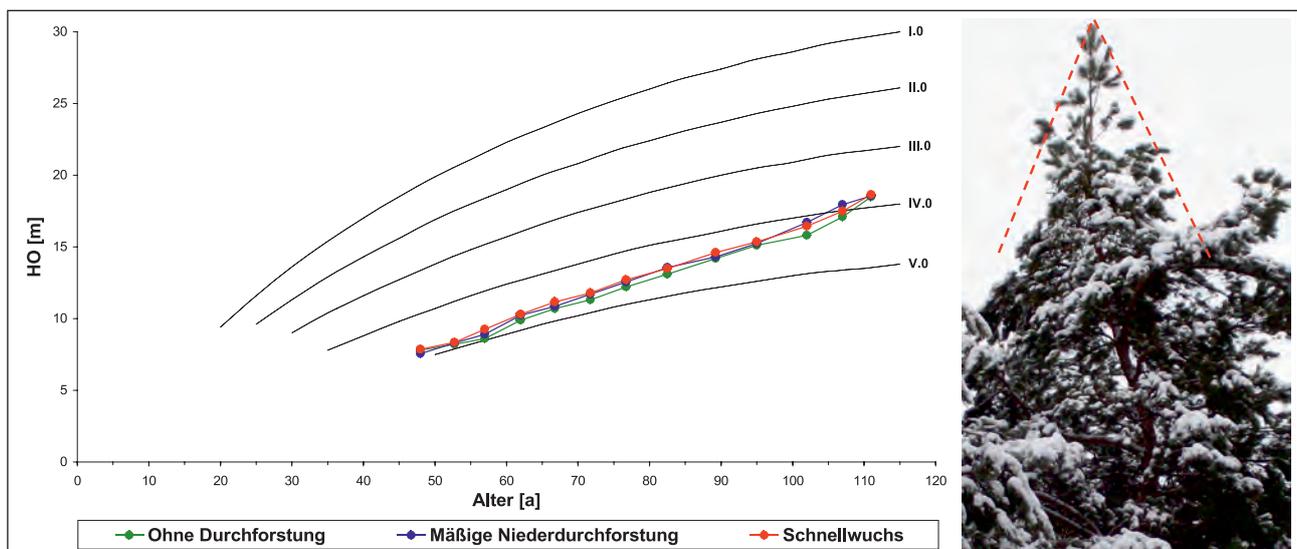


Abbildung 6: Entwicklung der Bestandesoberhöhen (HO) im Versuch „PEITZ 150“ (Bonitierungsfächer: „Kiefer - UEN“ von LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR 1975) mit typischem Kiefernkronenbild

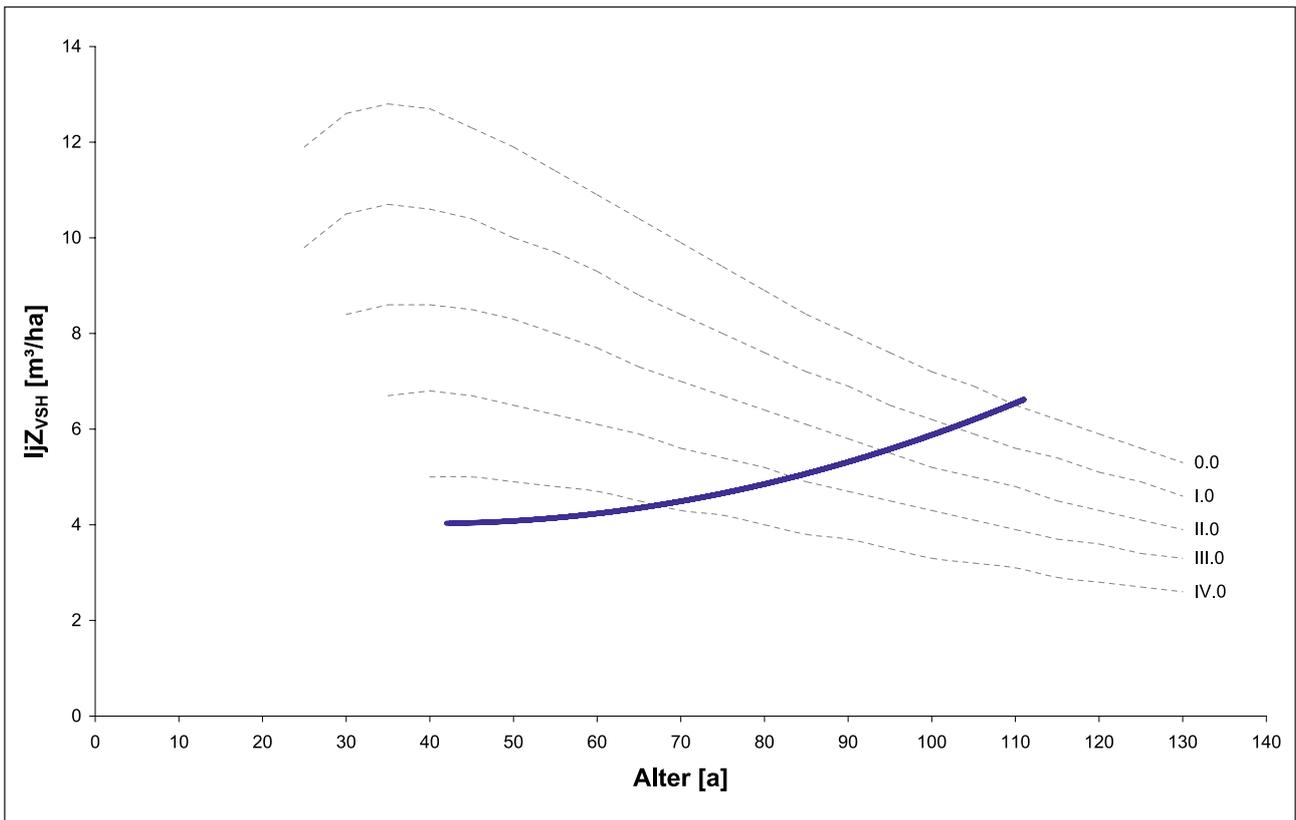


Abbildung 8: Laufende Schaftholzvolumenzuwächse bei Vollschluss im Versuch „PEITZ 150“ mit Bonitierungsflächen der Ertragstafel „Kiefer - UEN“ von LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR (1975)

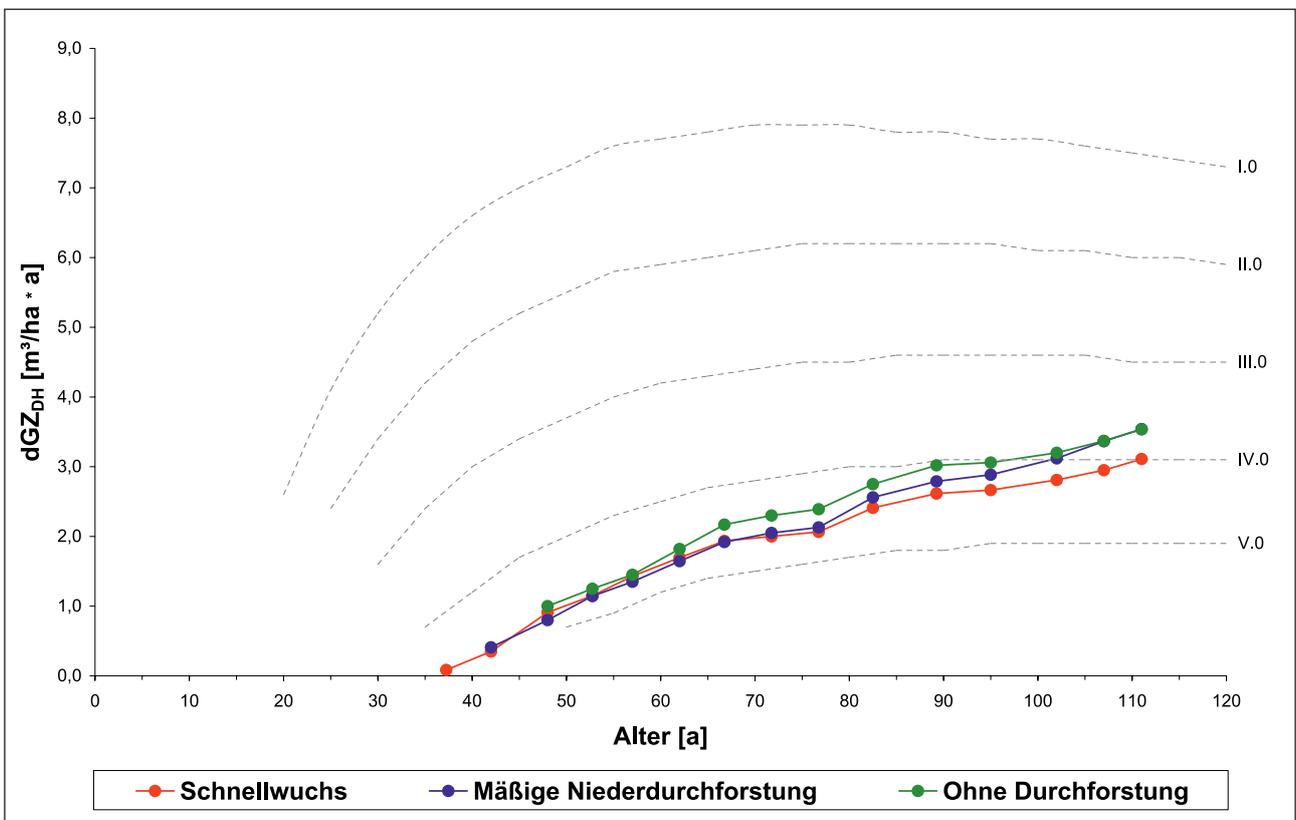


Abbildung 9: Entwicklung des durchschnittlichen Derbholz-Gesamtwachses (dGZ) im Versuch „PEITZ 150“ mit Bonitierungsflächen der Ertragstafel „Kiefer - UEN“ von LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR (1975)

Heute übersteigt der durchschnittliche Derbholz-Gesamtzuwachs des Kiefernversuches von im Mittel ca. 3,4 m³/ha das ursprünglich zu erwartende Leistungsniveau (1,9m³/ha, Bonität V.0) um ca. 1,5 m³/ha bzw. 80 %. Für den örtlichen Wirtschaftler eröffnet sich somit die Perspektive, die gegenwärtige Phase relativ hoher und weiter ansteigender Volumenproduktionsfähigkeit auszunutzen und den Hauptbestand bis zur Erreichung noch stärkerer Zieldurchmesser im lockeren Bestandesschluss nahe der optimalen Bestandesgrundfläche zu halten. Bestandesvolumen- und Einzelbaumdurchmesserleistung erfahren dadurch eine wirtschaftlich relevante Aufwertung.

3.1.2. Schlussfolgerungen

Die Einstellung von Streunutzung und Waldweide sowie die jahrzehntelange Einwirkung stickstoffhaltiger und basischer Immissionen führten im Langfristversuch „PEITZ 150“ zu einer erheblichen Verbesserung des vormals stark degradierten Oberbodens. Die aktuelle Humusform und somit die Zustands-Standortsform rückte nahe an den potenziell-natürlichen Gleichgewichtszustand. Die in den letzten Jahrhunderten anthropogen verringerte Standortproduktivkraft erfuhr wieder eine erhebliche Steigerung.

Als Folge dieser positiven Standortveränderung vollzogen sich ein tiefgreifender Florenwandel sowie ein seit ca. vier Jahrzehnten nachweisbarer Kiefern-Zuwachsanstieg. Das geringe Zuwachsniveau der noch von WIEDEMANN (1943 a) definierten Bonitäten V. und VI. wurde überwunden. Die ursprünglich leistungsschwächsten Kiefernbestände Nordostdeutschlands wachsen heute wesentlich besser.

Dieses seit ca. 1970 deutlich vom Ertragstafeltrend positiv abweichende Waldwachstum wird für Mitteleuropa allgemein bestätigt (HOFMANN & HEINSDORF 1990, KAHLE u. a. 2008, NOACK 2011 a, PRETZSCH 1999, SPIECKER u. a. 1996). Vor allem die älteren statischen Wachstumsmodele sind demzufolge zur sachkundigen Bewirtschaftung und verantwortungsvollen Nachhaltregelung der Wälder bzw. Forste zunehmend ungeeignet.

Aufgrund der mit einem Flächenumfang von ca. 714.000 ha herausragenden Bedeutung der Kiefern-Betriebsklasse für die Volkswirtschaft des Landes Brandenburg ist die Forstwissenschaft gefordert, neue und vor allem dynamische Modelle zur Quantifizierung und Bewertung der waldwachstumkundlichen Leit- und Querbeziehungen im Kiefernbestand zu entwickeln.

Die Bereitstellung dieses wissenschaftlichen Vorgehens für Forstpraxis und -administration erfordert jedoch die nachhaltige Weiterentwicklung der langfristigen Eberswalder Versuchsflächenforschung. Nur nach dem transdisziplinären Waldkundeprinzip bearbeitete Dauerbeobachtungsflächen liefern eine hinreichend genaue Datenbasis für die Entwicklung standortökologisch fundierter und verallgemeinerbarer Entscheidungsgrundlagen zum Nutzen einer zukunftsgerichteten Waldwirtschaft. Darüber hinaus sind sie das einzige wirklich verlässliche Kontrollinstrument zur fortdauernden Realitäts- und Plausibilitätsprüfung der theoretischen Wachstums- und Zuwachsmodele unter dem Einfluss einer sich zunehmend wandelnden Umwelt (NOACK 2011 b).

3.2. Standraumökonomie und Ertragsleistung

3.2.1. Ergebnisbericht

Die empirischen Entwicklungskurven der Stammzahlen (N) in *Abbildung 10* dokumentieren die zur Aufklärung der bestandesdichteabhängigen Kiefern-Zuwachsreaktion eingereichte Verschiedenartigkeit der Versuchsvarianten.

Ausgehend von der Bestandesdichte in der undurchforsteten Parzelle, welche mit der maximalen Anzahl lebensfähiger Individuen den biologischen Referenzwert liefert, wurden während der gesamten Versuchsdauer relativ konstante Stammzahlgradienten eingestellt. So betragen die prozentualen Abstufungen in den beiden Durchforstungsvarianten zu Versuchsbeginn jeweils 17 % und zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme im Jahre 2011 jeweils 26 %. Daraus resultieren mittlere Bestandesgrundflächenhaltungen von 28,31 m²/ha (Ohne Durchforstung; 100 %), 25,00 m²/ha (Mäßige Niederdurchforstung; 88,3 %) bzw. 20,26 m²/ha (Schnellwuchs; 71,5 %).

Als Reaktion auf diese dauerhaften und außerordentlich stark voneinander abweichenden Bestandesdichten entwickelten sich erhebliche Kronenunterschiede. Zum Ausdruck kommt dieser Sachverhalt durch die variantenspezifischen und jeweils das gesamte Kiefernkollektiv berücksichtigenden Häufigkeitsverteilungen in *Abbildung 11*. Die für die Kronenschirmfläche, die Kronenmantelfläche und das Kronenvolumen dargestellten empirischen Frequenzen unterscheiden sich jeweils statistisch sehr gut gesichert. Zunehmende Durchforstungsstärke führt demzufolge nicht nur zufällig zu einem erheblichen Anstieg der betrachteten Kronenmerkmale.

Da die Kronenmantelfläche wegen ihrer Funktion als Trägerorgan der assimilatorisch wirksamen Blattmasse mit der Einzelbaum-Zuwachsleistung gewöhnlich bestkorreliert ist, erfolgt für sie nachfolgend eine detailliertere Unterschiedlichkeitsanalyse.

Die Mittelwerte (Mediane) der Gesamtkollektive betragen zuletzt 28 m² (Ohne Durchforstung), 43 m² (Mäßige Niederdurchforstung) bzw. 56 m² (Schnellwuchs). Somit führte die bis zur dauerhaften Kronenschlussunterbrechung reichende Standraumerweiterung zur Herausbildung einer Kronenmantelflächen-Relation von 1,00 : 1,53 : 2,00. Demzufolge weist die Durchschnittskrone im Schnellwuchsbetrieb eine doppelt so große Kronenmantelfläche auf als in der undurchforsteten Vergleichsparzelle. Der Vergleichswert der Mäßigen Niederdurchforstung ordnet sich relativ zentral zwischen den Medianen der beiden Extremvarianten des Versuches ein.

Bei Betrachtung der wirtschaftlich besonders interessierenden Kiefernkollektive in *Tabelle 3* zeigt sich jedoch, dass die prozentualen Mittelwertdifferenzen im führenden Hauptbestand deutlich geringer sind. So stehen zum Beispiel die mittleren Kronenmantelflächen der jeweils zweihundert stärksten Kiefern pro Hektar zueinander nur noch in einem Verhältnis von 1,00 : 1,22 : 1,47.

Ökologisch plausibel bewirkten die Standraum- und Kronenunterschiede in den Versuchsvarianten auch eine differenzierte Durchmesserentwicklung. Dabei ist festzustellen, dass sich mit zunehmender Durchforstungsstärke erwartungsgemäß größere Mitteldurchmesser entwickelten. Angeführt vom Schnellwuchsbetrieb ordnen sich die empirischen Durchmesserentwicklungslinien der bei-

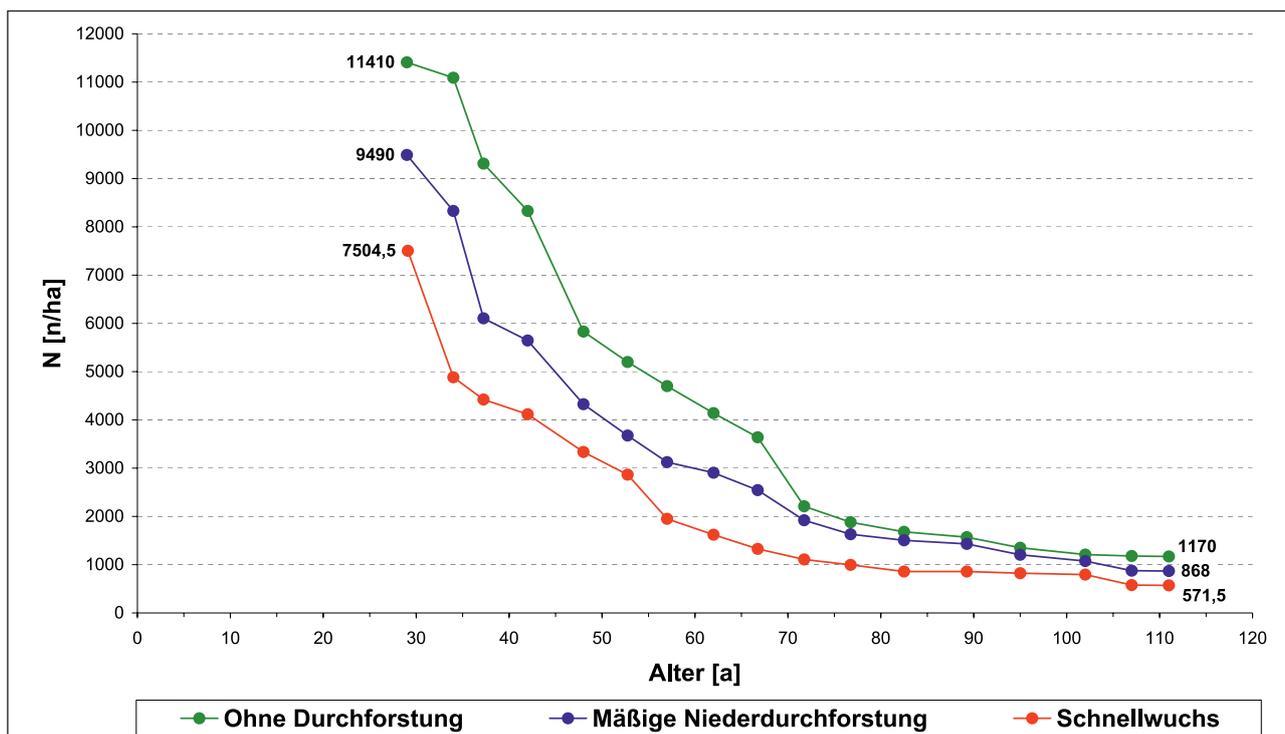


Abbildung 10: Entwicklung der Stammzahlen (N) im Versuch „PEITZ 150“

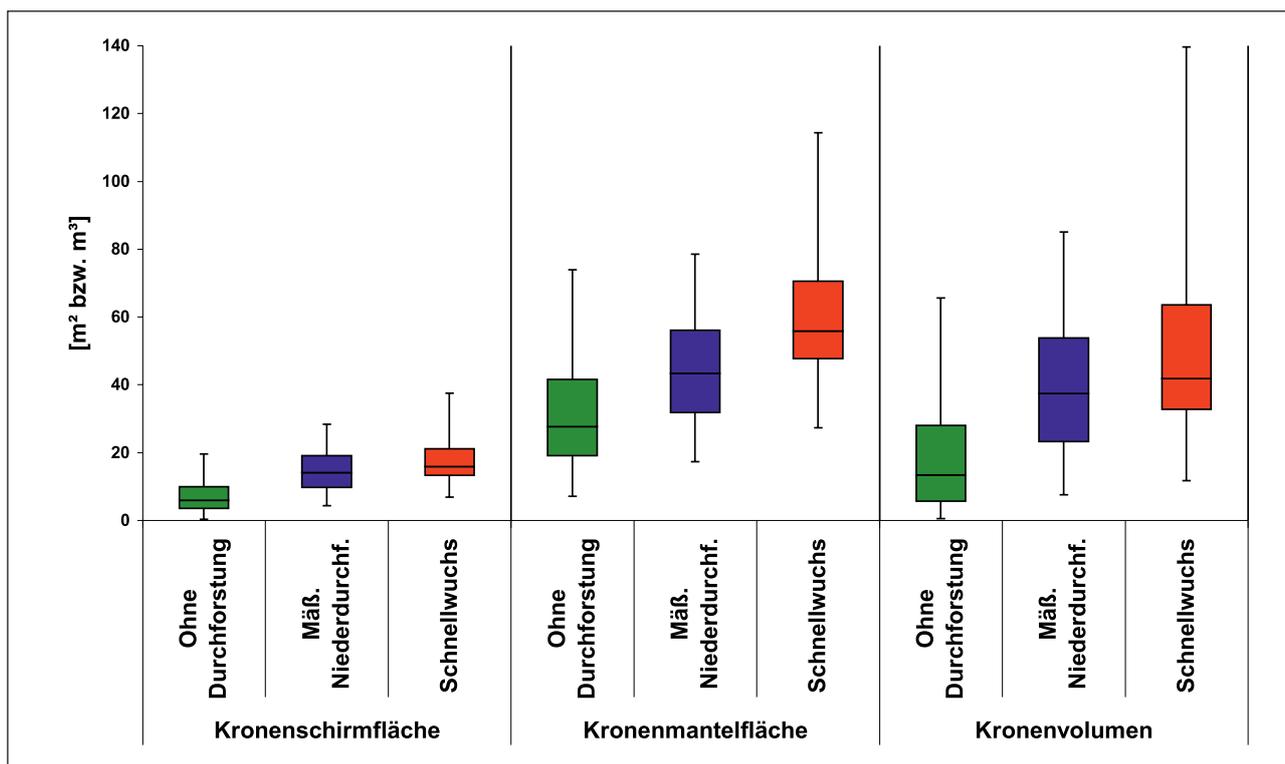


Abbildung 11: Empirische Häufigkeitsverteilungen ausgewählter Kiefern-Kronenmerkmale in den Varianten des Versuches „PEITZ 150“ zum Zeitpunkt der letzten Wiederholungsaufnahme im Bestandesalter 111 Jahre; Box-and-Whisker-Plots

Teilkollektiv [Nr. des d _{1,3} -Ranges]	Ohne Durchforstung		Mäßige Niederdurchforstung		Schnellwuchs	
	m ²	%	m ²	%	m ²	%
1 – 50	68	100	74	109	102	150
51 – 100	58	100	67	115	84	144
101 – 200	49	100	60	122	72	147

Tabelle 3: Mittlere Kronenmantelflächen von nach dem d_{1,3}-Durchmesserrang definierten Kiefernkollektiven

den Durchforstungsvarianten während des gesamten Versuchszeitraumes über jener der unbehandelten Parzelle an (Abbildung 12).

Das beobachtete Durchmesser-Leistungsniveau muss jedoch grundsätzlich als sehr gering bezeichnet werden. Mit einer Spannweite von 20,1 cm bis 24,9 cm im Alter 111 Jahre entsprechen die Durchmesser der Grundflächenmittelstämme (DG) lediglich einem Bonitätsrahmen von ca. V.5 bis IV.5. Darüber hinaus führten die deutlichen Unterschiede in der Durchforstungsstärke bis zum Bestandesalter 111 Jahre nur zu einem mittleren Durchmesser Vorteil von 2,4 cm (12 %) bzw. 4,8 cm (24 %).

Noch ungünstiger fällt der regressionsanalytische Entwicklungsvergleich der Durchmesser des Grundflächenmittelstammes der jeweils 100 stärksten Kiefern pro Hektar (Oberdurchmesser DO nach ASSMANN 1961) zwischen den Durchforstungsparzellen und der undurchforsteten Referenzvariante aus (Abbildung 13). Unmittelbar nach Versuchsbeginn drifteten die bestgeeigneten Regressionslinien der DO-Relationen während der gesamten Stangenholzphase noch wunschgemäß auseinander. Allerdings kam es bereits in der Baumholzphase (Altersbereich 85 bis 100 Jahre) zur Kulmination der die Durchforstungsvarianten beschreibenden Graphen. Nach Erreichung der Maximalwerte von lediglich 112% (Schnellwuchs) bzw. 103% (Mäßige Niederdurchforstung) kehrten sich die Kurventrends um, so dass sich die Oberdurchmesser der Durchforstungsvarianten seit dem wieder dem Referenzniveau der undurchforsteten Versuchsvariante annähern. Für den Zeitpunkt der letzten Wiederholungsaufnahme im Jahre 2011 beschreiben die Ausgleichskurven eine prozentuale DO-Relation von nur noch 100 : 101 : 111.

In diesem Zusammenhang dokumentiert der empirische Oberdurchmesser- und Standflächenvergleich im Kiefernalter von 111 Jahren (Abbildung 14), dass der relativ

geringe Durchmesser Vorsprung in den Durchforstungsvarianten durch eine erhebliche zusätzliche Standflächen-Inanspruchnahme teuer erkauft wurde.

Vor allem im Zuge der sehr starken Schnellwuchsdurchforstung vermochten die vorherrschenden Kiefern den bereitgestellten Standraum nicht wirkungsvoll genug in zusätzlichen Dickenzuwachs umzusetzen. Mit Bezug auf die mittlere Standfläche (14,2 m²) und den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Kiefern pro Hektar (27,8 cm) in der undurchforsteten Versuchspartizelle genießen die Vergleichskiefern zwar eine um 82 % größere Standfläche, leisten jedoch lediglich einen DO-Mehrzuwachs von 3,8 cm (14 %). In der Versuchsvariante „Mäßige Niederdurchforstung“ betragen der zusätzliche Standflächenverbrauch 22 % und die DO-Mehrleistung 0,8 cm (3 %).

Damit werden die Ergebnisse von WIEDEMANN (1943 b), DITTMAR (1991) und LÖCKOW (1998) bestätigt, wonach die Gemeine Kiefer im Nordostdeutschen Tiefland nur einen unbedeutenden Wuchsbeschleunigungseffekt zu leisten vermag. Selbst durch eine so außerordentlich stark geführte Durchforstung wie die frühzeitige und dauerhafte Kronenschlussunterbrechung (Schnellwuchsbetrieb) wird lediglich eine kurzfristig ausgeprägte, geringe Zuwachsbeschleunigung ausgelöst.

Darüber hinaus zeigt sich in Übereinstimmung mit NOACK (2007), dass der das Dickenwachstum fördernde Durchforstungseffekt im deutlich vorherrschenden Kiefernkollektiv (Baumklasse 1 nach KRAFT 1884) nicht so stark ausfällt wie im Kollektiv der lediglich herrschenden Individuen (Baumklasse 2 nach KRAFT 1884). Die extremen Bestandesdichteunterschiede wirken sich weniger auf die Entwicklung der absoluten Spitzenbäume (d_{1,3} - Rang 1 - 100) aus als vielmehr auf die Entwicklung der im Durchmesser nachfolgenden Kiefern (d_{1,3} - Rang 101 - 200).

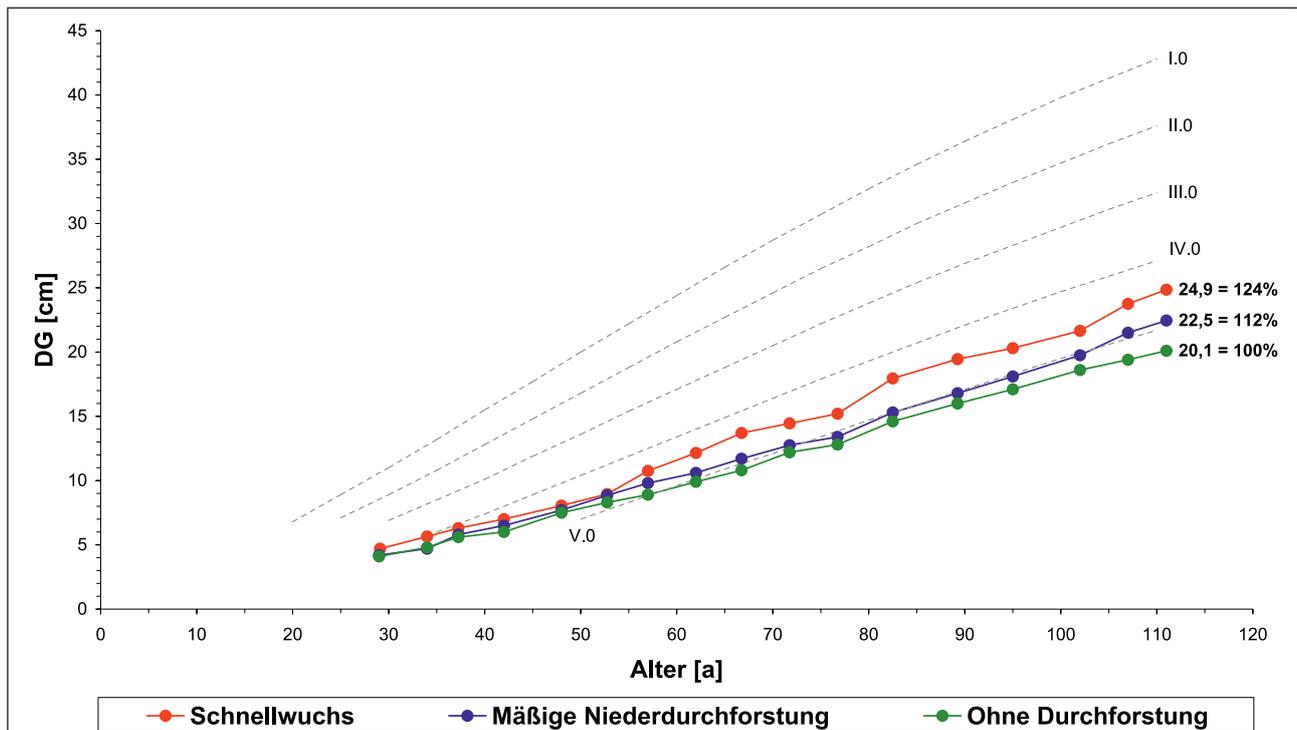


Abbildung 12: Entwicklung des Mitteldurchmessers (DG) des verbleibenden Bestandes im Versuch „PEITZ 150“ mit Bonitierungsfächer der Ertragstafel „Kiefer - UEN“ von LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR (1975)

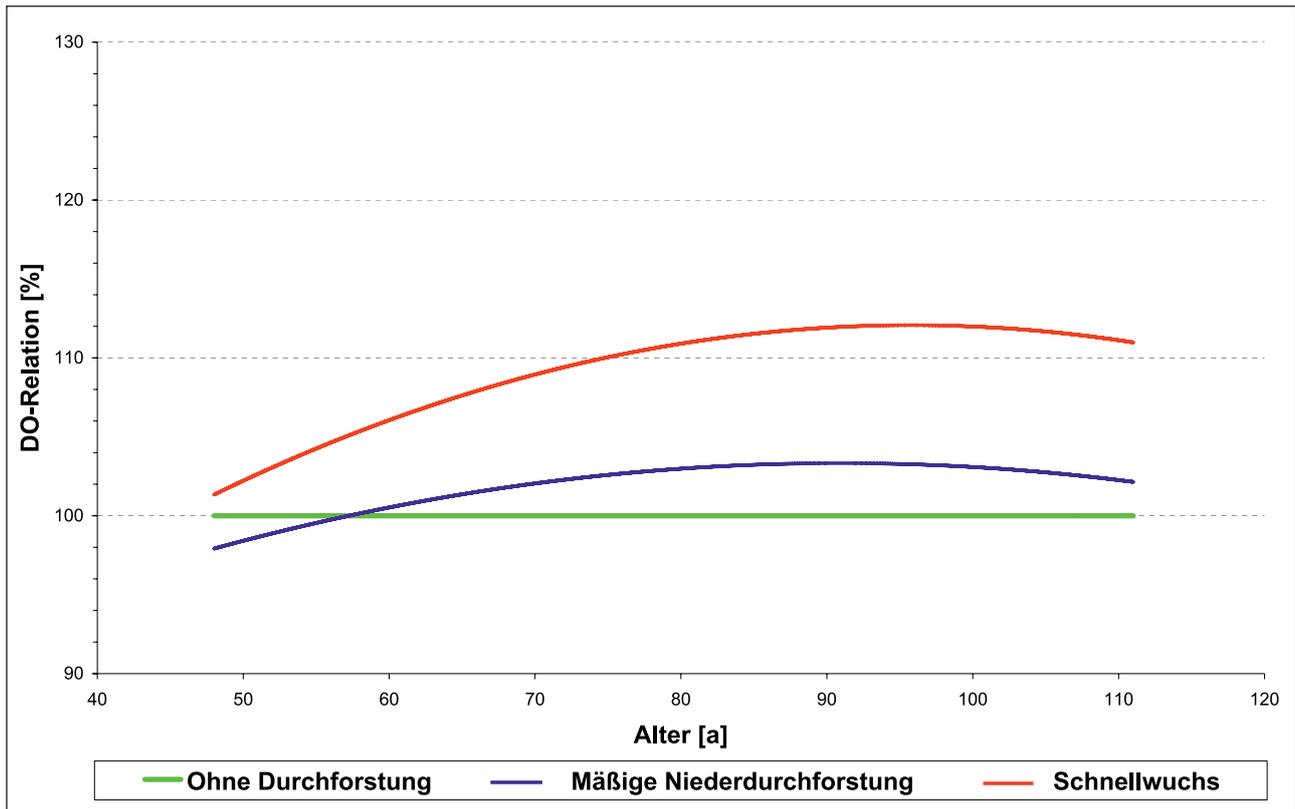


Abbildung 13: Regressionsanalytische Beschreibung der Oberdurchmesser-Relationen zwischen den Varianten im Versuch „PEITZ 150“ (DO der Variante „Ohne Durchforstung“ entspricht 100 %)

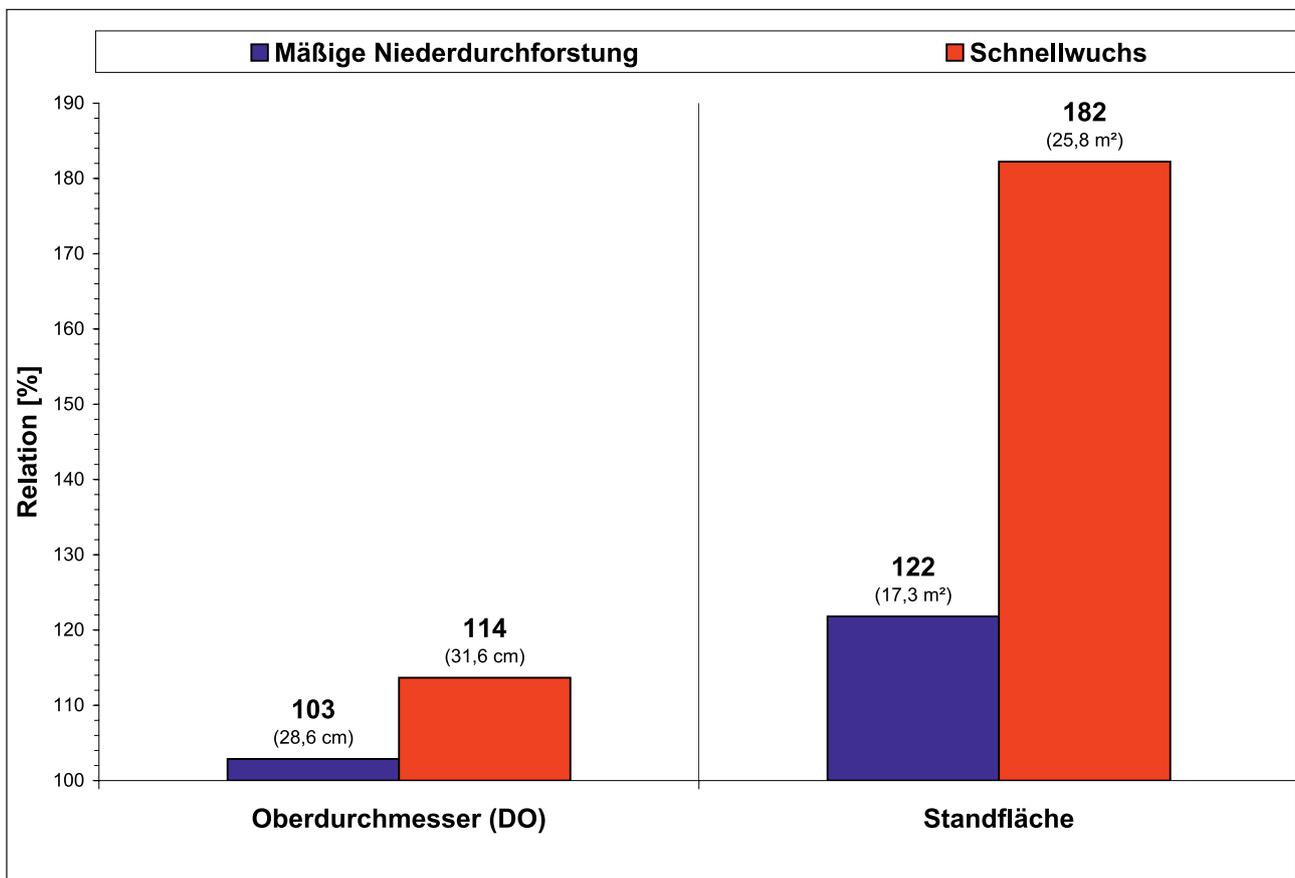


Abbildung 14: Relationen des Oberdurchmessers (DO) und der dafür in Anspruch genommenen Standfläche im Versuch „PEITZ 150“ (Stichtag: 01.01.2011; Bezugsbasis: Variante „Ohne Durchforstung“)

Der mit $\Delta d_{1,3} = 31,5 - 27,7 = 3,8$ cm relativ stark ausgeprägte Überlappungsbereich der 100 stärksten Kiefern-Brusthöhendurchmesser pro Hektar aus den Versuchsvarianten „Ohne Durchforstung“ und „Schnellwuchs“ (Abbildung 15, links) belegt diesen Sachverhalt zweifelsfrei. Demzufolge ist das Durchmesserpektrum der in der undurchforsteten Parzelle vorherrschenden und den Konkurrenzkampf zeitlich dominierenden Kiefern ($25,5 \leq d_{1,3} [\text{cm}] \leq 31,5$) zu einem Anteil von 63,3 % deckungsgleich mit der korrespondierenden $d_{1,3}$ -Spannweite im Schnellwuchs ($27,7 \leq d_{1,3} [\text{cm}] \leq 34,5$).

Die variantenspezifischen Durchmesserpektren der den Hauptbestand komplettierenden Kiefern des $d_{1,3}$ -Ranges 101–200 überlappen sich hingegen überhaupt nicht. Für dieses Kiefernkollektiv bewirkte die Durchforstung eine gänzliche Verschiebung der $d_{1,3}$ -Spannweite in einen größeren Argumentbereich (Abbildung 15, rechts). Bei den nur herrschenden Kiefern kommt der durchforstungsbedingte $d_{1,3}$ -Pfegeeffekt somit wesentlich besser zum Tragen.

Diese Erscheinung ist in der soziologischen Dominanz der die Baumklasse 1 charakterisierenden vorherrschenden Kiefern begründet. Ihre bereits vor der Durchforstung herausragende Stellung im Bestandesgefüge macht sie weniger empfänglich für die ökologische Verteilungswirkung konkurrenzregulierender Pflegeeingriffe als soziologisch nachrangige Bestandesglieder. Die den Konkurrenzkampf absolut dominierenden Kiefern sind hauptsächlich genetisch und standortsspezifisch determiniert.

Je höher der soziologische Status einer Kiefer ist, umso geringer ist demzufolge die Einflussnahmemöglichkeit des Revierförsters, durch starke Durchforstungsmaßnahmen ihr Dickenwachstum über das standortökologisch fixierte Maß hinaus zu beschleunigen. Durchforstungen fördern im Hauptbestand insbesondere das Durchmesserwachstum der herrschenden Kiefern, also der Baumklasse 2.

Für die Ausschöpfung der limitierten Standortproduktivkräfte im Bereich der nährstoffarmen Sandböden Nordostdeutschlands muss neben diesen lichtbaumarttypischen Naturgesetzmäßigkeiten vor allem auch die Standraumökonomie (IjZ $d_{1,3}$ pro m^2 Kronenschirmfläche) der Kiefer beachtet werden. Zu ihrer Charakterisierung beschreiben die Diagramme in Abbildung 16 die stochastischen Beziehungen zwischen den Kronenschirmflächen und den mit ihnen gewogenen laufend jährlichen Durchmesserzuwachsen in Brusthöhe.

Es wird deutlich, dass der Anteil hocheffizienter zuwachsender Kiefern mit zunehmender Durchforstungsstärke erheblich sinkt. Die aus der Standraumerweiterung resultierenden relativen Zuwachsraten der Kronenschirmflächen übersteigen jene der schirmflächenbezogenen Durchmesserzuwächse, so dass die Standraumökonomie stark abfällt. Die variantenspezifischen Gesamtmittelwerte fallen von $0,037 \text{ cm/m}^2$ (Ohne Durchforstung) über $0,021 \text{ cm/m}^2$ (Mäßige Niederdurchforstung) bis auf $0,014 \text{ cm/m}^2$ (Schnellwuchs).

Gleichzeitig nimmt die Zuwachseffizienz mit steigendem soziologischem Status ab. Die dominantesten Kiefern im Bestandesverband nutzen den zur Verfügung gestellten Standraum grundsätzlich am uneffektivsten. Für die Leistung eines definierten Durchmesserzuwachses pro m^2 Kronenschirmfläche benötigen sie eine wesentlich größere Kronenschirmfläche als soziologisch schwächere Kiefern, weshalb ihre Standraumökonomie sinkt (siehe auch Tabelle 4). Schließlich zeigt sich variantenübergreifend, dass bei gleicher soziologischer Stellung die Bäume mit der kleineren Kronenschirmfläche die größere Standraumökonomie erreichen. Innerhalb einer Baumklasse sinkt die Standflächenleistung mit zunehmender Kronenschirmfläche.

Damit werden bereits bekannte Gesetzmäßigkeiten zwischen der Kronengröße und der Zuwachseistung von

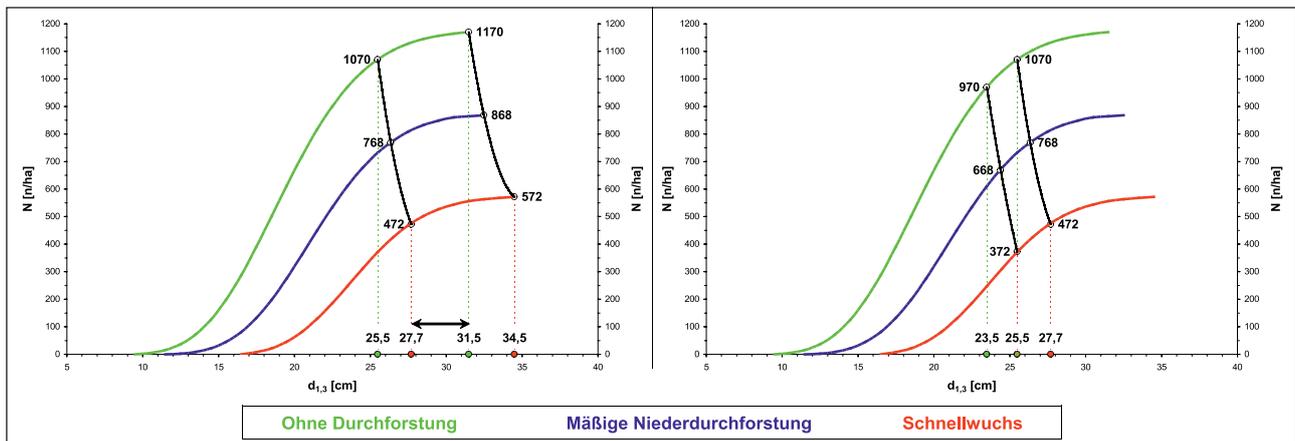


Abbildung 15: Absolute Verteilungsfunktionen $[F(x)]$ der Gammaverteilung zur Beschreibung der Stammzahlfrequenz auf Brusthöhendurchmesserklassen ($d_{1,3}$) für die Durchforstungsvarianten im Versuch „PEITZ 150“ mit Darstellung des Durchforstungseffektes für die vorherrschenden (Durchmesserrang 1-100; links) und herrschenden (Durchmesserrang 101-200; rechts) Kiefern.

Soziologische Baumklasse nach KRAFT (1884)	Ohne Durchforstung	Mäßige Niederdurchforstung	Schnellwuchs
1	0,019	0,010	0,010
2	0,031	0,019	0,014
3	0,051	0,034	0,018
4	0,077	--	--

Tabelle 4: Mittlere Standraumökonomie [IjZ $d_{1,3}$ pro m^2 Kronenschirmfläche] der nach soziologischen Baumklassen stratifizierten Versuchsbäume in den Durchforstungsvarianten des Versuches „PEITZ 150“

Waldbäumen bestätigt (u. a. SCHÄDELIN 1942, MAGIN 1952, MAYER 1957, ERTELD & KRÄUTER 1957, DITTMAR 1959, KENNEL 1966, LOCKOW 1998, SPELLMANN 2006).

Bei der Kiefern-Durchforstung kommt es deshalb nicht darauf an, möglichst breite Kronen zu erziehen, sondern vor allem lange, kegelförmige Kronen. Letztere weisen das höhere Kronenverhältnis, den geringeren Plumpeitsgrad und geometrisch bedingt auch die größere, assimilatorisch wirksame Kronenmantelfläche auf.

Diese gewünschten Kronenformen lassen sich am besten im Zuge einer mäßig bis stark geführten selektiven a-Typen-Durchforstung nach ERTELD & KRÄUTER (1957) entwickeln, wobei der Konkurrenzkampf im Bestandesgefüge derart gesteuert wird, dass das Drängen innerhalb der soziologisch führenden Baumschicht noch spürbar ist. Eine völlige Ausschaltung der Baumrivalität im Hauptbestand zugunsten einzelner Exemplare im Stile des Schnellwuchsbetriebes wäre diesbezüglich verfehlt, auch weil die Zukunftsfähigkeit der wenigen freigestellten Kiefern nicht prognostizierbar ist. Wuchsraumspezifische Versuchsergebnisse dokumentieren, dass selbst konsequent begünstigte Lichtbaumart-Auslesebaumkollektive unter den ökologischen Bedingungen des Nordostdeutschen Tiefandes eine mittlere Ausfallrate von 75% aufweisen (LOCKOW 1996, NOACK 2011 a).

Über eine solche selektive Bestenauslese im lockeren Bestandesschluss hinausgehende dauerhafte Kronenschlussunterbrechungen schaden somit der Standraumökonomie, schwächen die Auslesebaum-Reserveeigenschaft des Hauptbestandes und verschenken biologische Gratiskräfte in wirtschaftlich relevantem Umfang.

Neben den bislang herausgearbeiteten Versuchsergebnissen begründen insbesondere die alle Wachstumsdimensionen integrierenden Volumenzuwächse die ertragskundliche Leistungsunterlegenheit des Schnellwuchsbetriebes (Abbildung 17).

So weisen ihm die mit den Durchforstungsperioden gewogenen laufend jährlichen Schaftholzzuwächse (ljZ_{VSH}) der zu den Hauptbestandeskollektiven zählenden 200 stärksten Kiefern pro Hektar in Höhe von $33,6 \text{ dm}^3$ (Ohne Durchforstung), $36,4 \text{ dm}^3$ (Mäßige Niederdurchforstung) und $33,3 \text{ dm}^3$ (Schnellwuchs) die geringste Leistungsfähigkeit zur Schaftholzvolumenbildung nach. Die Zuwachsrelation beträgt somit $1,00 : 1,08 : 0,99$.

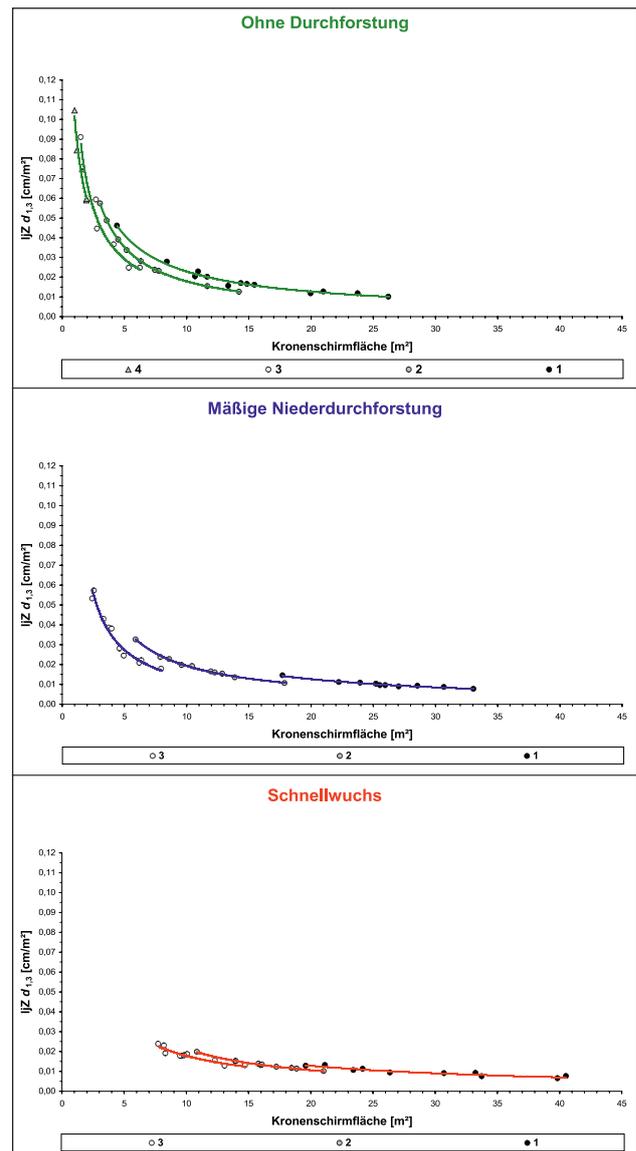


Abbildung 16: Standraumökonomie der nach soziologischen Baumklassen differenzierten Bestandesglieder in den Varianten des Versuches „PEITZ 150“

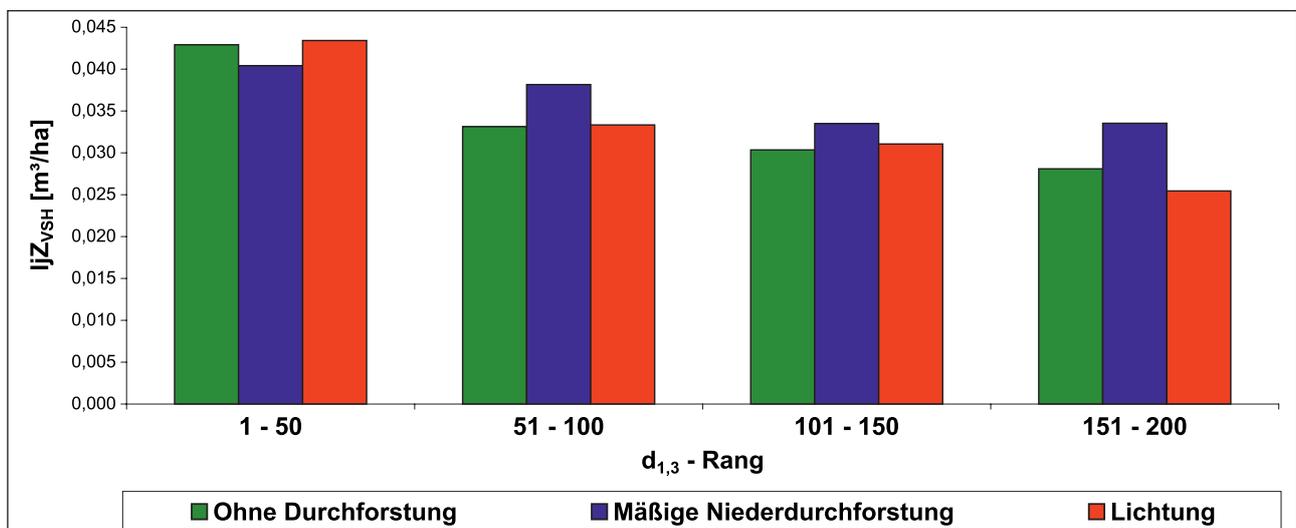


Abbildung 17: Mit den Durchforstungsperioden gewogene laufende jährliche Schaftholzvolumenzuwächse verschiedener Auswahlkollektive der stärksten Kiefern im Versuch „PEITZ 150“

Lediglich im Teilkollektiv der 50 stärksten Kiefern pro Hektar bewirkt die Schnellwuchs-Durchforstung eine geringfügige Zuwachsdominanz. Die im Durchmesserang folgenden und den Hauptbestand jeweils komplettierenden Kiefernkollektive sind in der Mäßigen Niederdurchforstungsvariante jedoch allesamt zuwachsüberlegen.

Der Vergleich der variantenspezifischen Gesamtwuchsleistung (GWL) als bester ertragskundlicher Leistungsweiser für Waldbaumpopulationen in *Abbildung 18* bestätigt zusätzlich das für die Schnellwuchsdurchforstung ungünstige Urteil.

Mit einem bis zum Kiefernalter 11 Jahre kumulierten Derbholzvolumen von 345,3 m³/ha (87,9%) unterliegt der Schnellwuchs im Vergleich mit der Versuchsvariante „Mäßige Niederdurchforstung“ (392,9 m³/ha; 100,1%) bzw. der Referenzvariante „Ohne Durchforstung“ (392,6 m³/ha; 100,0%) deutlich. Der geringfügige Durchmesser Vorsprung gegenüber der alternativen Durchforstungsvariante von $\Delta DG = 2,4$ cm bzw. $\Delta DO = 3,0$ cm hat demzufolge einen GWL-Verlust von aktuell 47,6 m³/ha zur Folge. Da sich beide GWL-Entwicklungslinien füllhornartig öffnen, ist darüber hinaus noch eine weitere Erhöhung des Differenzbetrages zu Lasten des Schnellwuchsbetriebes wahrscheinlich.

Die zeitgleichen Derbholzvorräte im verbleibenden Bestand als Untermenge der vorangestellten Gesamtwuchsleistungen betragen 294 m³ (Ohne Durchforstung), 284 m³ (Mäßige Niederdurchforstung) und 229 m³ (Schnellwuchs) pro Hektar. Da der Schnellwuchsvorrat den Vorrat der Variante „Mäßige Niederdurchforstung“ um 55 m³ (ca. 20%) unterschreitet, ist das künftige Zuwachsvermögen und somit das Wertschöpfungspotenzial seines verbleibenden Restbestandes erheblich verringert. Die sich bis zur Bestandsernte anhäufenden Zuwachsverluste bilden für den Forstbetrieb einen empfindlichen naturalen und wirtschaftlichen Schaden.

Schließlich gestatten die sich in der Durchforstungsstärke erheblich unterscheidenden Versuchsvarianten auch die exakte Quantifizierung der Wirkungsbeziehung zwischen der mittleren Grundflächenhaltung (mGH) und dem durchschnittlichen Gesamtzuwachs (dGZ). Für das Standortsegment der relativ nährkraftschwachen Sand-Standorte liefert der Versuch damit mathematische abgesicherte Zusatzinformationen zur gesetzmäßigen Volumenzuwachsreaktion von Kiefernbeständen im Zuge durchforstungsbedingter Grundflächenabsenkungen bzw. Stammzahlentnahmen (*Abbildung 19*).

Ausgehend vom biologischen Referenzwert der undurchforsteten Parzelle, welcher die aus der maximalen Anzahl lebensfähiger Individuen resultierende höchstmögliche Bestandesgrundfläche (mGH = 28,31 m²/ha) und somit den natürlichen Bestockungsgrad 1,0 beschreibt, ermöglicht die abgebildete Trendlinie das Auffinden einer für den Einzelbaum wie den Gesamtbestand zuwachsoptimalen Durchforstungsstärke.

Demzufolge kann davon ausgegangen werden, dass bis zu einer Verringerung der mittleren Grundflächenhaltung auf ca. mGH = 24,00 m²/ha noch die höchste Volumenzuwachsfähigkeit des Kiefernbestandes gewährleistet bleibt. Der mittlere natürliche Bestockungsgrad beläuft sich dann auf 0,85 und der durchschnittliche Gesamtzuwachs liegt noch nahe des standortökologisch fixierten Maximums in Höhe von ca. $dGZ_{DH} = 3,50$ m³/ha*a (100%). In diesem Fall kompensiert der zuwachs-fördernde Durchforstungseffekt am Einzelbaum die maßnahmebedingte Stammzahl- bzw.

Grundflächenreduktion und hält den Derbholzvolumenzuwachs des verbleibenden Bestandes auf konstant hohem Niveau.

Eine Durchforstungsstärke im Bereich dieses mGH-Schwellenwertes optimiert somit das Streben nach möglichst starken Einzelbaumdurchmessern und gleichzeitig höchstmöglichem Bestandesvolumenzuwachs. Bezugnehmend auf die Eberswalder Kiefern-Wuchsserien (Unteres Ertragsniveau [UEN]) von L. EMBCKE, KNAPP, DITTMAR (1975) bedeutet dies, den wirtschaftlichen Bestockungsgrad des verbleibenden Bestandes dauerhaft im Bereich von 0,85–1,00 zu halten. Die Kiefernbestände befinden sich dann sicher im Bereich der optimalen Grundflächenhaltung, das heißt, die durchforstungsbedingten Volumenzuwachsverluste betragen maximal 5%.

Eine weitere Verringerung der produzierenden Bestandesgrundfläche durch Frühlichtung unterschreitet diese Grenze und führt zu exponentiell ansteigenden dGZ-Verlusten. So bewirkte die im beschriebenen Versuch dauerhaft sichergestellte Kronenschlussunterbrechung eine Absenkung der mittleren Bestandesgrundfläche auf mGH = 20,26 m²/ha. Der damit korrespondierende mittlere natürliche Bestockungsgrad beträgt 0,72 und der auf die Kiefern Tafel von L. EMBCKE, KNAPP, DITTMAR (1975) bezogene mittlere wirtschaftliche Bestockungsgrad 0,78. Es resultieren Zuwachsverluste an Bestandes-Derbholzvolumen (dGZ_{DH}) in Höhe von bereits fast 15% (ca. 0,5 m³/ha*a), ohne dass ein nennenswerter Stärkezuwachs am Einzelbaum erzielt wurde.

3.2.2. Schlussfolgerungen

Das Vermögen der Kiefer, auf starke Durchforstungs Eingriffe mit langanhaltendem und wirtschaftlich relevantem Dickenzuwachs zu reagieren, ist lichtbaumartypisch gering. Insbesondere auf nährkraft- und sorptionsschwachen Böden im nordostdeutschen Pleistozän bewirkt eine auf frühzeitige und dauerhafte Kronenschlussunterbrechung abzielende Kiefern-Durchforstung lediglich eine kurzzeitige und außerordentlich schwach ausgeprägte Wachstumsbeschleunigung. Bis zum Reifestadium der Kiefern-Ökosysteme geht ein nur unwesentlicher Durchmesser Gewinn deutlich zu Lasten der bestandesweisen Gesamtwuchsleistung an Rohholzvolumen.

Aus ertragskundlicher Sicht sind Schnellwuchsbetrieb und flächeneffiziente Dendromasseproduktion in nordostdeutschen Kiefernbeständen unvereinbar. Die bereits von Natur aus geringe Ertragsleistung der standortspezifischen Kiefernökosysteme wird durch die unverhältnismäßig hohe Stammzahl- und Grundflächenreduktion im Schnellwuchsbetrieb noch zusätzlich gemindert. Frühlichtung bei der Kiefernwirtschaft und Konzentration auf wenige vorherrschende Individuen bedeutet daher freiwilliger Verzicht auf eine effiziente Standraumnutzung und wertvollen Holzzuwachs. Die Wahrung der Standraumökonomie durch möglichst viele gute, vitale Hauptbestandsglieder im lockeren Bestandesschluss sichert hingegen eine optimale Synthese aus Bestandes- und Einzelbaumproduktivität.

Dieser aus dem geringen allgemeinen Ertragsniveau der Kiefer resultierende Optimierungsprozess macht die individuelle Pflegebedürftigkeit herrschender und vorherrschender Kiefern im leicht gedrängten Hauptbestand zum wichtigsten Durchforstungskriterium. Dabei sind die zuwachsstärksten und zugleich qualitativ hochwertigsten Be-

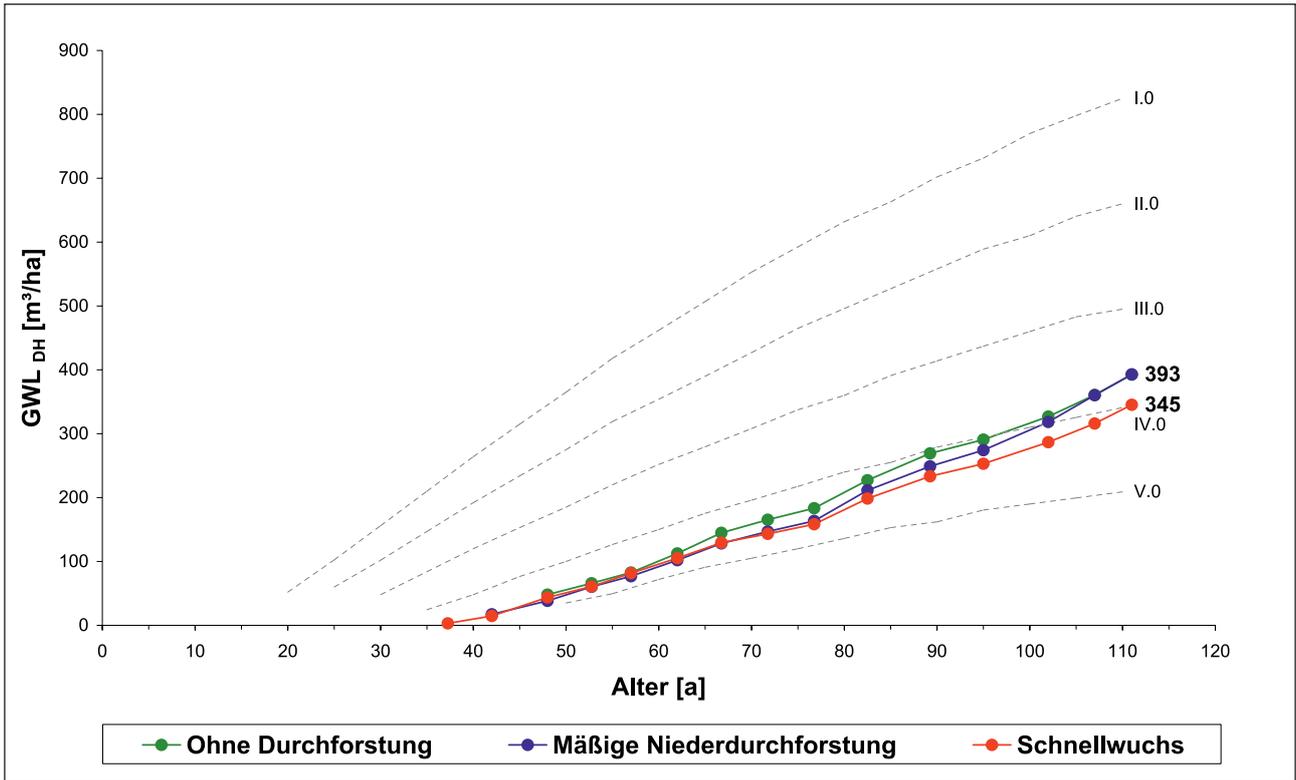


Abbildung 18: Derbholz-Gesamtwuchsleistung (GWL_{DH}) im Versuch „PEITZ 150“ mit Bonitierungsklassen der Ertragstafel „Kiefer - UEN“ von LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR (1975)

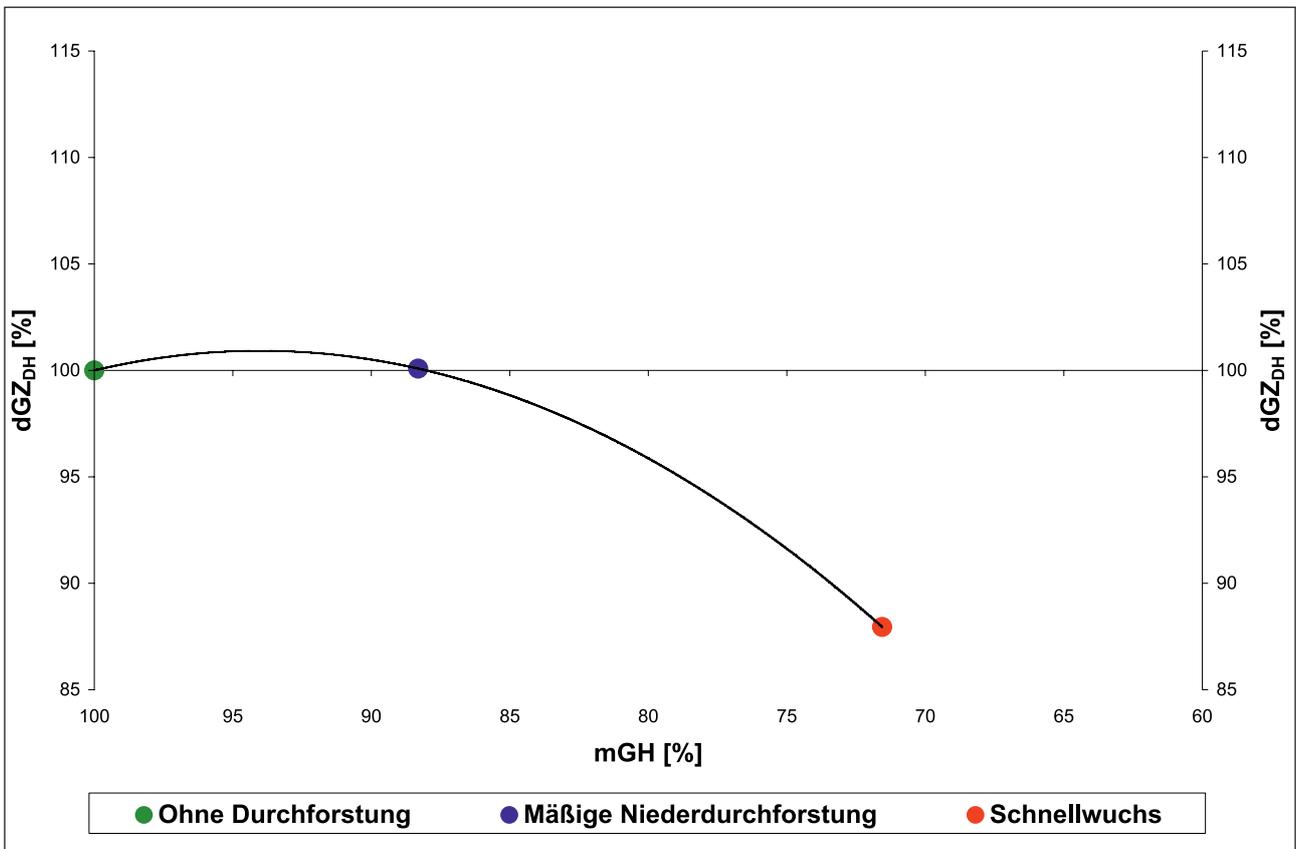


Abbildung 19: Zusammenhang zwischen der mittleren Grundflächenhaltung im verbleibenden Bestand (mGH) und dem durchschnittlichen Derbholzvolumen-Gesamtwuchs (dGZ_{DH}) im Versuch „PEITZ 150“

standesglieder mit möglichst schlanken, konzentrischen, kegelförmigen Kronen gezielt zu begünstigen. Unter Beachtung der standortökologischen Wachstumsbedingungen des Nordostdeutschen Tiefandes ist hierfür eine selektive Auslesedurchforstung mit niederdurchforstungsartigem Charakter zu praktizieren. Wo es die naturale Ausstattung der Kiefernbestände gestattet, sind im Rahmen dieser Bestenauslese vorzugsweise deutlich herrschende Kiefern herauszupflegen, die dem a-Typ nach ERTELD & KRÄUTER (1957) entsprechen. Im Gegensatz zum geringwertigen und gewöhnlich sperrigen Vorwuchs (b-Typ) vereinen sie erwünschte Holzqualitätsmerkmale, eine hohe Wachstumsleistung sowie eine überdurchschnittliche Standraumökonomie.

Eine naturnahe Bewirtschaftung der Kiefer auf nährkraftschwachen Sandböden im subkontinentalen Klimabereich hat zur Voraussetzung, dass die Bestandesbehandlung an den Leitprozessen des nemoralen Kiefernwaldes Nordosteuropas (BOHN u. a. 2003, GREGER 2006) ausgerichtet wird. Dessen natürliches Prinzip der ökologischen Selbstorganisation führt in der Folge abrupten, flächenhafter Verjüngungsereignisse zu strukturell homogenen und relativ stammzahlreichen Bestandesaufbauformen mit lockerem bis dichtem Kronenschluss. Eine den Naturwaldprozessen entlehnte Kiefernwirtschaft hilft den forstlichen Erhaltungsaufwand der Kiefernökosysteme wirkungsvoll zu reduzieren, biologische Gratiskräfte konsequenter zu nutzen und vor allem die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit der Kiefernwirtschaft zu gewährleisten.

4. Zusammenfassung

Der vorliegende Forschungsbeitrag zum Wachstum der Gemeinen Kiefer auf nährkraftschwachen Böden im Land Brandenburg unter dem Einfluss von Standortwandel und Durchforstung basiert auf dem langfristigen Durchforstungsversuch „PEITZ 150“.

Aus makroklimatischer und bodenkundlicher Sicht ist die zwischen den Ortschaften Peitz und Lieberose auf einem jungpleistozänen Sande befindliche Versuchsfäche für ca. 50% der Waldfläche des Landes Brandenburg repräsentativ.

Auf der Grundlage von 17 waldwachstumkundlichen Wiederholungsaufnahmen sowie umfangreichen Boden-, Ernährungs- und Vegetationsanalysen wurden der Standorts-, Vegetations- und Wachstumswandel sowie die Standraumökonomie und Ertragsleistung der Kiefer bei drei verschieden stark geführten Niederdurchforstungen untersucht.

Unter dem Einfluss der in den letzten Jahrzehnten ausbleibenden Streunutzung und Waldweide sowie der langjährigen Einwirkung von atmosphärischen Industrie-Emissionen verbesserte sich im Untersuchungsgebiet der vormals stark degradierte Oberboden, so dass die über Jahrhunderte anthropogen verringerte Standortproduktivkraft wieder erheblich anstieg. In der Folge vollzogen sich ein tiefgreifender Florenwandel sowie ein seit ca. vier Jahrzehnten nachweisbarer Zuwachsanstieg der ursprünglich leistungsschwächsten Kiefernbestände Nordostdeutschlands.

Auf nährkraft- und sorptionsschwachen Böden des nordostdeutschen Pleistozäns führen frühzeitige und dauerhafte Kronenschlussunterbrechungen lediglich zu einer kurzzeitigen und außerordentlich schwachen Wachstums-

beschleunigung am Einzelbaum. Die ökosystemare Dendromasseproduktivität wird durch solche Schnellwuchsdurchforstungen hingegen erheblich geschwächt.

Nur eine an den Kiefern-Naturwaldprozessen ausgerichtete Kiefernwirtschaft kann ökologisch und ökonomisch nachhaltig sein. Eine auf diesen Zweck ausgerichtete Bestandesbehandlung muss die individuelle Pflegebedürftigkeit vitaler und qualitativ hochwertiger Kiefern im leicht gedrängten Hauptbestand als Hauptdurchforstungskriterium beachten. Aufgrund des artspezifischen Zuwachsverhaltens der Kiefer unter den standortökologischen Wachstumsbedingungen des Nordostdeutschen Tiefandes wird eine selektive Auslesedurchforstung mit niederdurchforstungsartigem Charakter empfohlen. Regelmäßige und mäßig bis stark ausgeprägte Durchforstungseingriffe sollen dabei die besonders standraumökonomisch wachsenden Kiefern des a-Typs nach ERTELD & KRÄUTER (1957) im lockeren Bestandesschluss fördern.

Die Unentbehrlichkeit langfristiger Versuchsflächenforschung nach dem transdisziplinären Waldkundeprinzip für eine multifunktional nachhaltige Waldwirtschaft unter dem zunehmenden Einfluss des globalen ökologischen Wandels wird begründet.

Literatur

ASSMANN, E. (1961):

Waldtragskunde. München, Bonn, Wien.

BOHN, U.; GOLLUB, G.; HETTWER, CH. (2003):

Karte der natürlichen Vegetation Europas. Landwirtschaftsverlag.

DITTMAR, O. (1959):

Zur Frage des „Wuchsbeschleunigungseffekts“ durch starke Durchforstung im jungen Fichtenbestand. Archiv für Forstwesen 8: 923–945.

DITTMAR, O. (1991):

Die Kiefer (*Pinus sylvestris*) - Wachstum und Ertrag der Kiefer im nordostdeutschen Tiefand. Berichte aus Forschung und Entwicklung 26: 4–44.

ERTELD, W.; KRÄUTER, G. (1957):

Untersuchungen über die Erkennbarkeit guter und schlechter Zuwachsträger bei der Kiefer. Archiv für Forstwesen 6 (5/6): 361–420.

EINERT, P. (2011):

Mündliche Mitteilung.

GREGER, O. (2006):

Der natürliche Kiefernwald als Basis für eine rationelle Kiefernbewirtschaftung. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 40 (2).

HOFMANN, G. (1985):

Die potentielle natürliche Nettoprimärproduktion an oberirdischer Pflanzentrockenmasse – ihre Quantifizierung und Kartierung für das Gebiet der DDR. Beiträge für die Forstwirtschaft 19: 110–116.

- HOFMANN, G. (2001):
Mitteleuropäische Wald- und Forst-Ökosystemtypen in Wort und Bild. Sonderheft AFZ-Der Wald. BLV München.
- HOFMANN, G. (2002):
Entwicklung der Waldvegetation des nordostdeutschen Tieflandes unter den Bedingungen steigender Stickstoffeinträge in Verbindung mit Niederschlagsarmut. In: ANDERS u. a.: Ökologie und Vegetation des Wälders Nordostdeutschlands. Verlag Dr. Kessel, Oberwinter: 24–41.
- HOFMANN, G.; HEINSDORF, D. (1990):
Depositionsgeschehen und Waldbewirtschaftung. Der Wald 40: 208–213.
- HOFMANN, G.; HEINSDORF, D.; KRAUSS, H.-H. (1990):
Wirkung atmosphärischer Stickstoffeinträge auf Produktivität und Stabilität von Kiefern-Forstökosystemen. Beiträge für die Forstwirtschaft 24: 59–73.
- HOFMANN, G.; POMMER, U. (2005):
Potenzielle natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 14. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Hrsg.).
- KAHLE, H.-P.; KARJALAINEN, T.; SCHUCK, A.; AGREN, G. I.; KELLOMÄKI, S.; MELLERT, K.; PRIETZEL, J.; REHFUESS, K.-E.; SPIECKER, H. (2008):
Causes and Consequences of Forest Growth Trends in Europe. Brill, Leiden & Boston.
- KENNEL, R. (1966):
Soziale Stellung, Nachbarschaft und Zuwachs. Forstw. Cbl. 85: 193–204.
- KRAFT, G. (1884):
Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Hannover.
- KRAUSS, H.-H.; HEINSDORF, D. (2005):
Ernährungsstufen für wichtige Wirtschaftsbaumarten. Beiträge für die Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 39: 172–179.
- KRIEGER, H. (1935):
Die fechtenreichen Pflanzengesellschaften der Mark Brandenburg. Beiheft Bot. Cbl. 7 B. H. 1 2 (1937).
- LEMBCKE, G.; KNAPP, E.; DITTMAR, O. (1975):
Kieferntragstafel 1975. Institut für Forstwissenschaften Eberswalde, Eberswalde.
- LOCKOW, K.-W. (1996):
Waldwachstumskundliche Grundlagen zur Bewirtschaftung der Kiefer in Brandenburg. Deutscher Forstverein, Jahresbericht 1996: 140–149.
- LOCKOW, K.-W. (1998):
Der Kieferndurchforstungsversuch CHORIN 97 – Ziel und Ergebnisse für die Praxis. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 32 (1): 15–23.
- MAGIN, R. (1952):
Zuwachsleistungen der soziologischen Baumklassen in langfristig beobachteten Versuchsfeldern. Forstw. Cbl. 71: 225–243.
- MAYER, R. (1957):
Untersuchungen über Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. Dissertation, München.
- MÜLLER, K. (2007):
Die aktuelle Verbreitung der Kiefer im Land Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. XXXII: 9–13.
- NOACK, M. (2007):
Zur Ertragsleistung nordostdeutscher Kiefernreinbestände in Abhängigkeit von der Durchforstungsstärke am Beispiel des langfristigen Durchforstungsversuches „Finnowtal 227 A“. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. XXXII: S. 428–439.
- NOACK, M. (2011 a):
Forstliche Langfristforschung für den Zukunftswald – welche Entwicklung vollzogen WIEDEMANN's schlechtesten Kiefernbestände Ostdeutschlands? Tagungsband der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten anlässlich der Jahrestagung vom 06. bis 08. Juni 2011 in Cottbus: 38–56.
- NOACK, M. (2011 b):
Langfristige forstliche Versuchsfeldforschung in Eberswalde - Erkenntnisquelle für eine nachhaltige Waldwirtschaft. AFZ-Der Wald 66 (3): 29–32.
- PRETZSCH, H. (1999):
Waldwachstum im Wandel, Konsequenzen für Forstwissenschaft und Forstwirtschaft. Forstwissenschaftliches Centralblatt 118: 228–250.
- SCHÄDELIN (1942):
Die Auslesedurchforstung als Erziehungsbetrieb höchster Wertleistung. 3. Aufl. Verlag Paul Haupt, Bern, Leipzig.
- SCHWAPPACH, A. (1908):
Die Kiefer. Verlag J. Neumann-Neudamm.
SEA 95 [Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland] von SCHULZE, G. und KOPP, D. (1996). Zweite Auflage der SEA 74. Teil A bis C.
- SPELLMANN, H. (2006):
Waldumbau im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie. Tagungsbericht des Brandenburgischen Forstvereins e. V. zur Jahrestagung vom 18. Mai 2006 in Eberswalde: 24–46.
- SPIECKER, H.; MIELIKÄINEN, K.; KÖHL, M.; SKOVGAARD, J. P. (1996):
Growth Trends in European Forests. Springer, Berlin.
- WIEDEMANN, E. (1942):
Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände. Die Ursachen ihres Zustandes und Wege zu ihrer Besserung. Reichsnährstand Verlags-Ges. m. b. H., Berlin.

WIEDEMANN, E. (1943 a):

Ertragstafeln der wichtigen Holzarten. V erlag M. & H. Schaper, Hannover (1949).

WIEDEMANN, E. (1943 b):

Lichtwuchsbetrieb im Buchenwald und im Kiefernwald.
Sonderdruck aus „Der Deutsche Forstwirt“ Nr. 85/86 und 87/88.

Der Autor bedankt sich bei:

MARTIN GRÜLL für die standortkundlichen Erläuterungen,

Prof. Dr. FRANK GUTWASSER für die Fertigung der Laboranalysen,

Prof. Dr. habil. GERHARD HOFMANN für den waldkundlichen Meinungsstreit,

Prof. Dr. habil. DIETER HEINSDORF für die boden- und ernährungskundlichen Diskussionen,

Prof. Dr. sc. KARL-WILLI LOCKOW für den ertragskundlichen Dialog sowie

besonders meinem Vater, WOLFGANG NOACK, für die tatkräftige Unterstützung bei den praktischen Versuchsflächenarbeiten und den wertvollen waldbaupraktischen Erfahrungsaustausch.

Das Wasser macht's – Substratfeuchte in der forstlichen Standortsgliederung.

erste Skalierungs- und Bewertungsansätze in Brandenburg

ALEXANDER KONOPATZKY

Ausgehend vom Bestreben, die Eingangsgrößen für einen möglichst klimastabilen Waldbau der Zukunft in den Standortskarten bereit zu stellen, wurde seit 2002 die Substratfeuchte als neue Größe in die Standortskarten eingeführt. Zurzeit finden wir sie in allen neu gedruckten forstlichen Standortskarten des Landes Brandenburg in Form eines Legendeneintrags bei anhydromorphen Feinbodenformen. Im folgenden wird dieser ökologische Standortsfaktor erläutert und auf noch bestehende Probleme in seiner Definition als auch der Anwendung eingegangen. Die Arbeit dokumentiert vor allem den Entwicklungsstand, der bisher bereits Eingang in die Standortskarten fand.

1. Zielstellung

Mit der Substratfeuchte soll vor allem die große Gruppe der Sandsubstrate ohne Grundwasseranschluss (von kiesigen Grobsanden über normale Mittel-Feinsande bis zu Staub- und Bänderstaubsanden) nach ihrem Wasserspeicherverhalten (Substratwasserhaushalt) in einer aufsteigenden Bewertungsskala angeordnet werden. Diese bisher 8-stufige Skala (mit Begriffen von a = speichertrocken bis g = hafrisch) folgt 3 Kriterien:

1. Sie definiert sich vor allem über die Körnungseigenschaften (Feinheiten der nutzbaren Wasserspeicherkapazität nWSK nach Haupt- u. Nebenkörnungsarten) und verhält sich damit relativ robust gegen sich weiter entwickelnde Basiswerte aus der Bodenphysik.
2. Es sollen das Gesamt-Bodenprofil in seiner Stabilitätswirkung berücksichtigt und Überschneidungen zur Skala der Stamm-Nährkraft in Fünftelstufen gering gehalten werden. So soll z.B. die Körnung des Oberbodens, die bereits recht stark die Stamm-Nährkraft differenziert, nicht allein ausschlaggebend bei der Feuchte Kennzeichnung der grund- u. stauwasserfreien Substrate sein. Tiefere Unterlagerungen mit (wachstums- und) stabilitätsfördernden Schichten sind in die Skala in Form von Zuschlägen integriert.
3. Sie berücksichtigt zusätzlich zur nWSK auch in vereinfachter Form die Austrocknungsgeschwindigkeit des Substrates, um über Wachstumsleistungsunterschiede hinaus mehr in Richtung der Stabilität von Baumarten interpretierbar zu sein. Auch weiter entwickelte bodenphysikalische Grundlagen können so leichter integriert werden (Veränderungen bei Pedotransferfunktionen).

2. Einleitung – zur Wirkungsweise des substratbedingten Wasserangebotes

Das Wasserdargebot stellt einen der wichtigsten Ökofaktoren dar (standortsbedingter Trockenstress, Wasserbereitstellung für Wachstum und Ertragsbildung, ...).

ANDERS et al. (1985; andere Quellen s. Abschnitt 4.2) stellen den Anteil des Wasserhaushaltes gegenüber der Nährkraftwirkung bei der Nettoprimärproduktion von Kiefern- und Buchenbeständen des Nordostdeutschen Tieflandes in einer grundlegenden Studie dar. Dabei ergab sich, dass auf nährstoffärmeren Standorten die Wirkung des Feuchtefaktors DKF am höchsten war. Allerdings integrierte dieser Faktor noch die wesentlichen Klimateinflüsse in der Wirkung, so dass daraus nur mit Abstrichen auf die Wirksamkeit der nWSK von Sandböden bzw. der bodenphysikalischen Substrateigenschaften auf die Ertragsbildung geschlossen werden kann.

Unter dem **Substratwasserhaushalt** soll auf grundwasserfernen Standorten die in den Porenzwischenräumen des Bodens nach Abzug bzw. Versickerung von Gravitationswasser/ Sickerwasser verbleibende, für Pflanzen nutzbare Wassermenge sowie deren Verfügbarkeit bei unterschiedlichen Austrocknungszuständen während der Vegetationsperiode angesehen werden.

In der Regel stellt sich das maximale Substratwasserangebot auf den grundwasserfernen Böden im Laufe des Winters ein, bevor die Vegetation wieder in nennenswertem Umfang zu transpirieren beginnt.

Für den Zusammenhang von bodenseitigem Wasserdargebot und Baumwachstum sind vor allem folgende Grundüberlegungen unmittelbar relevant:

2.1. Wassermenge:

Ein höheres pflanzennutzbares Wasserangebot führt prinzipiell auch zu verbessertem Baumwachstum / höherer Ertragsleistung, solange die anderen Ökofaktoren nicht limitierend wirken (u. a. in LYR et al., 1992). Gute Beispiele geben hierfür die Zusammenhänge von Jahrringaufbau der Bäume und Niederschlagsgeschehen, die allerdings normalerweise noch von parallel wirkenden Faktoren überlagert werden (Temperatur, Luftfeuchte, Wasseraufnahme über die Blätter) und deswegen nicht vollständig dem Bodenwassergehalt zugeschrieben werden können (z.B. RIEK und WESSOLEK, 1994 u. 95, NEUMANN und WÄTZIG 1996).

Dem zur Folge muss in eine Bewertung des Substratwasserhaushaltes zunächst die verfügbare Wassermenge eingehen. Dies geschieht anhand der nutzbaren Wasserspeicherkapazität (nWSK), die unter Berücksichtigung der Lagerungsdichte und des Humusgehaltes einem Nomogramm bzw. einer Wertetabelle entnehmbar ist (ausführlich unter 3.1). Nach RIEK und WESSOLEK, (1994 u. 95) ergibt sich z.B. bei Kiefern auf Berliner grundwasserfernen Sandstandorten der Makroklimaform GAMMA (trockenes Tiefandsklima) ein deutlicher Zusammenhang zwischen der nWSK im effektiven Wurzelraum und dem Dickenwachstum der Bäume.

HOFFMANN (in AK STANDORTSKARTIERUNG, 1996) belegt an einer Abfolge von Standorten mit unterschiedlicher nutzbarer Wasserspeicherkapazität (nWSK) deren Wirksamkeit auf die Ertragsbildung der Fichte.

2.2 Entwässerungsverhalten:

Neben der mengenmäßigen Verfügbarkeit des Wassers ist ebenfalls entscheidend, wie groß der **Widerstand für die Wasseraufnahme / Wassernutzung** durch die Pflanze ist. Steht Wasser praktisch ungehindert zur Verfügung, kommt es mehr oder minder ausgeprägt zu einem Luxuskonsum durch die Pflanze. Für dieselbe Nettoassimilation wird dann mehr Wasser verbraucht, als es bei größerem Wassersättigungsdefizit im System Boden-Pflanze-Luft der Fall ist (siehe LYR et al. 1992). Die bei positiven Temperaturen sofort

assimilierenden Nadelbäume können im Gegensatz zu den Laubbäumen je nach Niederschlagsverteilung noch einen Teil des freien vorfrühlings-Sicherwassers nutzen. Ähnliches trifft auf die Geophyten in Laubwäldern zu, die den Frühjahrsaspekt bilden.

Das Entwässerungsverhalten des Bodens kann sogenannten Saugspannungskurven für Substratproben entnommen werden, bei denen dem Wassersättigungsdefizit (als Saugspannung) des Bodens die noch darin gebundene Wassermenge gegenübergestellt wird (Abb. 1, nach Daten von RENGER et al., 2009):

Zu Beginn der Vegetationszeit, wenn mitunter noch phasenweise viel Sickerwasser verfügbar ist (pF nahe 0), sind die Unterschiede zwischen den Substraten relativ gering. Bis zum Ablauf des freien Sickerwassers (pF 1,8) differenzieren sich die Substrateigenschaften schon recht deutlich (linke Balkenreihe).

Die Sande entwässern trotz teilweise recht hoher Wasserspeicherkapazität sehr schnell (schon bei niedrigen pF-Werten,) und stellen bei größerer Trockenheit (hier pF 3,5 als Bsp.) kaum noch Wasser zur Verfügung. Einer anfänglichen Phase des Luxuskonsums von Wasser kann so für die Pflanzen schnell eine Phase des Trockenstresses folgen.

Tone und Lehme hingegen entwässern sehr gleichmäßig. Auch in der Anfangsphase der Entwässerung ist kaum ein Luxuskonsum durch die Pflanzen möglich, da schon bei niedrigen

Saugspannungen (geringem Sättigungsdefizit) nur ein relativ geringes Wasserdargebot pro pF-Teilspanne verfügbar ist. Die bei pF 1,8 verfügbaren Wassermengen unterscheiden sich aber besonders bei Tönen nur moderat von Sanden. Bei Feinsanden sind die Differenzen zum Ton nur noch marginal (nicht dargestellt, vgl. 3.1 u. 3.2). Erst im Laufe der Austrocknung in der Vegetationszeit ergibt sich bei den Tönen – sowie den Lehmen und Schluffen – ein noch relativ hoher Anteil an verfügbarem Bodenwasser. In der Standorts- und Vegetationskunde äußert sich dies durch die bekannte Bevorzugung der schwereren Substrate durch eine Reihe von Baumarten, die durch reine Aufsummierung der frühjährlichen Substratwassermengen kaum erklärbar wären.

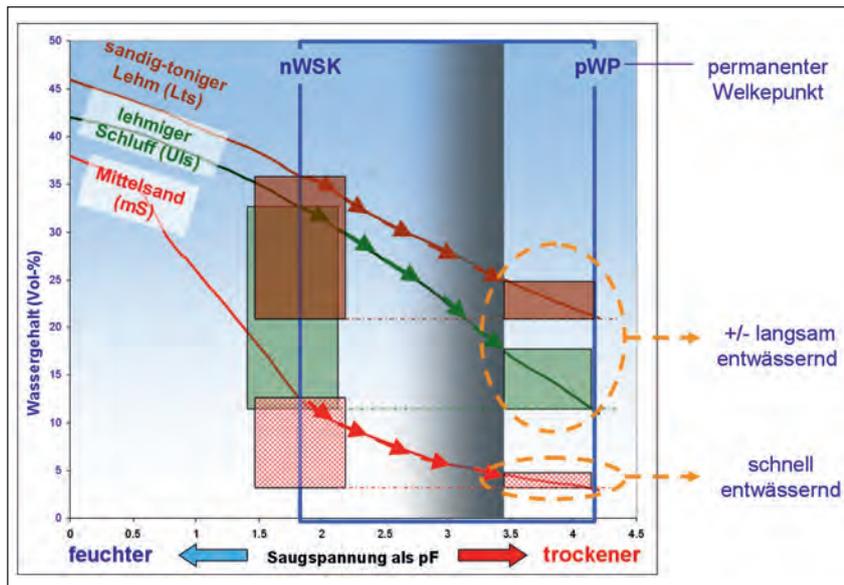


Abb. 1: mittlere Saugspannungs-Wassergehaltskurven dreier Körnungsarten: Der frühjährliche Anfangswert der Wasserspannung (=Saugspannung) nach Versickern überschüssiger Niederschläge liegt bei pF 1,8 (...2,5), mit verfügbaren Wassergehalten laut linker Balkenreihe. Der permanente Welkepunkt pWP liegt bei pF 4,2 (dort schließen die Balken der verfügbaren Wassergehalte nach unten ab – Strich-Punkt-Linien). In der pF-Spanne 1,8...4,2 liegt der Bereich pflanzenverfügbaren Bodenwassers.

Vorher erfolgt zwischen pF 0 und 1,8 die Auffüllung des Bodens durch Niederschlagswasser, also im Winterhalbjahr und bei Starkregenerereignissen, das als Sickerwasser +/- schnell durch läuft.

Die rechte Balkenreihe symbolisiert den verfügbaren Wassergehalt bei pF 3,5 als Bsp. für Saugspannungsverhältnisse zu Beginn von Trockenperioden. Bis dahin haben die Bäume (artspezifisch unterschiedlich) schon +/- mit der Verdunstungsregulation über die Stomata begonnen (schattiert).

Auf die Zielstellung der Kennzeichnung ökologisch relevanter Substratwasserunterschiede bezogen bedeutet dies, dass die Böden außerdem nach ihrem Entwässerungsverhalten im Verlaufe von Trockenperioden zu kennzeichnen sind. Diese Kennzeichnung des Entwässerungsverhaltens der Böden kann durch einfache Bildung von Gruppen aus ähnlichen Substraten/ Bodenarten erfolgen. Weniger gutachtliche Kennwerte sind noch in Entwicklung.

Im Gegensatz zum Baumwachstum ist auf der Ebene der Bodenvegetation die Widerspiegelung von substratbedingten Wasserhaushaltsunterschieden auf grundwasserfernen Standorten eher gering. Bei den Sandsubstraten ist beispielsweise das Auftreten von Adlerfarn typisch für Unterlagerungen mit Staubsanden oder Lehmen. Wesentlicher ist für die Bodenvegetation die Kombination aller wasserhaushaltswirksamen Eigenschaften, also der Substrateigenschaften, der Reliefexposition und des Waldinnenklimas sowie des Grund- bzw. Stauwasserhaushalts.

2.3 lokale Anpassung der Baumarten als generelles Skalierungsproblem

Eine wie auch immer geartete Quantifizierung des Wasserhaushaltes allein auf Grund abiotischer Gegebenheiten (Körnung bzw. nWSK, Exposition, Klimateuchte) berücksichtigt noch nicht die Anpassungsmöglichkeiten der Bäume, wie sie sich exemplarisch in einer ganz unterschiedlichen Durchwurzelung des Substrates äußern (Abb. 2 u. 3). Hinzu kommen in der Entwicklung der Wälder die Auswirkungen der Konkurrenz.

Daraus folgt, dass für eine echte ökologische Kennzeichnung des Substratwasserhaushaltes die Einbeziehung von baum- bzw. waldbezogenen Sensitivitätsmerkmalen nötig ist, wie Oberhöhen, Jahrringzuwächse, konkurrenzbedingte Differenzierungseffekte z. B. in der Baumartenzusammensetzung.

3. Kennzeichnung des Substratwasserhaushaltes und Diskussion methodischer Probleme

Aufbauend auf einer getrennten Ansprache einer Wasserkapazitätsgröße (nWSK, vgl. 3.1) und einer Gruppierung des Entwässerungsverhaltens des Gesamtprofils soll schließlich eine Kombination zur **Substratfeuchtestufe** erfolgen, die die ökologische Wirkung des Substratwasser-

haushaltes integriert. Tiefer anliegende Unterlagerungen mit besser wasserversorgenden Schichten werden ebenfalls berücksichtigt, da ihnen gegebenenfalls eine Trockenstress mindernde Funktion zugeschrieben wird.

Diese am Ende der Einstufung nach Tab. 3 stehenden Substratfeuchtestufen werden unter Verwendung der Präfixe „speicher-...“ bzw. „haft-...“ wie folgt benannt:

- x = speicherdürr
- a = sehr speichertrocken
- b = speichertrocken
- c = mäßig speichertrocken
- d = mäßig speicherfrisch
- e = speicherfrisch
- g = mäßig haftfrisch
- h = haftfrisch

Erst die Kombination von mehreren Kenngrößen des Substratwasserhaushaltes (hier nWSK u. Entwässerungsgruppe; KONOPATZKY, 1998) macht die Einführung eines eigenen Substratfeuchtebegriffes sinnvoll. Der Auffassung von KÖNIG (2011), dass bereits eine einzige Substrateigenschaft (nWSK) die Anwendung des Begriffes rechtfertigt, wird hier nicht gefolgt, da er damit synonym für reine nWSK-Klassen steht und folglich entbehrlich ist.

3.1. Datengrundlagen für die Einstufung der Wasserkapazität von Bodenarten

Die Zuordnung der Wasserkapazität erfolgt an einem Bodenprofil durch Aufsummierung der körnungsspezifischen Wasserkapazität bis zur Bewertungstiefe von 1,6 m.

Die Einstufung baut auf nach Bodenarten/Körnungen getrennt vorliegenden veröffentlichten Schätzrahmen auf. Diese unterscheiden sich teilweise in den Randbedingungen sowie den Werten selbst. Folgende Wertebereiche stehen zur Verfügung:



Abb. 2 u.3: Braunerdssole aus Feinsand (li, unter Kiefer) bzw. Grobsand (re, unter Traubeneiche) mit unterschiedlicher Durchwurzelung bei geringen Nährkraftunterschieden im Altpleistozängebiet, nahe Doberlug-Kirchhain.

- a) Die **nutzbare Wasserkapazität (nWSK)** nach BENECKE u. EBERL in AK STANDORTSKARTIERUNG (1996, S.137): Für fast alle wichtigen Bodenarten können die Wasserkapazitäten zwischen festen Maximal- und Minimalwassersättigungen bzw. entsprechenden Saugspannungen ermittelt werden (pF 1,8–4,2). Auch die erhebliche Auswirkung der Lagerungsdichte ist erkennbar (Abb. 4). D. HOFFMANN empfiehlt eine weitere Anpassung der Schätzung durch lokale Messwerte (pers. Mitt., 2/1998). Außerdem existieren parallele Werterahmen (II) im selben Buch (S.118 ff) und bei RENGER et al. (2009), die jedoch hauptsächlich auf landwirtschaftlichen Proben beruhen. Bei den bindigen Substraten sind teilweise recht niedrige Wasserkapazitäten angegeben, die vermutlich durch die Störung der Aggregatstruktur in solchen Landwirtschaftsböden verursacht sind.

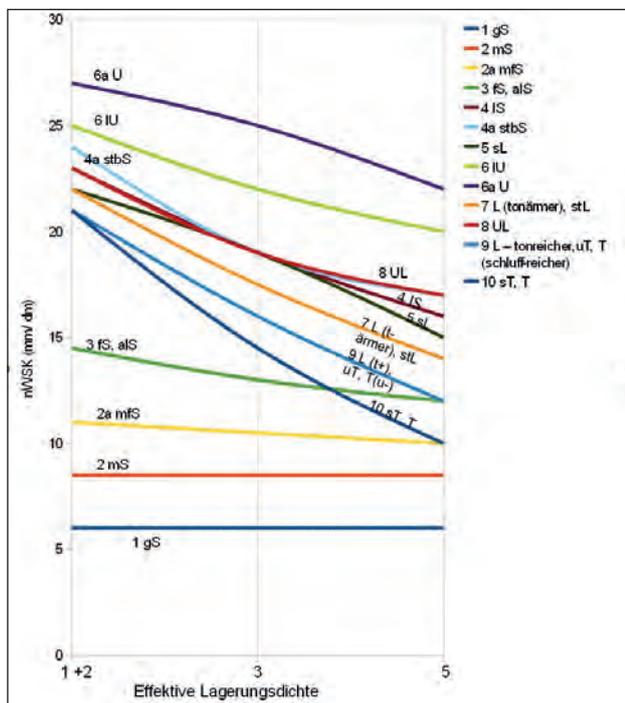


Abb. 4: Nomogramm zur Herleitung der nWSK aus Bodenart und effektiver Lagerungsdichte (nach BENECKE u. EBERL, in AK Standortkartierung, 1996, ergänzt; Bodenarten nach SEA). Für die Substratfeuchte wird in der Regel die mittlere LD-Klasse 3 verwendet.

- b) **nutzbare Feldkapazität:** Gegen Ende des Winters und nach Ablauf des Sickerwassers werden die feldfrischen Proben auf ihren pflanzenverfügbaren Wassergehalt geprüft (LIEBEROTH, 1982), später werden die Wassergehalte im Bereich des effektiven Wurzelraumes aufsummiert, um die Aussage für ein Bodenprofil zu erhalten. Vom **nutzbaren Feuchteäquivalent** spricht VETTERLEIN (1989), wenn der Feldkapazität die diesem Wassergehalt entsprechende Saugspannung aus dem Labor zugeordnet wurde. Entsprechend den Ergebnissen aus Feldmessungen werden je nach Bodenart unterschiedliche Anfangswerte der frühjährlichen Saugspannung verwendet (pF 1,8 ... 2,5), was bei bindigeren Substraten tendenziell zu niedrigeren Wasserkapazitätsangaben als bei der nWSK führt. Ursache ist unter anderem, dass unter Feldbedingungen nicht alle in Frage kommenden Kapillarräume tatsächlich voll aufgefüllt bzw.

vom Wasser im erreicht werden (RENGER et al., 2009). VETTERLEIN'S Werterahmen aus landwirtschaftlichen Proben ist bei Korrektur nach der Lagerungsdichte/Trockenraumdichte sowie nach Ausschluss der unterschiedlichen frühjährlichen Anfangswerte fast identisch mit dem Werterahmen II aus der Forstlichen Standortsaufnahme. Eine Weiterentwicklung dieser zumeist landwirtschaftlich geprägten Daten findet sich bei (RENGER et al., 2009). RUSS u. RIEK (2011) überprüften eine allerdings noch recht schmale Datenbasis von bodenphysikalischen Wald-Messreihen mit Pedotransferfunktionen und fanden am ehesten Ähnlichkeiten zu mathematischen Funktionen nach RENGER et al. (2009) und RIEK et al. (1995). Die Bestimmtheitsmaße der Beziehungen sind gegenüber realen Waldbodendaten eher schwach ($R^2 < 0,3$). Der Schätzrahmen von BENECKE u. EBERL (1996) wurde dort nicht beurteilt, da nur mathematisch als Funktion ausformulierte Quellen eingingen.

- c) Die Auswertung umfangreicher eigener Waldbodendaten der forstlichen Standortkartierung (KIRSCHNER, 1988) liegt noch in den Anfängen.

Aufbauend auf dem Stand der Arbeiten 1998–2002 wurde schließlich für die Ableitung der Substratfeuchte die Verwendung der nWSK aus forstlich abgestimmten Böden favorisiert (AK Standortkartierung, S. 137, siehe Abb. 4).

Zukünftig ist im Zuge der Auswertung eigener Messungen von KIRSCHNER noch mit Veränderungen der Rahmenwerte zu rechnen. Für den derzeitigen Zweck reicht jedoch zunächst eine Abschätzung der Wasserkapazitätsrelationen zwischen verschiedenen Bodenarten aus. Die Wasserkapazitätsabstufung muss aber wegen der Weiterentwicklung der Grundlegenden eng an die Bodenarten gekoppelt werden.

3.2 Datengrundlagen zum Entwässerungsverhalten der Bodenarten

Das Entwässerungsverhalten wird anhand von Saugspannungskurven in 3 Kategorien eingestuft (schnell - mittel - langsam). Saugspannungskurven können u. a. HARTGE & HORN (1991), LIEBEROTH (1982) und der AK Standortkartierung (1996) sowie RENGER et al. (2009) entnommen werden.

VETTERLEIN (1989) liefert zu allen wichtigen Bodenarten, auch innerhalb der Sande detaillierte Saugspannungskurven, die zu den TGL-Körnungsklassen der Standortserkundung kompatibel sind, so dass eine Einstufung des Entwässerungsverhaltens in 3 grobe Kategorien als relativ sicher angesehen werden kann. Aus Waldböden Nordostdeutschlands liegen die aggregierten Werte von KIRSCHNER bisher erst als grobe Referenz vor.

Die den Saugspannungen zugeordneten Wassergehalte unterscheiden sich zwar teilweise erheblich, jedoch dürfte dies meist auf fehlende ergänzende Angaben zur Lagerungsdichte und den Humusgehalten zurückzuführen sein. Für den Vergleich des Entwässerungsverhaltens wird dem jedoch wenigstens bei den Sanden nur eine untergeordnete Bedeutung zugemessen.

Die Einstufung in feste Klassen des Entwässerungsverhaltens entspricht zwar dem Sachstand zur Ausweisung der Substratfeuchtestufen, ist aber methodisch gegenüber

einer direkt mathematisch ableitbaren Größe nicht optimal. Der wesentliche Vorteil liegt allerdings in der Möglichkeit der unkomplizierten Einbeziehung von Sondereffekten, wie z.B. tieferen Unterlagerungen, was die normale Profilt Betrachtungstiefe nicht ohne erheblichen Zusatzaufwand hergibt.

3.3 Einstufungsalgorithmus für die Substratfeuchtestufen (Synthese der Einzelsprachen)

Die Einstufung der Substratfeuchtestufe erfolgt in 3 Schritten (a– c):

a) Aufsummieren der bodenlagenweise nutzbaren Wasserkapazitäten entsprechend Nomogramm in Abb.4 bzw. Tab. 1. Im Ergebnis liegt eine nWSK-Stufe vor (Kennzeichen mit Großbuchstaben von A-I). Als Standardfall werden 5 cm Humusaufagenmächtigkeit angenommen. Da bis 1,6 m Tiefe ab Humusaufagenoberkante gerechnet wird, sind standardmäßig 155 cm des Mineralbodens anzusetzen. Andere Humusaufagenmächtigkeiten (z. B. bei Filzpodsolen) werden nur bei deutlicher Abweichung des Humusvorrates und dessen standörtlicher Verursachung (z. B. Klimateigenschaften, Bestandteile der Hauptbodenform) berücksichtigt, während bestandes- und humuszustandsbedingte Variationen ausgeklammert werden sollen, um eine langfristig gültige Aussage zu erreichen.

Für den Mineralboden wird normalerweise eine mittlere Lagerungsdichte (Ld3) unterstellt, bei schweren Substraten kann im Oberboden und in Bt-Horizonten auch eine niedrigere Lagerungsdichte angenommen werden. Hohe Lagerungsdichten treten unter Wald nur vereinzelt auf.

lfd.Nr. nach Nomogramm Abb. 4	Bodenart nach SEA 95	Lagerungsdichte		
		gering	mittel	hoch
1	gS	6	6	6
2	mS	8,5	8,5	8,5
2a	mfS	11	10,5	10
3	fS, alS	14,5	13	12
4	IS	23	19	16
4a	stbS	24	19	17
5	sL	22	19	15
6	IU	25	22	20
6a	U	27	25	22
7	L (tonärmer), stL	22	17,5	14
8	UL	23	19	17
9	L – tonreicher, uT, T (u-reicher)	21	16	12
10	sT, T	21	14,5	10
11	H (Humus-aufagen, Torfe)	60	50	40

Tab. 1: Schätzrahmen der nutzbaren Wasserspeicherkapazität nWSK [mm/dm] für Einzel-Bodenlagen nach BENECKE U. EBERL (1996, in AK STANDORTSKARTIERUNG), etwas ergänzt; Werte für leicht bindigere Sande bei >2% Ton o. >5% Schluff: für gS → + 7,5 mm/dm; für mS → 10 mm/dm; für mfS 12 mm

Außerdem wird für außergewöhnlich humose Mineralböden (Sande: > 5 % Humus sowie Lehme, Tone, Schluffe über 3 % Humusgehalt) und für mächtigere Humusaufagen (siehe a) ein Zuschlag entsprechend dem Humusgehalt erteilt (Tab 2). In diesen humusreichen Böden tritt auch regelhaft eine geringere Lagerungsdichte auf, was bereits beim Ablesen des Nomogrammes zu berücksichtigen ist

lfd. Nr. nach Nomogramm	Bodenarten nach SEA 95	Humusgehalt [m-%]				
		1–2%	>2–5%	>5–10%	>10–15%	>15–30%
1 – 3	Sande und alS	3	7	13	15	20
4 und 4a	IS und stbS	3	6	10	14	25
4+5+6+6a	IS IU, U	1	3,5	7,5	13	20
7+8+9	L, stL, UL, uT	0	1,5	4	9	16
10	sT, T	0	0	2	6	14

Tab. 2: nWSK-Zuschläge für Humusgehalte [mm/dm]; für Sande in Anlehnung an KIRSCHNER (1988), andere Substrate nach BENECKE U. EBERL (1996), Bodenarten s. auch Tab.3 unten

Bei skelettreichen Böden muss ein dem Steingehalt entsprechender Abzug von der nWSK erfolgen. Bei fachgründigen Böden (über Festgestein) wird nur bis zur tatsächlich durchwurzelbaren Tiefe summiert. Der derzeitige Ansatz ist allerdings wegen der Bezugstiefe von 160 cm noch nicht für den Gebirgsraum geeignet (Ansätze fürs Gebirge geben KÖNIG, 2011 und AK STANDORTSKARTIERUNG, 1996).

- b) Die Einstufung des Substrates in eine der 3 Gruppen des Entwässerungsverhaltens (für Bodenarten):
 - Gruppe I: sämtliche reinsandigen Substrate
 - Gruppe II: anlehmige und lehmige Sande; Humus; tonarme Schluffe
 - Gruppe III: Tone und Lehme

Bei mehreren unterschiedlichen Entwässerungsstufen in der vertikalen Abfolge wird nach den dm-Anteilsspannen am Gesamtprofil gewichtet. Bei Sandunterlagerungen unter schwererem Substrat (Substratfolgetypen aus Lehm, Ton, Schluff) bleibt das schnellere Entwässerungsverhalten des Sandes unberücksichtigt. Bändersande, Bändergrobsande und Bänderstaubsande kommen stets in die Gruppe II (mittlere Entwässerungsgeschwindigkeit). Ebenso werden wechsellörnige Sandsubstrattypen mit Staubsandbändern gewertet, wenn im Unterboden bis 1,6m Tiefe mindestens 5 Staubsandbänder von jeweils 3 oder mehr cm Mächtigkeit auftreten. Außerdem führen Profile mit tiefen Unterlagerungen (unterhalb 1,6 m) aus Lehm, Ton, Schluff, Staubsand unter schnell entwässernden Sanden ebenfalls stets zur Eingruppierung in die Entwässerungsgruppe II.

- c) Ablesen der Substratfeuchtestufe aus Tab. 3 anhand der Kombination aus nWSK-Stufe und Entwässerungsgruppe. Bei gleicher nWSK-Stufe (Wassermenge) wird die Substratfeuchtestufe höher angesetzt, wenn die Entwässerungsgruppe steigt. Zwecks Parallelisierung mit anderen Feuchteskalen sind auch noch die entsprechenden nWSK bis 1m bei reinem mineralischen Substrat und mittlerer Lagerungsdichte angegeben.

nWSK-Stufe	nWSK [mm] nach Benecke u. Eberl, aus AK Standortskartierung, 1996			Entwässerungsverhalten des Substrates in d. Vegetationsperiode		
	im Mineralboden pro dm		bis 1,6m bei 5 cm Humusaufage mit 30 mm nWSK; bis zu ...	I = schnell	II = mittel oder schnell, aber mit Tiefunterlagerung (*)	III = langsam
	Mittel	Maximum	(gerundet)			
X		3,5	85		x	
B	6	6,8	135	gS a	gS*	
C	8,5	8,9	170	mS b	mS*	
D	10,5	11,1	200	mfS c	mfS*,alG,almS	
E	13	13,2	235	fS d	fS*,almfS	
F	15	15,3	265	(fS) e	alfS	g sT,T
G	17	17,4	300			L (t-reicher), uT, T(u-reicher)
H	19	20	340	stbS	alstbS, IS (gS-stbS)	sL, L(t-ärmer),
I	20	>20	>340		IU, U, H h	stL,UL

Körnungsarten: gS=Grobsand, mS=Mittelsand, fS=Feinsand(I), stbS= Staubsand, T=Ton, L=Lehm, U=Schluff; H= Humus/ Torf;
 Zusätze: al=anlehmig, l=lehmig, s=sandig, t=tonig, u=schluff g
 * = mit tieferer Unterlagerung aus L, U, T, stbS oder mit stbS-Bändern

Tab. 3: Ableitung der Substratfeuchtestufen (rot) aus der Kombination von nWSK und Entwässerungsverhalten: (fett und eingerahmt: Substratfeuchtestufen; kursiv: wichtigste Körnungsarten bei mittlerer Lagerungsdichte des Mineralbodens), verbale Bezeichnungen s. Abschnitt 3.

In der ökologischen Gesamtbewertung wird bei gleicher nWSK-Stufe die Substratfeuchtestufe höher gesetzt, wenn die Entwässerungsgruppe ansteigt. Die Verwendung von Kleinbuchstaben an Stelle von fortlaufenden Rangziffern 1–8 wird favorisiert, um Verwechslungen mit der Grundwasserstufe auszuschließen. Bei Anwendung neuerer Rahmenwerte müsste das Schema moderat umgebaut werden, sobald ausreichend Daten aus Waldböden verfügbar sind.

als eingeklammelter Kleinbuchstabe der Stamm-Standortsgruppe direkt als Eintrag für das Kartenareal nachgestellt: z. B. **K2 (d)**. Diese Darstellungsweise wird erst schrittweise eingeführt, da der Arbeitsaufwand erheblich größer ist.

3.4 Substratfeuchtedarstellung in der Standortskarte und normale Streuung innerhalb der Sandsubstrate

Die Substratfeuchte wird in der forstlichen Standortskarte in Brandenburg 2 Varianten dargestellt:

- a) feste **Zuordnung von Mittelwerten zu Feinbodenformen**: Die Substratfeuchte erscheint nur in einer eigenen Spalte der Feinbodenformenlegende im Beiblatt 3 der Standortskarte (Abb. 5). Dies ist bisher der Standard.
- b) Zuordnung der Substratfeuchtekenwerte zu einzelnen Standortarealen entsprechend dem Geländebefund (echte Quantifizierung im Gelände bzw. nach Bohrpunktbeleg): im Ergebnis wird die Substratfeuchtestufe

Bei Variante a) kann bereits kurzfristig eine Differenzierung der Eignung der kartierten Feinbodenformen für bestimmte Bestandesziele innerhalb des Rahmens der Stamm-Nährkraftstufen vorgenommen werden. Nachteilig ist bei Sandsubstraten die stark eingeschränkte Einstufungssicherheit für das jeweils kartierte Standortsareal, die mit der Einbeziehung der nicht so fein gegliederten Unterböden in die Bewertung einher geht. Die mögliche Variabilität kann am Beispiel der innerhalb des Definitionsumrahmens zulässigen Wertespanne einer Bärenthorener Sand-Braunerde (BäS = Form mit reinsandiger Deckzone) illustriert werden.

BäS aus Mittelsand (ohne Aufage) → ca. 142 mm nWSK bis 1,6 m → nWSK-Stufe C; Substratfeuchtestufe a (= sehr speichertrocken)

BäS aus 12 dm Feinsand u. 4 dm Staubsand → ca. 240 mm nWSK bis 1,6 m → nWSK-Stufe F; Substratfeuchtestufe d (= mäßig speicherfrisch)

Karten-kürzel	Feinbodenform Name	Stamm-Nährkraft mit hochgestellten 1/5-Stufen ¹⁾	Substratfeuchte-stufe	Feinheiten der Körnung im ...	
				Oberboden	übrigen Profil
Tabellenteil für die anhydromorphen Feinbodenformen					
SkS	Schönebecker Sand - Rostpodsol		Z ³	c	rS s
SoS	Sonnenburger Bändersand - Braunerde	K ⁴		d	alS bs
SwS	Schwärzer Sand - Ranker		Z ³	b	rS s
TdDü	Tangersdorfer Dünenkomplex (siehe unten)			b	rS rs
ZiL	Ziethener Kalklehm - Rendsina	RC		h	KL KL
...	...				

Abb. 5: Darstellung der mittleren Substratfeuchte im Legenden-Beiblatt 3 der Standortskarte in Brandenburg

Die real auftretende Schwankungsbreite für diese Feinbodenform (5...95% der Fälle bei ziemlich gleichmäßiger Verteilung der nWSK über 24 Profile) betrug in der BZE1-Stichprobe etwa 100 mm nWSK, was ohne zusätzlich anstehende Unterlagerungen 4–5 nWSK-Stufen und 4 Substratfeuchtestufen ausmacht.

Bei Sand-Feinbodenformen mit definitionsgemäß anlehmiger oder lehmiger Decke reduziert sich die Schwankungsbreite etwas.

Variante b), also Substratfeuchteangabe nach dem Geländebefund, bietet die höchste Sicherheit der Bewertung für das kartierte Areal, erfordert jedoch auf die bereits kartierte Gesamtfläche bezogen einen hohen Zuordnungsaufwand, möglichst anhand der Bohrpunktbeschreibungen der Standortserkundung.

3.5. Normalprofile der Sandsubstrate des Tieflandes

Aus Tab. 4 gehen die erheblichen Streuweiten der Sandsubstrate im norddeutschen Tiefland innerhalb der Feinbodenformen am Beispiel der im Oberboden reinsandigen Sand-Braunerden hervor. Die extremen Ausbildungen innerhalb der Definitionsweite sind darin noch gar nicht erfasst. Auch die Humusgehalte im A-Horizont brauchten meist noch nicht berücksichtigt werden, da sie durch die Einbeziehung einer Standard-Humusaufage von 5 cm eher kompensiert sind. In dynamischen Modellierungen müsste allerdings der Humusgehalt lagenweise möglichst exakt bestimmt sein.

Um für alle Sand-Feinbodenformen des norddeutschen Tieflandes die Vielzahl der Kombinationen von Ober- und Untergrenzbereichen, Mittelbereichen sowie Extremwerten überschaubarer zu machen und in eine Rangfolge zu stellen, wurden alle Bodenform-Körnungskombinationen des Bodenformenkatalogs nach einem statistischen Verfahren gruppiert. Im Ergebnis lagen 17 Gruppen vor (Tab.5), von denen 11 die häufigeren Sandbodenformen repräsentieren (Fettdruck).

Die zugrunde gelegten Normalprofile der Feinbodenformen und Zusatzmerkmale sind dem Anhang des Gesamtheftes in der pdf-Dateiversion zu entnehmen.

Gruppe der Substratfeuchte (Rang)	Wichtigste Böden (Kurzcharakteristik)	Spannen der Substratfeuchtestufen ¹⁾
1	humusreiche bindige (lehmige) Kolluvialsande u. Bänderstaubsande	h-h
2	oben anlehmige Bänderstaubsande	e-h-h
3	geringmächtige (<80cm) lehmige Kolluviaböden	c-h-h
4	oben reinsandige Bänderstaubsande	e-e-h
5	Staubsand- Filzpodsole	e-e
6	oben lehmige Bändersand-Braunerden	d-e-e (h)
7	oben reinsandige bis anlehmige Staubsande	d-e-e
8	anlehmige Kolluviaböden	c-d-h
9	Bändersand-Humusrostpodsole	c-d-e (h)
10	oben reinsandige bis anlehmige Bändersande; außerdem Sand-Filzpodsole	(b) c-d-e
11	oben lehmige Sand-Braunerden sowie (reinsandige) Sandpodsole	(a) b-c-e
12	Bändergrobsand-Braunerden und humusärmere Bändergrobsand-Podsole	b-c-c (d)
13	nicht nur oben lehmige Grobsande	c-c
14,1	oben anlehmige Sand-Braunerden	(a) b-b-d (e)
14,2	oben reinsandige Sand-Braunerden	a-b-d-(e)
15	Bändergrobsand-Ranker, Rendzinen und Rumpfrosterden	b-b-c-(d)
16	Sand-Ranker,-Rendzinen, Rumpfrosterden und -Saumpodsole	a-b-c-(d)
17	oben reinsandige bis anlehmige Grobsandböden	a-a-b (c)

Tab. 5 Gruppen ähnlicher Substratfeuchtestufen innerhalb der grundwasserfernen Sand-Standorte unter Berücksichtigung der Streuweiten der Feinbodenformen. ¹⁾ Substratfeuchtestufen: a = speichertrocken, ..., h= hafftfrisch (siehe Tab. 3, im Teil I); Anordnung der Substratfeuchtestufen: Extremwerte eingeklammert, obere und untere Grenzbereiche außen stehend

Sand- Braunerden, Decke reinsandig (40cm)								
z.B. JaS,BoS,FtS,VoS,GmS,BäS,BtS,SaS,GfS,TpS								
	Lage	Mächtigkeit [dm]	Körnungsvariante innerhalb der Feinbodenform mit nWSK n. Tab. 1+2					
			...niedrig		...mittel		...hoch	
	1	0,5	H	60	H	60	H	60
	2	4	al'mS	10	al'mfS	12	al'fS	13
	3	7,5	mS	8,5	mfS	10,5	fS	13
	4	4	mS	8,5	mfS	10,5	stbS	19
Summe:		16		168		199		256
nWSK-Stufe lt. Tab. 3			C		D		F	
Entwässerungsgruppe			I		I		I	
Substratfeuchtestufe ohne Tiefunterlagerung			a		b		d	
Substratfeuchtestufe mit Tiefunterlagerung			b		c		e	

Tab. 4: Standard-Körnungsprofile und Streuweiten der Substratfeuchte von im Oberboden reinsandigen Feinbodenformen der Sand-Braunerden, ohne und mit Zuschläge für tiefere Lehmunterlagerungen. Erklärung der Körnungen

Neben Differenzierungen der Substratausprägung gibt es auch zwischen den Makroklimaformen/ Klimafeuchteufen und den Reliefeigenschaften Unterschiede in der schließlich zu erwartenden ökologischen Auswirkung der Substratfeuchte:

Grundsätzlich ist mit abnehmender Klimafeuchte eine steigende Bedeutung der Substratfeuchte zu erwarten. Dies kommt recht gut in den Äquivalenttiefen nach KOPP u. KIRSCHNER (1985) zur Geltung. Dabei handelt es sich um diejenige Bodentiefentiefe, die bei gegebener klimatischer Wasserbilanz der Vegetationszeit und Frühjahrsfeuchte (nutzbarer Feldkapazität) rechnerisch bis zum Abschluss der Vegetationsperiode vollständig entwässert ist. Dabei kennzeichnet ein höherer Wert der Äquivalenttiefe eine tiefergehende Entwässerung des Bodens während der Vegetationsperiode.

4. Anwendung der Substratfeuchtezeichnung

Da der Substratwasserhaushalt nur einen Bestandteil des Wasserhaushaltes darstellt, ist seine Kennzeichnung nur dort notwendig, wo nicht die anderen Komponenten des Gesamtwasserhaushaltes dominieren (grundwasserferne und langfristig stauwasserfreie Standorte im mäßig frischen bis trockenen Bereich nach der Stamm-Standortsgruppen-gliederung), also hauptsächlich in den Stamm- Feuchtestufen (T)...2 und (T)...3.

Für die forstliche Anwendung ergeben sich 2 Entwicklungsphasen der praktischen Anwendung der Substratfeuchte, die sich aus der erst beginnenden Wirkungsüberprüfung dieser halbquantitativen Skala anhand realer Wald-daten erklären.

4.1 Anwendungsphase 1: Wichtungsphase

Hierbei handelt es sich um den aktuellen Zustand der forstlichen Anwendung. Die Substratfeuchte wird für die Wald-bauplanung nur fakultativ zur Wichtung innerhalb der bestehenden Stamm-Standortsgruppen mäßig frisch bis trocken (T...2, T...3) eingesetzt. Sie bleibt damit zurzeit nur eine Ergänzungsskala zu ganzen Stufen der Stamm- Nährkraft (vor allem M u. Z hervorzuheben), so dass man noch ohne Änderung der Waldbaurichtlinie auskommt. Im Falle einer beispielhaften Wald-bau-Rahmenplanung durch HERRIGEL (2010) u. GROSS (2011) für ein Testgebiet des Flämings und seines Vorlandes wurde der Substratfeuchte systematisch der Vorrang vor Nährkraft-Fünftelstufen gegeben, wobei die 17 Substratfeuchte- Verteilungstypen nach Tab. 4 noch zweckentsprechend etwas zusammengefasst wurden.

Ein zweites Anwendungsfeld ergibt sich, wenn, wie u. a. vom Forstschutz angeregt (HIELSCHER, 2009, mündl.), zum Einmischen von Laubholz in große Kiefernreinbestandskomplexe die Nährkraftrestriktionen der Wald-baurichtlinie für aktiven Waldumbau gelockert werden sollen (vorrangig Erweiterung um Teile der Stamm-Nährkraftstufe Z).

4.2 Anwendungsphase 2: Umgruppierungsphase

Diese Phase steht noch an ihrem Anfang, da auf der Wirkungsseite noch sehr viel Grundlagenarbeit zu leisten ist. Die Phase ist, was die unmittelbare Skalierung anbetrifft, gekennzeichnet durch

1. eine Abstimmung der Substratfeuchte auf die Kombinationswirkung mit Grund-/ Stauwasserstufen u. Mesoklima (Gesamtfeuchte I), sowie darauf aufbauend
2. die weitergehende Kombination mit Makroklimaeigenschaften, z. B. als Äquivalenttiefe nach KOPP u. KIRSCHNER (1985) oder in Form von eigenen Stufen (Gesamtfeuchte II, was etwa einem Vorschlag von GRÜLL 2007 entspräche – s. unten)

Nach Beantwortung der Fragen nach den zusätzlichen Wirkungsanteilen der Stamm-Nährkraft ergeben sich dann Möglichkeiten, die Waldbau-Richtlinie anzupassen, wobei die Substratfeuchte als primärer Bestandteil des Faktorenkomplexes Gesamtfeuchte praktisch gleichrangig mit der Stamm- Nährkraft in die Bewertungen eingehen kann.

Bisher waren die Anforderungen für die systematische waldbauliche Umsetzung von Substratfeuchtemerkmalen sehr hoch, da eine Kennzeichnung in der Stamm-Gruppenebene fast ausschließlich bei mächtigeren Lehmunterlagerungen mit dem Aufwertungszeichen „+“ als Zusatz erschien (M+, Z+, A+). Künftig wären auch Bändersande, diverse Unterlagerungsvarianten, Anlehmigkeit im Gesamtprofil, diverse Feinheiten der Sande über die Substratfeuchteskala direkt waldbaulich wirksam, und zwar unabhängig von begleitenden Nährkrafteffekten.

Der **Klärungsbedarf** für Anwendungsphase 2 sei an dieser Stelle umrissen:

- Um den Wirknachweis der Substratfeuchte als Ganzes gibt es bereits eine Reihe von Überlegungen, Hinweisen und Ergebnissen:

Eine noch nicht verifizierte Arbeitshypothese für eine mit der Stamm-Vegetation abgestimmte Einbeziehung vergrößerter Substratfeuchtegruppen legte GRÜLL (2007) für einen Teil der Landesforst vor.

Zuwachsmessungen werteten RIEK u. WESSOLEK (1994, 1995) für ein kleines Kollektiv von Waldbeständen in und um Berlin auf Basis der nWSK aus. KOPP u. KIRSCHNER (1985) legten bereits erste recht weit entwickelte Beobachtungen der kombinierten Gesamtfeuchtwirkung (als Äquivalenttiefe – vgl. 3.4) gegenüber der nutzbaren Dendromasse für das norddeutsche Tiefland vor, was auch die Nährkraft in Form des Humuszustandes einbezieht (Abb. 6 nächste Seite).

Es bleibt aber neben dünnen Datengrundlagen dabei das grundsätzliche Problem, dass der Bezug auf den Frühjahrswert die Wasserreserven in Trockenzeiten nicht ausreichend zu kennzeichnen vermag.

- Es ist eine möglichst klare Stabilitätsbewertung der Substratfeuchte hinsichtlich Trockenperioden notwendig.
- Die Relief- u. Klimaüberprägung von Substratfeuchtwirkung (Was wirkt wann wie viel?) erfordert noch viel Feinabstimmung. Es wird auch erwartet, dass neue

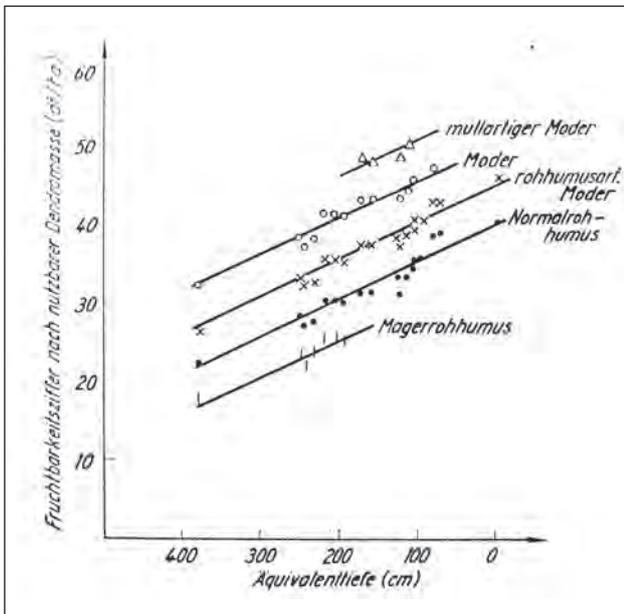
Klimamodellierungen bereits mittelfristig (ca. 3 –5 Jahre) eine bessere Abbildung der künftigen Feuchteverhältnisse erlauben. Dann dürfte auch die Frage, ob der bestehende BZT- und Baumartenrahmen inklusive der Strategie einer Erhöhung der Baumartendiversität mit standortsheimischen Arten überhaupt ausreicht, etwas klarer beantwortet werden können.

- Es besteht noch erheblicher Abstimmungsbedarf hinsichtlich der Gewichtungen von Bodentiefen und Gründigkeit (Übergang zum Gebirge, wo insgesamt keine anderen Gesetzmäßigkeiten als im Tiefland gelten), dem Gewichtsanteil des Oberbodens sowie der weiteren noch zu berücksichtigenden Profibesonderheiten.
- Das Wasser macht's (?) – aber nicht alleine: Wie mit Abb. 2 u. 3 bereits angedeutet, sollten Kompensationseffekte die u. a. über die Durchwurzelung und Baumphysiologie vermittelt werden, bei der Bewertung der Substratfeuchte berücksichtigt werden (z. B. durch Kalktiefe, Basenversorgung, Anpassung an die Exposition). Hinzu kommt der Standortfaktor Humuszustand.

Auch, wenn nie alle Lücken in den Grundlegendaten geschlossen werden können, bleibt die Notwendigkeit einer möglichst „richtigen“ Skalierung, wenn eine neue Größe in ein standortkundliches System eingeführt werden soll. Bei der Annäherung an eine sinnvolle Abstimmung bzw. einen Risikorahmen werden zunächst 2 Methoden als wichtigste Mittel der Wahl favorisiert:

- die Sensitivitätsanalyse auf Basis von Jahrringszuwachsen (Abb. 7): sie ermöglicht die Herausarbeitung von potenziellen Risikounterschieden zwischen Standorten und darauf stockenden Baumarten. Sie kann sowohl mit, als auch ohne die von GAUER et al. (2011) geforderte Einbeziehung von Bodenfeuchtemodellen erfolgen.
- die Vegetationsauswertung: Hier lassen sich je nach Detailliertheit der Grundlegendaten Differenzierungen in der tatsächlichen Artenzusammensetzung durch Klimawirkung und Exposition sowie der Randabgleich mit der Nährkraftwirkung recht gut überprüfen.

Hinzu sollten möglichst weitere ertragskundliche Analysen, vor allem von Oberhöhen kommen.



(Abb. 6). Zusammenhang von Standortfruchtbarkeit und Standortfeuchte (als Äquivalenttiefe) unter Einbeziehung des Humuszustandes (KOPP u. KIRSCHNER, 1985)

5. Zusammenfassung

Die Substratfeuchte wird als wichtige Stabilitäts- und Wachstumsgröße gesehen und wurde in einer Arbeitsfassung bereits seit 2002 in die Standortskartenlegenden als Erläuterung zur Feinbodenform eingeführt.

Die Feinskalierung und Bewertung sind noch nicht abgeschlossen. Die bisherige Gestaltung der Substratfeuchteskala (Tab. 3) erlaubt durch eine ausreichende Detaillauflösung einerseits, sowie die weitestgehende Orientierung an körnungsbedingten Klassengrenzen je nach Erkenntnisfortschritt andererseits, eine behutsame Anpassung bei den zugrunde gelegten Rahmenwerten, ohne dass jede kleine Änderung bis in die Bewertungsebene durchschlagen muss.

Die waldbauliche Anwendung kann zunächst innerhalb der bestehenden Stamm-Standortsgruppen erfolgen, soll aber mittelfristig über eine Neuordnung der Stamm-Standortsgruppen auch die bisherigen nährkraftbedingten Grenzen durchdringen.

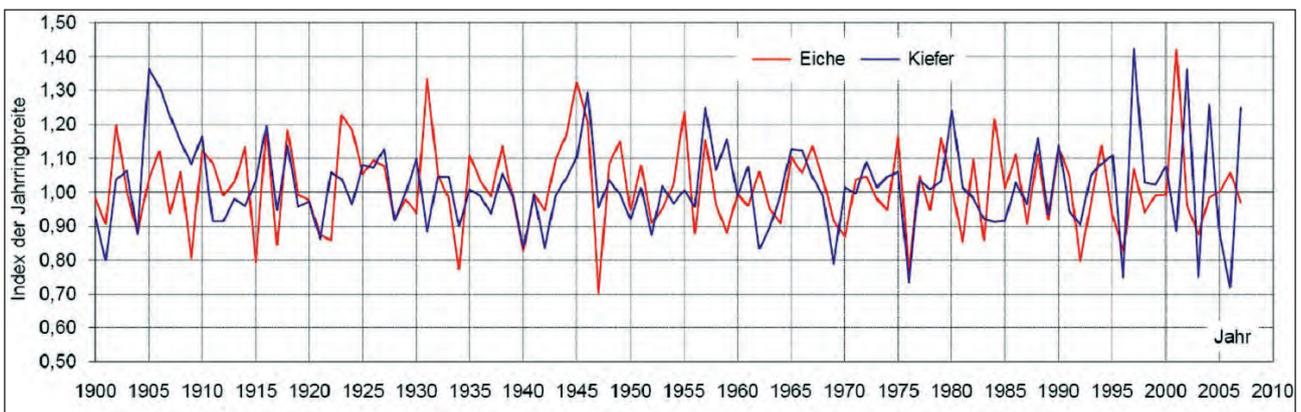


Abb 7. Beispiel einer Sensitivitätsanalyse. aus: J. SCHRÖDER (2008): Jährlicher Radialzuwachs von Kiefern und Eichen im Mittel aus 5 Flächen – Verlauf der Indexkurven nach Berücksichtigung von Autokorrelation und Trendbereinigung

6. Literatur

- ANDERS, S., HOFMANN, G., BECK, W., THIELE, R. (1985):
Modelle der ökofaktoriellen Stoffproduktion gleichaltriger Baumholzreinbestände von Kiefer und Buche im Tiefland der DDR. F/E-Bericht Inst.f.Forstwissensch., Eberswalde (IFE). 93 S., unveröff.
- AK STANDORTSKARTIERUNG (1996):
Forstliche Standortaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen. Erläuterungen. Arbeitskreis Standortkartierung (Hrsg.) IHW -Verlag Eching b. München, 352 S.
- GAUER, J., FEGER K.-H., SCHWÄRZEL, K. (2011):
Erfassung und Bewertung des Wasserhaushaltes von Waldbeständen in der forstlichen Standortkartierung: gegenwärtiger Stand und künftige Anforderungen. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz 12: 7–18.
- GROSS, J. (2011):
Auf Klimaveränderung reagieren – Handlungsrahmen für den Waldumbau unter sich ändernden Klimabedingungen in Brandenburg für den Zeitraum 2010 bis 2030. Eberswalder Forstl. Schriftenreihe 47:14–19.
- GRÜLL (2007):
Modifizierte Standortbewertung im Rahmen der Forsteinrichtung im AfF Eberswalde. Vortrag Standortserkundertagung Oktober 2007, Peitz, unveröff.
- HARTGE, K.H., HORN, R. (1991):
Einführung in die Bodenphysik. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 2. Auf.
- HERRIGEL, D. (2010):
Forstwirtschaftlicher Handlungsrahmen für den Waldumbau unter sich ändernden Klimabedingungen in Brandenburg für den Zeitraum 2010 bis 2030. Masterarbeit Steinbeis University Berlin u. Landesbetrieb Forst Brandenburg, 88 S. + Anhang.
- KIRSCHNER, G. (1988):
Feuchtekennezeichnung verbreiteter Standortformen des Tiefandes. F/E-Bericht Entw .gruppe Standortserkundung Eberwalde, Forstprojektion Potsdam, ca. 30 S., unveröff.
- KÖNIG (2011):
Substratfeuchte – wichtige Auswerteeinheit der Standortserkundung; dargestellt am Beispiel Sachsens. Freiburger Forstl. Forschung 88: 90–100.
- KONOPATZKY (1998):
Kennezeichnung der substratbedingten Feuchte von grundwasserfernen Sandstandorten mit Hilfe der Standortkartierung und ihre Anwendung. F/E-Bericht Landesforstanst. Eberswalde (LFE), als Mskr . vervielfältigt; 54 S. + Anh.
- KOPP, D. u. KIRSCHNER, G. (1985):
Erfassung des Klimas bei der topischen und chori-schen Naturraumkartierung durch die forstliche Standortserkundung im Tiefland der DDR. Z. Meteorologie 35: 137–145.
- LIEBEROTH, I. (1982):
Bodenkunde. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 3. Auflage, 432.S.
- LYR, H., FIEDLER, H.-J., TRANQUILLINI, W. (1992):
Physiologie und Ökologie der Gehölze. Gustav Fischer Verlag Jena – Stuttgart, 2.Auf ., 620 S.
- NEUMANN, U., WÄTZIG, H. (1996):
Mikrodendrometrische Untersuchungen zum Baumwachstum und Zuwachsverhalten nach veränderter Immissions-situation im Lee des Industriestandortes Halle/Dessau. Abschlussbericht Teilprojekt E.1.7, Verbundforschungsprojekt SANA, GSF München u. BMBF (Hrsg.), 40 S.
- RENGER, M., BOHNE, K., FACKLAM, M., HARRACH, T., RIEK, W., SCHÄFER, W., WESSOLEK, G. und ZACHARIAS, S. (2009):
Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. in: WESSOLEK, G., KAUPENJOHANN, M., RENGGER, M. (Hrsg.): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Bodenökologie und Bodengenese Heft 40: 4–51.
- RIEK, W., WESSOLEK, G., unter Mitwirkung von LÜHRTE, A.V. (1994):
Wasserhaushalt- Zuwachsverhalten von Kiefern und Eichen im Raum Berlin. Bodenkunde u. Bodenökologie 14: 83 S.+ Anh.
- RIEK, W., WESSOLEK, G., LÜHRTE, A.V. (1995):
Wasserhaushalt und Dickenwachstum von Kiefern (*Pinus sylvestris*) im Raum Berlin. Allg.Forst- u.J.Ztg., 166: 138–143.
- RIEK, W., WESSOLEK, G., RENGGER, M., VETTERLEIN, E. (1995):
Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität von Substrat-Horizontgruppen – eine statistische Auswertung von Labordatenbanken. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 158 (5): 485–491.
- RUSS, A., RIEK, W. (2011):
Pedotransferfunktionen zur Ableitung der nutzbaren Feldkapazität – Validierung für Waldböden des nordostdeutschen Tiefandes. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz 11: 5–17.
- SCHRÖDER, J. (2008):
Kiefer und Eiche in Mischbeständen – Konkurrenz oder Partnerschaft in einer Lebensgemeinschaft? EFS 40: 51–59.
- VETTERLEIN, E. (1989):
Bodenphysikalische Kennwerte für Substrat-Horizontgruppen. in: Koepke, V. (Hrsg.): Bodenwasserregulierung – Anleitung zur Standortkennezeichnung und Anlagendiagnose. Akad.d.Landwirtsch.wissenschaften d. DDR, Forsch.-Zentrum f.Bodenfruchtbarkeit Münchenberg, 116–136.

Durchforsten nach Zahlen – mit heuristischen Verfahren zur optimalen Waldbehandlung

ANNETT DEGENHARDT

1. Motivation

Der traditionelle forstliche Ansatz zur Ableitung optimaler Behandlungsvarianten basiert auf der Anlage und Auswertung von Durchforstungsversuchen. Der Nachteil dieser Verfahren besteht jedoch darin, dass Ergebnisse erst nach langfristiger Beobachtung zu erwarten sind. Gleichfalls bieten Versuche auch nur begrenzte Variabilität bei der Parametervariation.

Bestandssimulationsmodelle ermöglichen es dagegen, Bestandesentwicklungen bei unterschiedlichsten Behandlungsvarianten näherungsweise zu prognostizieren. Im Ergebnis können ökologische, ertragskundliche und ökonomische Parameter dargestellt werden, die Vergleiche zwischen den verschiedenen Varianten zulassen. Mit Hilfe des für Brandenburg parametrisierten Wachstumssimulators BWINPro gelingt es, Auswirkungen verschiedenster Durchforstungsweisen auf die Einzelbaum- und Bestandesentwicklung aus waldwachstumskundlicher und betriebswirtschaftlicher Sicht abzuschätzen und Hinweise zu optimalen Behandlungsstrategien zu liefern.

Die im Modell verwendeten Durchforstungsalgorithmen sind so konzipiert, dass sie die in der Praxis üblichen Behandlungsstrategien wie Hochdurchforstung, Niederdurchforstung oder Z-Baum-Freistellung abbilden. Die häufig nur verbal beschriebenen und durch die subjektive Wahrnehmung zusätzlich beeinflussten Durchforstungsweisen werden dabei für das Modell in formale, parameterabhängige Algorithmen umgewandelt. In diesem Schritt der Modellierung scheint es jedoch zu größeren Ungenauigkeiten bzw. Informationsverlusten zu kommen. Daher wurde nach einer Möglichkeit gesucht, optimale Behandlungsstrategien abzuleiten, ohne auf die parameterabhängigen Durchforstungsalgorithmen zurückgreifen zu müssen.

Ausgangspunkt war dabei die Idee, dass die Durchforstung von Beständen ganz konkret immer die Entnahme von einzelnen Bäumen zu bestimmten Zeitpunkten bedeutet, wobei sich die jeweiligen Entnahmezeitpunkte der Einzelbäume aus der aktuellen Wachstumskonstellation in deren Umgebung begründen.

Daraus ergab sich folgender Optimierungsansatz: Gesucht sind die Entnahmezeitpunkte für alle Einzelbäume so, dass das beste betriebswirtschaftliche Ergebnis, hier die maximale durchschnittliche jährliche Wertleistung, erzielt wird. Aufgrund der aus diesem Ansatz resultierenden großen Zahl von Variablen wurden die optimalen Lösungen mit Hilfe von heuristischen Verfahren abgeleitet.

Anhand von Kiefernbeständen unterschiedlicher Bonität und unter Berücksichtigung der relativ stark schwankenden Holzpreise der letzten Jahre wird gezeigt, in welchem Maße die gefundenen optimalen Behandlungsstrategien die in der Praxis beschriebenen Durchforstungsweisen widerspiegeln, aber auch, warum sie beachtlich davon abweichen können.

Die Ergebnisse liefern letztendlich dienliche Hinweise über die Zusammenhänge zwischen den Entnahmezeitpunkten von Einzelbäumen und den betriebswirtschaftlichen Ergebnissen für den gesamten Bestand und sollten dazu beitragen können, Strategien der praktischen Bestandesbehandlung abzuleiten.

2. Die Zielgröße der Waldbehandlung

Ziel der folgenden Untersuchungen ist es, mit Hilfe geeigneter Verfahren Auswirkungen verschiedenster Durchforstungsweisen auf die Einzelbaum- und Bestandesentwicklung aus betriebswirtschaftlicher Sicht abzuschätzen, um schließlich optimale Behandlungsstrategien abzuleiten.

Bei der Beurteilung der Optimalität sollten zunächst die Kosten und Erlöse der Bestandesbehandlungen berücksichtigt werden. Als Maß zur Bewertung des betriebswirtschaftlichen Ergebnisses und damit als Zielfunktionswert im Sinne der mathematischen Optimierung dient das **Maximum der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung eines Bestandes**. Diese Größe leitet sich wie folgt her.

Der **Wertleistung des Bestandes zum Bestandesalter A** ist die Summe aus den erntekostenfreien Erlösen der bis zu diesem Alter vollzogenen Durchforstungen und des erntekostenfreien Abtriebserlöses des zu diesem Zeitpunkt stehenden Bestandes. Deren Wert setzt sich wie folgt zusammen: Die Erlöse werden über Holzaushaltungsalgorithmen auf der Grundlage vorgegebener Sortimente berechnet. Berücksichtigt wurden dabei sortimentsbezogene brandenburgische Durchschnittserlöse des Jahres 2011. Die Kosten der Bestandesbehandlung beschränken sich auf die Astungs-, Durchforstungs- und Erntekosten. Eine Verzinsung der Kosten und Erlöse erfolgte nicht.

Durch die Umrechnung der Wertleistung des Bestandes auf das jeweilige Bestandesalter erhält man einen Zeitbe-

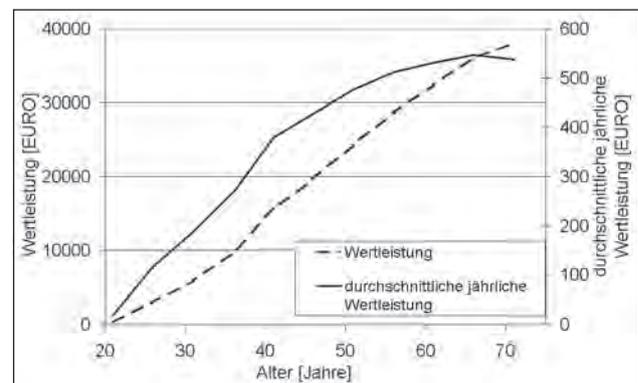


Abb. 1: Entwicklung der Wertleistung und der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung des Beispielbestandes Köpenick 187

zug. Die **durchschnittliche jährliche Wertleistung zum Bestandesalter A** bestimmt sich als Quotient aus der Wertleistung des Bestandes zum Bestandesalter A und dem Bestandesalter A. Sie ist damit eine vom Bestandesalter abhängige Funktion. Beispielhaft zeigt *Abbildung 1* die Entwicklung der Wertleistung und der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung für den Beispielbestand Köpenick 187 (*Tab. 2*).

Der Zielfunktionswert wird schließlich durch das Maximum der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung bestimmt.

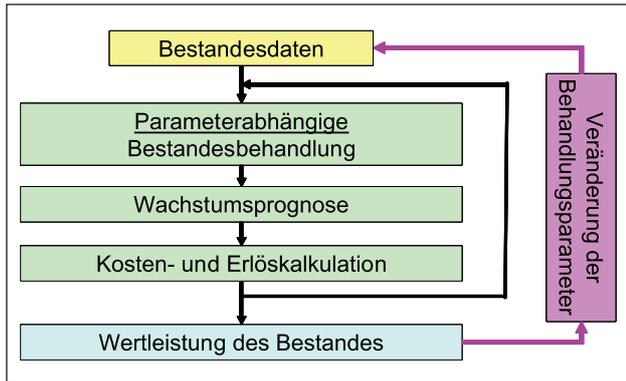


Abb. 2: Der Algorithmus des Simulationsmodells

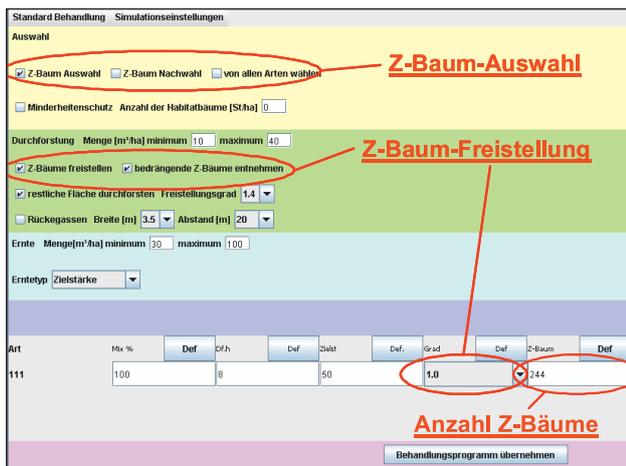


Abb. 3: Parameter zur Steuerung der Z-Baumbehandlung

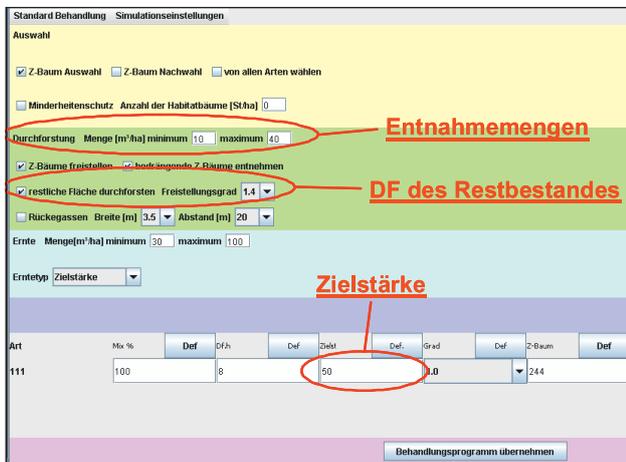


Abb. 4: Parameter zur Beschreibung der Bestandesbehandlung

3. Einsatz von Bestandessimulationsmodellen

Einzelbaumorientierte abstandsabhängige Bestandessimulationsmodelle ermöglichen es, W achstumsreaktionen von Einzelbäumen auf Durchforstungseingriffe darzustellen und zu analysieren. Mit Hilfe dieser Modelle, hier insbesondere des für Brandenburg parametrisierten W achstumssimulators BWINPro (NAGEL et al. 2003, DEGENHARDT 2006), lassen sich Bestandesentwicklungen prognostizieren und deren Ergebnisse anhand ertragskundlicher, ökologischer und betriebswirtschaftlicher Parameter vergleichen.

Der dem Programm zugrunde liegende Algorithmus (*Abb. 2*) besteht im Wesentlichen aus drei Teilschritten. Auf der Grundlage der Daten eines Bestandes wird eine Bestandesbehandlung („Parameterabhängige Bestandesbehandlung“) simuliert, das Wachstum für eine vorgegebene Zuwachsperiode prognostiziert („W achstumsprognose“) und schließlich das Ergebnis basierend auf „Kosten- und Erlöskalkulationen“ analysiert. Nach jeder Wachstumsperiode lässt sich die Wertleistung des Bestandes zum Bestandesalter A berechnen, aus der sich schließlich der Zielfunktionswert, das Maximum der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung, ableiten lässt.

Für die Modellierung der „Parameterabhängigen Bestandesbehandlung“ wurde versucht, möglichst viele Strategien der Praxis zu analysieren und diese durch angepasste parameterabhängige Algorithmen zu beschreiben. Im Mittelpunkt standen schließlich Parameter zur Steuerung der Z-Baumbehandlung (*Abb. 3*) sowie der Art und Stärke der Durchforstung des Restbestandes (*Abb. 4*). Zusätzlich wurden weitere Parameter wie das Durchforstungsintervall oder die Zielstärken in das Modell integriert.

Mit Hilfe des Simulationsmodells ist es nun möglich, für diese Parameter iterative optimale Lösungen zu finden. Für veränderte Parameter werden die resultierenden Maxima der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung berechnet und miteinander verglichen.

Beispielhaft kann das Vorgehen anhand eines Kiefernbestandes, dem Versuch Peitz 104 (*Tab. 2*), demonstriert werden. Der Bestand ist von sehr schwacher Bonität (absolute Bonität 15,4 m). Er befindet sich seit 1929 unter Beobachtung. Im Alter von 64 Jahren (1961) und einer Mittelhöhe von 10,75 m wurden die Koordinaten aller Bäume bestimmt sowie die Durchmesser und Höhen gemessen. Diese Bestandesdaten dienen als Eingangsgrößen für die Simulation.

Um das Problem des Findens einer optimalen Behandlungsstrategie auf wenige Parameter zu beschränken, wurde das Durchforstungsintervall auf konstant 5 Jahre und die Zielstärke auf 45 cm festgelegt. Variabel blieben dagegen die Anzahl der Z-Bäume, deren Grad der Freistellung sowie die Durchforstungsstärke des Restbestandes.

Die in *Abbildung 5* dargestellten Diagramme zeigen die maximale durchschnittliche jährliche Wertleistung in Abhängigkeit von Freistellungsgrad der Z-Bäume (x-Achse) und der Durchforstungsstärke des Restbestandes (y-Achse), wobei die Anzahl der ausgewählten Z-Bäume zwischen 0 und 200 variiert. Zunächst fällt auf, dass die höchsten Werte bei relativ geringer Freistellung der Z-Bäume (Freistellungsgrad >1) und relativ geringer Durchforstungsstärke des Restbestandes (>1) erzielt werden. Eine Steigerung der Wertleistung ist ebenfalls bei zunehmender Z-Baumzahl zu beobachten. Bei einer Erhöhung auf 200 Z-Bäume

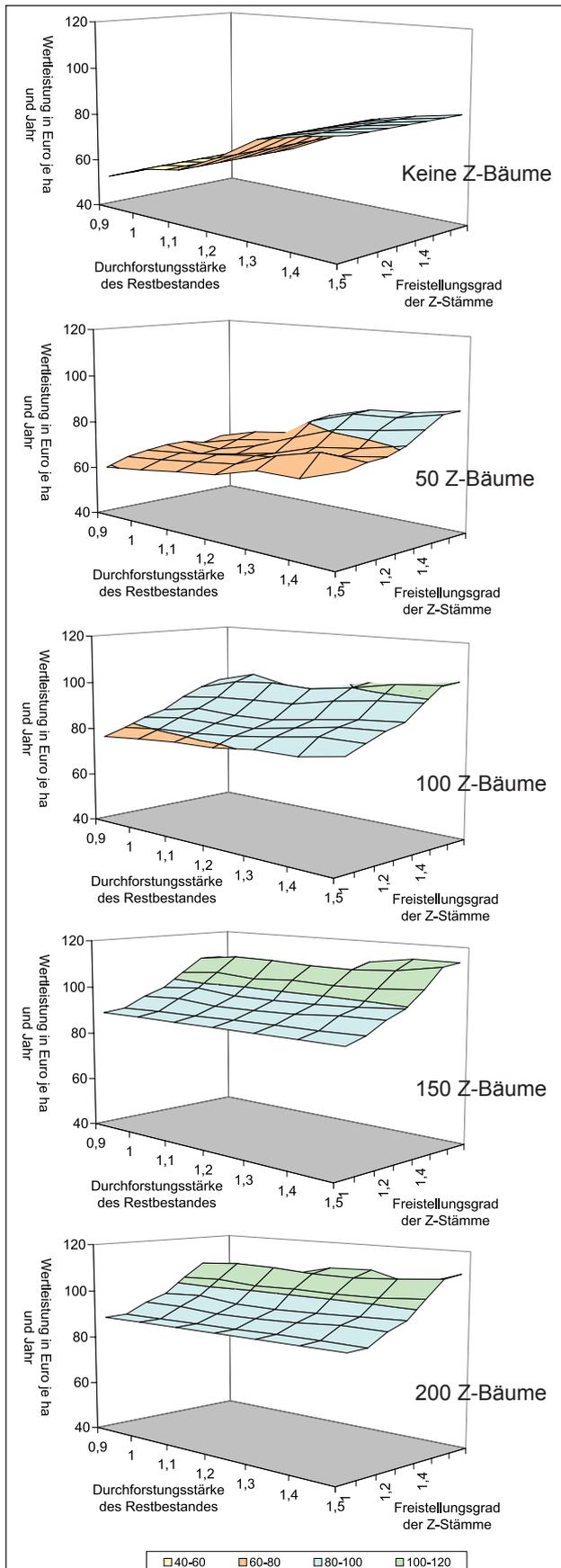


Abb. 5: Maximum der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung für den Kiefernbestand Peitz 104 bei Variation der Parameter Anzahl der Z-Bäume, Freistellungsgrad der Z-Bäume und Durchforstungsstärke des Restbestandes

sinkt dann jedoch die Wertleistung des Bestandes wieder. Der zusätzliche Aufwand für die besondere Pflege der Z-Bäume macht sich nun offensichtlich nicht mehr bezahlt.

Ähnliche Ansätze, die sich auf den Einfluss anderer Größen konzentrieren, findet man beispielsweise in DEGENHARDT (2006a) oder DEGENHARDT (2010).

4. Heuristische Verfahrensansätze

Bei der Diskussion der Ergebnisse aus BWINPro traten immer wieder Zweifel auf, ob die Modellalgorithmen die reale Durchforstungspraxis richtig wiedergeben. Dabei wurden Fragen diskutiert, ob die Z-Baum-Auswahl geeignet beschrieben ist, wie sich Bedränger besser definieren lassen oder welchen Einfluss Kronendimensionen auf die Entwicklung der Einzelbäume haben. Immer wieder wurden die Algorithmen angepasst, teilweise neue Daten erhoben und die resultierenden Ergebnisse auf Plausibilität überprüft.

Als Grund für die Abweichungen von den eigentlich zu erwartenden Ergebnissen stellte sich schließlich heraus, dass es häufig sehr verschiedene subjektive Auslegungen für die meist nur verbal beschriebenen Durchforstungsweisen wie Hochdurchforstung, Niederdurchforstung oder Z-Baum-Freistellung gibt. Um die „Parameterabhängige Bestandesbehandlung“ in BWINPro jedoch überschaubar und steuerbar zu gestalten, musste man sich bei der Modellierung der Durchforstungsweisen im Gegensatz dazu auf vergleichsweise einfache, formale Algorithmen mit relativ wenigen Parametern beschränken, so dass man davon ausgehen kann, dass dieser Schritt der Modellierung zu großen Ungenauigkeiten bzw. Informationsverlusten führt. Mit dem folgenden Ansatz soll daher versucht werden, auf diese parameterabhängigen Algorithmen zur Beschreibung der Bestandesbehandlung zu verzichten.

Betrachtet wird dazu die Vorgehensweise bei der Behandlung eines Kiefernbestandes. Nach dem „Grünen Ordner“ erfolgt in der Phase der Läuterung die Auswahl von Z-Bäumen, die auf Grund der zu erfolgenden Astung mit diesem Zeitpunkt auch definitiv festgelegt werden. Außerdem werden diese Z-Bäume durch die Entnahme von Bedrängern begünstigt. Das bedeutet, dass ausgewählte Bäume zu diesem Zeitpunkt entnommen werden, diesen Bäumen also eindeutig ein Zeitpunkt der Entnahme zugeordnet werden kann. Nach Wachstumsperioden von jeweils 5-10 Jahren erfolgen weitere Durchforstungseingriffe, bei denen wiederum Bäume im Sinne der Pflege oder Ernte entnommen werden. Nach Erreichen der Umtriebszeit kann schließlich für jeden Baum des Bestandes genau ein Entnahmezeitpunkt angegeben werden.

Damit lassen sich die Behandlungsstrategien in Beständen anhand der Entnahmezeitpunkte t_i ($i=1, \dots, N$ Einzelbäume und der konkreten Auswahl von Z-Bäumen z_i ($z_i=1$, wenn Baum i als Z-Baum oder $z_i=0$, wenn Baum i nicht als Z-Baum ausgewählt wurde) darstellen.

Aufbauend auf dieser Idee ergibt sich der folgende Optimierungsansatz für die Ableitung optimaler Behandlungsstrategien: Gesucht sind eine Z-Baum-Auswahl und die Entnahmezeitpunkte für alle Einzelbäume so, dass das beste betriebswirtschaftliche Ergebnis, nämlich die maximale durchschnittliche jährliche Wertleistungen, erzielt wird.

Da die Parameterzahl bei diesem Ansatz durch die Anzahl der Einzelbäume bestimmt wird und damit wesentlich höher als die Zahl der Parameter in den „Parameterabhängigen

Bestandesbehandlungen“ ist, kann das Problem sinnvoll nur mit Hilfe mathematischer Optimierungsverfahren gelöst werden. Andererseits basieren Bestandessimulationsmodelle, insbesondere der für Brandenburg angepasste Wachstumsimulator BWINPro, auf sehr komplexen Algorithmen, so dass sie die Voraussetzungen für die Anwendung von Verfahren der Parameteroptimierung nicht erfüllen. Daher wurde für die Lösung des Problems auf heuristische Verfahren zurückgegriffen (HOOS und STUETZLE 2004).

Heuristische Verfahren sind Techniken zur Suche nach guten (nahezu optimalen) Lösungen für komplexe Optimierungsprobleme in möglichst kurzer Zeit. Prinzipiell sind dabei kaum Kenntnisse über das Verhalten des Systems erforderlich sowie keine Voraussetzungen wie Stetigkeit, Differenzierbarkeit, Konvexität zu erfüllen.

Die Suchverfahren gehen von einer zufälligen oder bekannten Lösung des Problems aus. Iterativ erhält man neue Lösungen, indem von der gerade betrachteten Lösung zufällig oder systematisch einzelne Komponenten des Parametervektors verändert werden. Liefert diese Lösung einen besseren Zielfunktionswert, wird sie akzeptiert. Um den Algorithmus nicht vorzeitig in einem lokalen Maximum enden zu lassen, kann die Lösung mit einer geringen Wahrscheinlichkeit auch bei einer Verschlechterung des Zielfunktionswertes übernommen werden (Simulated Annealing; BLUM und ROLI 2003). Die Suche endet, sobald keine Verbesserung gefunden werden kann.

Für die Ableitung optimaler Behandlungsvarianten in Waldbeständen wird dieser allgemeine Algorithmus wie folgt umgesetzt:

- Für die Anfangslösungen $E_{opt}=(e_1, e_2, \dots, e_N)$, $Z_{opt}=(z_1, z_2, \dots, z_N)$ werden die Entnahmezeitpunkte e_i und Z-Baum-Auswahlen z_i zufällig bestimmt.
- Zu den Anfangslösungen E_0, Z_0 erfolgt die Berechnung des Maximums der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung W_0 des Bestandes.
- Für einen zufällig ausgewählten Baum i und zufällig bestimmte Operatoren „+“ oder „-“ wird der Entnahmezeitpunkt dieses Baumes um 5 Jahre erhöht bzw. verringert. Damit ergeben sich für die neue Lösung die Entnahmezeitpunkte $E_{k+1}=E_{opt}+(0,0,\dots,\pm 5,0,\dots,0)$
- Für einen zufällig ausgewählten Baum j wird die Z-Baum-Auswahl geändert.

Baumnummer	Z-Baum	Entnahmealter
1	0	36
2	1	121
3	0	31
4	0	31
5	0	31
6	0	46
7	0	26
8	0	46
9	0	56
10	0	26
...		

Tab. 1: Ergebnisliste des heuristischen Optimierungsverfahrens

- Das Maximum der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung W_{k+1} wird für die neuen Lösungen E_{k+1} und Z_{k+1} berechnet.
- Wenn $W_{k+1} > W_k - \Delta$, dann werden $E_{opt}=E_{k+1}$ und $Z_{opt}=Z_{k+1}$ gesetzt. Sonst bleiben $E_{opt}=E_k$ und $Z_{opt}=Z_k$
- Der Algorithmus wird beendet, wenn eine vorgegebene Zahl von Iterationen erfolgte.

Im Ergebnis dieses Suchverfahrens erhält man eine Liste mit optimalen Entnahmezeitpunkten und Z-Baum-Entscheidungen für alle Einzelbäume eines Bestandes (Tab. 1).

4. Durchforsten nach Zahlen-Beispiele

Anhand von drei Kiefernbeständen unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Bonität (Tab. 2) sollen die Ergebnisse der heuristischen Optimierung demonstriert und diskutiert werden. Im jeweiligen Startalter der Simulationen befanden sich die Bestände im Höhenbereich von 10–12 m.

Zunächst sei der Bestand mit der geringsten Bonität, Peitz 104, betrachtet. Die Simulation erfolgt ab einem Alter von 64 Jahre, da ab diesem Zeitpunkt die Koordinaten der Bäume vorlagen. Das Foto (Abb. 6) stammt aus dem Jahr 1989. Leider hat es in diesem Jahr auf der Fläche gebrannt, sodass der Versuch danach nicht weiter beobachtet werden konnte.

Verglichen wurden die mit Hilfe von BWINPro ermittelte optimale Behandlung bei Auswahl von 150 und 200 Z-Bäumen sowie die durch das Verfahren der heuristischen Optimierung ermittelte optimale Behandlungsvariante (Abb. 7). Ganz offensichtlich ist, dass die Z-Bäume des heuristischen Verfahrensansatzes ungleichmäßiger verteilt sind. Durch BWINPro werden durch die Vorgabe von Mindestabständen zwischen den Z-Bäumen Bäume ausgewählt, die insbesondere bei der Variante 200 Z-Bäume nicht die Wertholzdimension erreichen und damit zwar Pflegekosten verursachen aber nicht zum Gewinn beitragen können.



Abb. 6: Versuchsfäche Peitz 104 (Foto: W. NIEFNECKER, 1989)

Fläche	Betrachtete Teilfläche	Startalter (Jahr)	HG zum Startalter	Absolute Bonität	Relative Bonität
Peitz 104	20 m x 20 m	64 (1961)	10,75 m	15,4 m	4,2
Finowtal 198	10 m x 10 m	41 (1981)	11,53 m	25,1 m	1,7
Köpenick 187	12 m x 12 m	21 (1994)	11,02 m	31,6 m	0,1

Tab. 2: Ertragskundliche Charakterisierung der Beispielbestände

Durch das heuristische Verfahren werden dagegen nur Z-Bäume ausgewählt, die die Wertholzdimension erreichen.

Auffällig ist auch, dass diese Z-Bäume im Vergleich zur BWINPro-Variante eher weniger freigestellt werden. Die Optimalvariante aus der heuristischen Optimierung entfernt prinzipiell eher schwächere Bäume. Stärkere Bäume können dagegen auch bei vermeintlicher Konkurrenzwirkung länger im Bestand belassen werden.

Bei einem Alter von 129 Jahren, was etwa der optimalen Umtriebszeit entspricht, werden bei der Behandlung nach Heuristischer Optimierung 155 Euro je ha und Jahr erreicht, dagegen nur 115 EURO für die günstigste Variante aus dem Simulationsmodell, was einer Differenz von fast 25 % entspricht.

Da bis zum Brandereignis 1989 auch noch die Daten des realen Bestandes Peitz 104 vorliegen, ist neben dem Vergleich der drei Simulationsergebnisse auch ein Vergleich mit dem realen Bestand möglich (Abb. 8).

Auffallend ist, dass die in den Simulationen als Z-Bäume ausgewählten Bäume zum größten Teil auch im Originalbestand nach 30 Jahren noch vorzufinden sind, wobei die simulierten Bestände jedoch etwas dichter bestockt scheinen. Während die Simulationen noch relativ viele schwache Bäume im Bestand belassen, zeigen die Durchmesserverteilungen des realen Bestandes und der heuristischen Variante eine relativ gute Übereinstimmung.

Berücksichtigt man, dass bei der heuristischen Optimierung auf jegliche Restriktionen an die Auswahl und Be-

handlung der einzelnen Bäume verzichtet wurde, treffen die Ergebnisse des Modells die reale Entwicklung überraschend gut.

Der Bestand Finowtal 198 wurde als zweites Beispiel ausgewählt (Abb. 9), weil hier die stärksten Bäume sehr ungleichmäßig auf der Fläche verteilt sind.

In diesem Fall weisen die Ergebnisse der heuristischen Optimierung darauf hin, dass trotz ihrer geringen Abstände und der damit vermuteten Konkurrenz, die drei stärksten Bäume als Z-Bäume ausgewählt werden könnten (Abb. 10) (Drei Z-Bäume auf einer Fläche von 10 m x 10 m entsprechen 300 Z-Bäumen je ha).

Mit BWINPro würde man dagegen andere drei Bäume als Z-Bäume auswählen und mit mehr als 35 % unter der optimalen Wertleistung des Bestandes bleiben, da zwei



Abb. 9: Versuchsfäche Finowtal 198 (Foto: G. Lück, 1991)

	64 Jahre	79 Jahre	94 Jahre	109 Jahre	129 Jahre	Wertleistung
BWINPro 200 Z-Bäume						111 Euro
BWINPro 150 Z-Bäume						115 Euro
Heuristische Optimierung						155 Euro

Abb. 7: Peitz 104 - Bestandesentwicklungen der optimalen Lösungen aus BWINPro und der stochastischen lokalen Suche

Realer Bestand 1989 (92 Jahre)	200 Z-Bäume (94 Jahre)	150 Z-Bäume (94 Jahre)	Heuristische Optimierung (94 Jahre)

Abb. 8: Vergleich der Simulationen mit dem realen Bestand



Abb. 11: Versuchsfläche Köpenick 187 (Foto: G. LÜBGE, 1999)

der drei Bäume bei der Umtriebszeit von 106 Jahren nicht die Wertholzdimension erreichen.

Die Auswahl von nur zwei Z-Bäumen führt zu einem ähnlichen Ergebnis (170 ERO je ha und Jahr). Der beste Wert wird mit BWINPro bei der Auswahl nur eines Z-Baumes gefunden. Damit wäre das Potential des Bestandes aber bei weitem nicht ausgeschöpft. Die Ursache für die relativ großen Differenzen liegt hier offensichtlich in der in BWINPro festgelegten Strategie zur Z-Baum-Auswahl.

Als 3. Beispiel wurde mit der Versuchsfläche des Fachteams Waldbau, Köpenick 187, ein Bestand sehr guter Bonität betrachtet (Abb. 11).

Überraschend ist hier die sehr große Zahl an Z-Bäumen, die sowohl im Ergebnis der heuristischen Optimierung als auch bei BWINPro relativ gleichmäßig verteilt sind (Abb. 12). Fünf der sieben ausgewählten Bäume stimmen sogar überein. (Sieben Z-Bäume auf einer Fläche von 12mx12m entsprechen ca. 500 Z-Bäumen je ha). Auch nach 30 Jahren sind die Bestände noch sehr ähnlich, da neben den sieben Z-Bäumen nur noch wenige weitere Bäume im Bestand verbleiben.

Bis zum Alter 71 liegt die Behandlungsvariante nach BWINPro mit 795 EURO je ha und Jahr nur ca. 10 % unter der Variante aus der heuristischen Optimierung.

Erklärungen hierfür findet man in der sehr guten Bonität des Bestandes. Sehr viele Bäume können die Wertholzdimension von 30 cm erreichen und zum guten Ergebnis beitragen. Es ist daher nicht so entscheidend, welcher Baum ausgewählt wird. Bei der großen Zahl der zu begünstigenden Z-Bäume bleiben auch nicht mehr viele Möglichkeiten für die Behandlung des Restbestandes, sodass es auch hier nicht zu großen Unterschieden zwischen den Varianten kommen kann.

Heuristische Optimierung	BWINPro 300 Z-Bäume	BWINPro 200 Z-Bäume	BWINPro 100 Z-Bäume
250 EURO	166 EURO	170 EURO	177 EURO

Abb. 10: Vergleich der optimalen Z-Baumauswahl für den Bestand Finowtal 198

	21 Jahre	51 Jahre	71 Jahre
BWINPro 500 Z-Bäume (795 EURO)			
Heuristische Optimierung (865 EURO)			

Abb. 12: Vergleich der optimalen Behandlungsvarianten für den Bestand Köpenick 187

5. Diskussion

Die Ergebnisse der Suche nach optimalen Behandlungsvarianten mit Hilfe von heuristischen Verfahren zeigen, dass die gefundenen optimalen Lösungen teilweise mit den Ergebnissen aus dem Bestandessimulationsmodell BWINPro und den in der Praxis beschriebenen Durchforstungsweisen übereinstimmen, es aber auch zu bedeutenden Abweichungen kommen kann.

Die größten Differenzen bei der Behandlung der Bestände ergeben sich bei der Auswahl und Pflege der Z-Bäume. Die Ergebnisse der heuristischen Optimierung weisen darauf hin, dass die Abstände zwischen den Z-Bäumen dichter als erwartet gewählt werden können. Außerdem ist auffällig, dass die Z-Bäume eher nur sehr gering freigestellt werden. Da sich die Auswahl auf meist vorherrschende Bäume beschränken sollte, werden diese auf Grund ihrer Dimension nur geringfügig von Nachbarbäumen bedrängt, wachsen daher fast uneingeschränkt und setzen sich im Bestand souverän durch. Deren Wuchskraft ist

daher offensichtlich ausreichend, um den Erlösanteil in der Zielfunktion auch ohne besondere Freistellung positiv zu beeinflussen.

Besonders überraschend ist überdies, dass die Ergebnisse der heuristischen Optimierung häufig mehr Z-Bäume auswählen als die Untersuchungen mit BWINPro ergaben und auch der „Grüne Ordner“ (Waldbau-Richtlinien 2004) empfiehlt. Offensichtlich lohnt es sich, jeden Baum bei geeigneter Qualität und unter Beachtung seiner Vitalität als Z-Baum auszuwählen, der in der erwarteten Umtriebszeit die Wertholzdimension erreicht.

Auffällig war aber auch, dass im Gegensatz zu den Empfehlungen des „Grünen Ordners“, sehr schwache Bäume niederdurchforstungsartig relativ zeitig zu entnehmen sind. Diese Strategie resultiert hauptsächlich aus dem sehr ungünstigen Verhältnis zwischen Kosten und Erlösen und dem daraus resultierenden negativen Einfluss auf die Zielfunktionswerte. Die stärkeren Bäume werden dagegen auch bei vermuteter gegenseitiger Konkurrenz auf Grund der zu erwartenden höheren Holzerlöse länger im Bestand belassen.

Untersucht wurde ferner die Abhängigkeit der optimalen Lösungen von den sich verändernden Kosten und Erlösen. Betrachtet wurden dazu die durchschnittlichen Kosten aus den Jahren 2008 und 2011 sowie die Erlöse von 2006 bis 2011. In den Ergebnissen zeigten sich jedoch kaum Unterschiede. Da das Maximum der durchschnittlichen jährlichen Wertleistung wesentlich von der Z-Baum-Auswahl beeinflusst wird, sind nicht die Kosten und Erlöse entscheidend, sondern das Erreichen der Wertholzdimension.

Die hier mit Hilfe von heuristischen Optimierungsverfahren für drei Beispielbestände abgeleiteten Ergebnisse sind sehr schnell und einfach zu bestimmen. Es sind aber zunächst nur Modellrechnungen, damit eher theoretisch und in dieser Form sicherlich noch nicht geeignet, verallgemeinerbare Behandlungsempfehlungen für die Praxis abzuleiten. Die erzielten Ergebnisse liefern jedoch sehr nützliche Anhaltspunkte für das Verständnis des Systems „Wald“, insbesondere der Ursache-Wirkungs-Beziehungen bei der Bewirtschaftung von Waldbeständen.

Zu berücksichtigen ist insbesondere auch, dass die iterativ ermittelten optimalen Behandlungsstrategien in der Praxis nicht in der Exaktheit umgesetzt werden können. Einerseits spielen zusätzliche, bisher nicht im Modell berücksichtigte Parameter wie Qualität, Vitalität oder Bestandesstabilität eine Rolle. Andererseits wirken teilweise unvorhersehbare äußere Einflüsse (Witterung, Sturm, Schädlingsbefall, Schneebruch) auf die Bestandesentwicklung zusätzlich ein. Die tatsächliche Entscheidung muss daher natürlich immer durch den Förster im Wald getroffen werden.

Literatur

- BLUM, C.; ROLI, A. (2003):
Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison. *ACM Computing Surveys*, 35 (2003) 3, S. 268–308
- DEGENHARDT, A. (2006):
Der Waldwachstumssimulator „BWINPro Brandenburg“ für die Kiefer in Brandenburg. Landesforstanstalt Eberswalde, Abschlussbericht
- DEGENHARDT, A. (2006a):
Verfahren zur Ableitung optimaler Behandlungsvarianten in Kiefernreinbeständen. *Sektion Forstliche Biometrie und Informatik, Trippstadt*, 25.–27.09.2006, Tagungsbericht, S. 120–128
- DEGENHARDT, A. (2010):
Mit heuristischen Verfahren zur optimalen Durchforstung. *Sektion Forstliche Biometrie und Informatik, Göttingen*, 21.–22.09.2010, Tagungsbericht, im Druck
- HOOS, H. H.; STUETZLE, T. (2004):
Stochastic Local Search – Foundations and Applications. MORGAN KAUFMANN, San Francisco, 2004
- NAGEL, J.; ALBERT, M.; SCHMIDT, M.; DÖBBELER, J. (2003):
BWINPro. Programm zur Bestandesanalyse und Prognose. Handbuch zur Version 6.2, Göttingen Waldbau-Richtlinien 2004 „Grüner Ordner“ der Landesforstverwaltung Brandenburg. Potsdam, Mai 2004

Wissenschaft muss Wissen schaffen – Der Wissenstransfer in die Forstpraxis

JAN ENGEL¹

„Wer alle erreichen will, erreicht niemanden“. Sprichwort

Einleitung

Wissen ist stets subjektiv und entsteht durch die Vernetzung von Informationen vor dem Hintergrund des individuellen Kenntnis- und Erfahrungshorizontes. Diese Subjektbezogenheit von Wissen (im Unterschied zu rein objektiven Daten) bedeutet, dass der Transfer von Wissen eine anspruchsvolle Aufgabe ist, die durch Strategien des Wissenstransfers begünstigt werden kann. Durch geeignete personelle, organisatorische und technische Maßnahmen können Unternehmen und Institutionen dadurch Wettbewerbsvorteile erlangen.

Wissenstransfer ist die zielgerichtete Übertragung von Wissen von einem Partner (Sender) zu einem anderen (Empfänger), wobei diese Transferpartner Individuen oder Kollektive sein können. Der Prozess der Aneignung von Wissen erfordert eine hohe Interaktion und findet daher i. d. R. in Form eines Austauschprozesses statt und ist immer vom Kontext der Transfersituation beeinflusst (vgl. <http://www.encyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-encyklopaedie/lexikon/daten-wissen/Wissensmanagement/Wissensmanagement>—Zugriff am 01.02.2012).

Die Generierung und der Transfer forstlichen Wissens sind im hohen Maße geprägt von praktischem Erfahrungswissen und wissenschaftlichen Ergebnissen aus langfristigen Versuchen oder modernen Modellierungen sowie durch die Vielfalt der forstlichen Akteure und Institutionen. So unterschiedlich sind auch die bisherigen und künftigen Wege der Verbreitung forstlichen Wissens.

Wissenstransfer

Die zielgerichtete Übertragung von Wissen von einem Transferpartner (Sender) zu einem anderen Transferpartner (Empfänger) wird als Wissenstransfer bezeichnet, wobei diese Partner Individuen oder Kollektive sein können. In Transfersituationen können die Rollen von Sender und Empfänger wechseln (vgl. Thiel, 2002, S. 29 f.), so dass der Prozess der Aneignung von Wissen eine hohe Interaktion erfordert und daher häufig in Form eines Austauschprozesses stattfindet. Die Übertragung von Wissen ist daher immer vom Kontext der jeweiligen Transfersituation geprägt, in dem sich Sender und Empfänger befinden.

Wissen gilt dabei als transferiert, wenn im Idealfall der Empfänger am Ende des Wissenstransfers den gleichen Wissenstand hat wie der Sender. Zur Wertschöpfung von Unternehmen kann daher nur transferiertes Wissen beitragen, welches dann entweder unverändert, angepasst oder als Anreiz für die Generierung neuen Wissens genutzt werden kann (vgl. Thiel, 2002, S. 32 f.).

Beim Wissenstransfer werden grundsätzlich zwei Strategien unterschieden. Die **Kodifizierung** legt das Augenmerk auf Informations- und Kommunikationstechnologien und gehört zur ersten Generation des Wissensmanagements. Wissen wird hier als Objekt betrachtet und auf Daten-Servern oder speziellen Wissensmanagementsystemen verwaltet und den Anwendern bereitgestellt. Die Weiterentwicklung, als zweite Generation bezeichnet, ist die **Personalisierung** in Form der Unterstützung einer Wissenskommunikation, d. h. die Unterstützung des persönlichen Wissensaustausches. Wissen wird hier im Gegensatz zur Kodifizierung als Prozess gesehen, in dem die Menschen als Wissensträger und Wissensvermittler im Mittelpunkt stehen (vgl. auch BICK, 2004).

Abb. Nr. (1) soll zeigen, dass sich forstliches Wissensmanagement beider Strategien bedient.

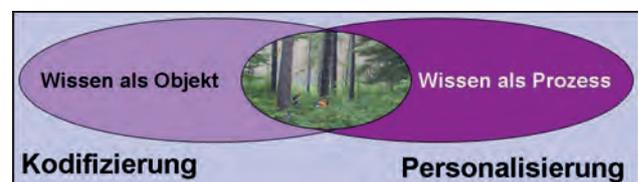


Abb. 1: Strategien des Wissensmanagements. Verändert nach: <http://www.oldenbourg.de/8080/wi-encyklopaedie/lexikon/daten-wissen/Wissensmanagement/Wissensmanagement--Strategien-des/Kodifizierung> Zugriff am 10.02.2012

Die Entstehung von Wissen aus Information wird von NORTH (2011) in Form einer Treppe (Abb. 2) beschrieben, welche stufenweise aus Zeichenfolgen (Syntax) Sinnzusammenhänge (Semantik) herstellt. Diese sind zunächst nur Informationen und können personenunabhängig (Sammeln, Speichern, Verarbeiten, Übertragen) im Rahmen des operativen Daten- und Wissensmanagements verwaltet werden. Beim Wissenstransfer werden diese Inhalte mit dem Hintergrundwissen des Empfängers verknüpft. In den nächsten Stufen entstehen dann auf Leitungsebene durch strategisches Wissensmanagement Handlungskompetenz und Anwendung zur Generierung von Wettbewerbsvorteilen bzw. zur optimalen Aufgabenerfüllung öffentlicher Institutionen.

¹⁾ FOI Jan Engel (Diplom-Forsting.) ist verantwortlicher Mitarbeiter für Öffentlichkeitsarbeit und Wissenstransfer am Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Der Kontext für den Wissenstransfer in der Forstwirtschaft ist in der Regel der Wald (siehe Abb. 3) mit seinen vielen Facetten. In der heutigen Forstpraxis spielt Wissenstransfer in unterschiedlichen Ausprägungen inzwischen eine wichtige Rolle, sei es bei der internen Aus- und Fortbildung von Forstleuten oder der externen Beratung von Waldbesitzern und Bürgern, bei der Ausbildung von Lehrlingen und Studenten, der Information von Journalisten oder der Politikberatung und erfordert daher auch eine theoretische Befassung mit dem Thema.

Zur Wahl des richtigen Weges zum Wissenstransfer sind Kenntnisse über Einflussfaktoren und Barrieren erforderlich, denn durch diese werden Wissen und Rückkopplung (Feedback) bei der Übertragung beeinflusst. Beim Empfänger kann daher nur ein mehr oder weniger verändertes „empfangenes“ Wissen ankommen und beim Sender ebenso nur eine „empfangene“ Rückkopplung, welche von den eigentlichen Kommunikationsabsichten stark abweichen kann.

Diese Einflussfaktoren können sein:

Personenbezogen

- Rollenverhalten und Rollenkonformität
- Verhältnis der Transferpartner
- Frühere Erfahrungen (bzgl. eines Transferweges)
- Persönliche Vorlieben und Abneigungen

Umfeldbezogen

- Formale Organisationsstruktur
- Unternehmenskultur
- Branchenkulturelle Aspekte
- Verknüpfte Anreize

Situationsbezogen

- Syntaktische Störeinflüsse („Verständigungsschwierigkeiten“)
- Räumliche und zeitliche Distanz
- Zeitdruck
- Zwecksetzung der Wissensvermittlung



Abb. 2: Die Wissenstreppe. In Anlehnung an NORTH (2011, S. 35), verändert nach KATZENBACH (2008).



Abb. 3: Wissenstransfer im Kontext Wald. Verändert nach KOHLER (2008, S. 48)

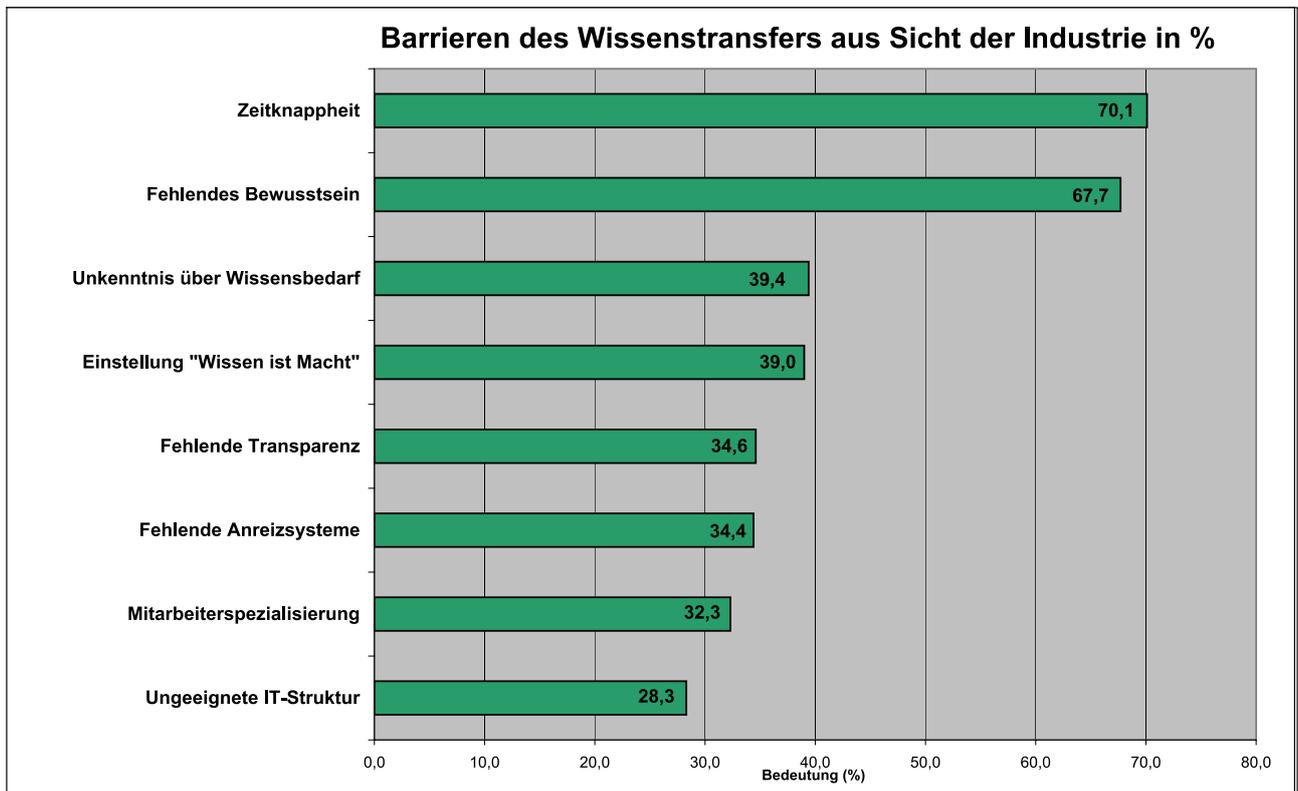


Abb. 4: Barrieren des Wissenstransfers. In Anlehnung an: HERBST (2000, S. 140)

Wissensbezogen

- Beziehungsaspekt
- Informationsfülle
- Zeitlicher Transferhorizont
- Sicherheit des Transfers

In der Industrie (vgl. BICK, 2004; KATZENBACH, 2008; KOHLER, 2008; NORTH, 2011) gibt es im Gegensatz zur Forstwirtschaft vielfältige Forschungen zum Wissenstransfer und zum Wissensmanagement und Abb. 4 zeigt aus einer Untersuchung von HERBST (2000, S. 140), die hemmenden Faktoren des Wissensmanagements in der Industrie, welche in subjektiven (Unkenntnis, Bewusstsein, Anreiz) und organisatorischen (IT-Struktur, Zeit) Ursachen begründet sind.

Da sich dieser Beitrag auf den Wissenstransfer aus der Forschung in die Forstpraxis konzentriert sind insbesondere brancheninterne Barrieren des Wissenstransfers zu beachten. Diese sind in der Literatur v.a. in Zusammenhängen mit Innovationen im Forstbetrieb in Anlehnung an die forstliche Fachsprache als „forstliche Keimruhe“ (GLÜCK, 1991, S. 1), beschrieben worden. Pointiert fragt EDER (1989, S. 108), ob die traditionell konservativen und abwartenden

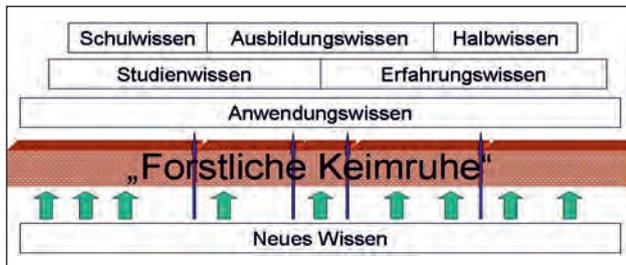


Abb. 5: Barrieren des forstlichen Wissenstransfers (eigene Darstellung)

Forstleute der Praxis Recht haben, wenn sie mit der Verwirklichung von Verfahren, die die Wissenschaft oder einige Praktiker entwickelt haben, lange genug warten und eine entsprechend „sichere“ Zeitspanne der „forstlichen Keimruhe“ verstreichen lassen.

Den Akteuren des Wissenstransfers muss es also gelingen, diese Barrieren (Abb. 5) zu durchbrechen, wenn vorhandenes Wissen durch neues Wissen ergänzt oder ersetzt werden soll.

Wie informieren sich Forstleute und Waldbesitzer?

Das Nutzungsverhalten und die Bewertung von Informationsquellen der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg (FVA) in Freiburg wurde im Rahmen einer Online-Befragung (MAKKONEN-SPIECKER et al., 2011) bei den Mitarbeitern/innen der damaligen Landesforsterwaltung

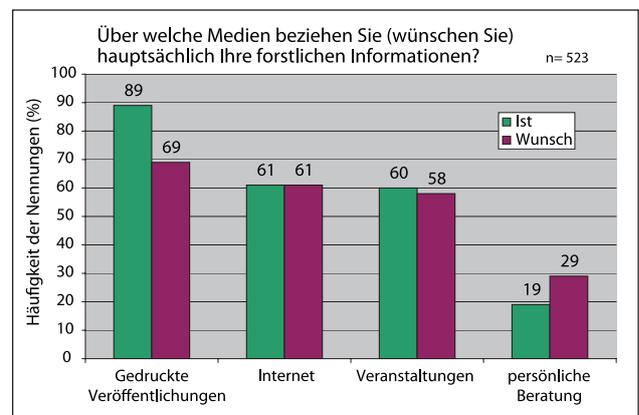


Abb. 6: Informationsquellen von Forstleuten. Quelle: MAKKONEN-SPIECKER et al. (2011, S. 5)

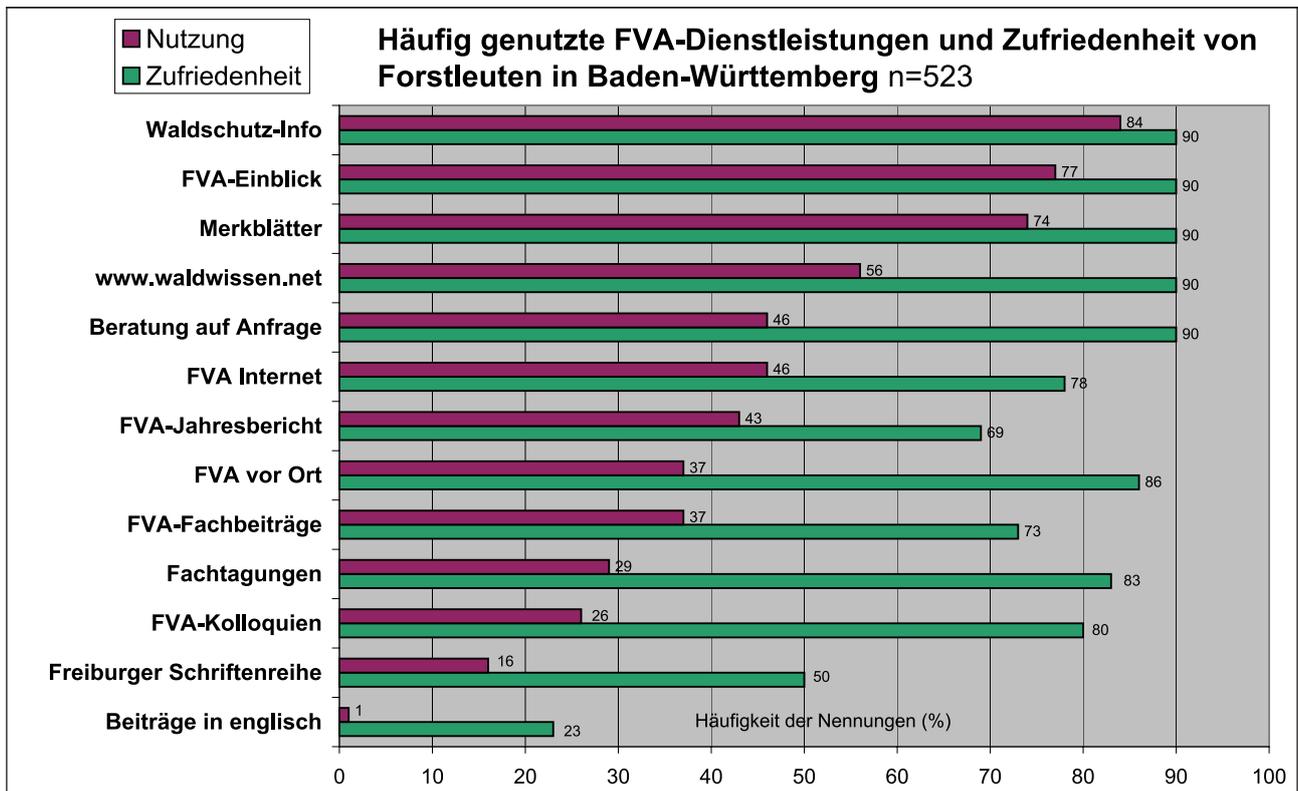


Abb. 7: Nutzung und Zufriedenheit forstlicher Informationsangebote. Vereinfacht nach: MAKKONEN-SPIECKER et al. (2011, S. 12)

Baden-Württemberg untersucht. 523 Teilnehmer aus allen Laufbahngruppen und Verwaltungsstrukturen zeichnen ein repräsentatives Bild.

Am häufigsten genutzt werden immer noch gedruckte Veröffentlichungen, gefolgt vom Internet und Veranstaltungen (Abb. 6). Die persönliche Beratung nimmt bisher noch einen geringen Stellenwert ein, deren Stärkung wird aber als deutlicher Wunsch der Befragten formuliert.

In der Nutzung der FVA-Angebote zeigt sich deutlich eine Präferenz von praxisorientierten Handreichungen für den Forstbetrieb in Form der klassischen Medien wie themenbezogenen Informations- und Merkblättern. Je mehr der wissenschaftliche Anspruch der Medien zunimmt, desto geringer der Nutzungsgrad und die Zufriedenheit mit den Angeboten (Abb. 7). Der hohe Praxisanspruch der Nutzer zeigt sich auch in der Einschätzung von MAKKONEN-SPIECKER et al. (2011, S. 29) als Ergebnis der Untersuchung, dass, „die vor Ort tätigen forstlichen Bediensteten der Unteren Forstbehörden die FVA-Dienstleistungen höher schätzen als die Bediensteten höherer Verwaltungsebenen im MLR und in den Forstdirektionen.“ Der hohe Nutzungsgrad moderner Medien wie z. B. www.waldwissen.net ist bei dem relativ hohen Altersdurchschnitt der Forstbediensteten in Deutschland (\bar{x} bei 50 Jahren, nach BRAND, 2011) erfreulich.

Waldbesitzer als zusätzliche Zielgruppe des Wissenstransfers forstwissenschaftlicher Einrichtungen zeigen ein anderes Nutzungsverhalten als Forstbedienstete, wie eine Untersuchung aus Österreich (GRILL, WÖHRLE, 2011) zeigt. Hier werden bei allgemein geringerer Nutzungshäufigkeit die klassischen Medien wie Fachliteratur oder der Besuch von Messen bevorzugt und das Internet spielt hier nur eine geringe Rolle (Abb. 8). Da in dieser Untersuchung aktive Waldbesitzer als Teilnehmer von Fortbildungslehrgängen befragt wurden, kann in der gesamten Waldbesitzerschaft von noch geringeren Werten ausgegangen werden. Der hohe Altersdurchschnitt auch der rund 2 Millionen deutschen Privatwaldbesitzer von rund 60-95 Jahren (vgl. MLUV, 2008), der damit auch deutlich über dem bereits hohen Durchschnittsalter von 43 Jahren (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2010) der gesamten Bevölkerung in Deutschland liegt, lässt vermuten, dass sich dort ein ähnliches Bild bei der geringeren Nutzung moderner Medien ergibt.

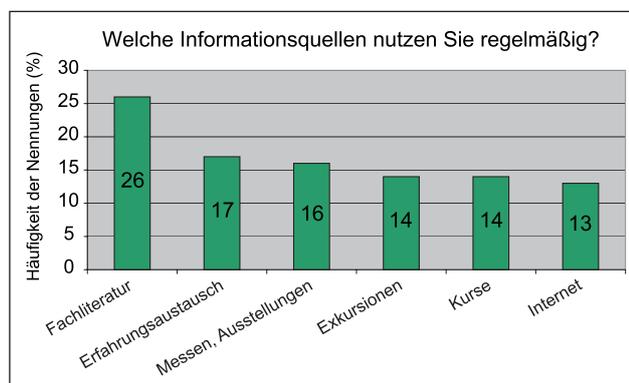


Abb. 8: Informationsquellen von Waldbesitzern in Österreich. Quelle: GRILL, WÖHRLE (2011, S. 6)

Wissenstransfer am Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

Die Motivation zum Wissenstransfer leitet sich aus den Aufgaben innerhalb des Landesbetriebes Forst Brandenburg aber auch aus dem Selbstverständnis ab, dass Forstleute gewissenhaft, nachhaltig und kompetent, nämlich auf wissenschaftlich fundierter Grundlage den Wald ganzheitlich zum Nutzen der Gesellschaft bewirtschaften.

Die Pflicht der staatlichen Forstdienststellen zur Information und Aufklärung der Bevölkerung über Wald und Forstwirtschaft betrifft auch forstliche Einrichtungen der Forschung und Lehre wie das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde. Als öffentlich finanzierte Einrichtungen sind sie deshalb auch den Bürgern (Steuerzahlern!) als weiterer wichtiger Zielgruppe rechenschaftspflichtig. Eine umfassende Information über die Tätigkeit liegt dabei auch im eigenen Interesse, um die Bedeutung der eigenen Arbeit darzustellen.

Einrichtungen der forstlichen Forschung und Lehre treten im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit und des Wissenstransfer meistens in einer Doppelrolle auf. Sie informieren über ihre eigene Arbeit, stellen Projekte und Ergebnisse vor und klären die Fachöffentlichkeit und die Bevölkerung über fachspezifische Erkenntnisse und Zusammenhänge auf. Sie liefern Hintergrundinformationen und Fachwissen für andere Einrichtungen wie z. B. die Landesregierung, -behörden oder an speziellen Themen interessierte Medien (ENGEL, 2007).

Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit des LFE richtet sich daher in der Regel an die folgenden Zielgruppen:

- Interne Zielgruppe „Landesbetrieb Forst Brandenburg“
- Fachöffentlichkeit
- Privatwaldbesitzer
- Allgemeine Öffentlichkeit
- Medien
- Politik und Verwaltung

Dabei nutzt das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde schwerpunktmäßig die folgenden Mittel zum Wissenstransfer

Fachpublikationen aus dem eigenen Hause

Dazu zählen in unregelmäßigen Abständen erscheinende Schriftenreihen, Broschüren oder Internet-(Intranet)Beiträge auf den eigenen Seiten und dem Portal waldwissen.net zu aktuellen Forschungsarbeiten oder wissenschaftlichen Schwerpunktthemen (z. B. Jahresberichte, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie...).

Publikationen in der Fachpresse

Zur Veröffentlichung von wissenschaftlichen Ergebnissen oder Ereignissen und Terminen nutzt das LFE forstliche Fachzeitschriften mit unterschiedlichem wissenschaftlichen Niveau und Verbreitung.

Internet-Plattform www.waldwissen.net

Die Website www.waldwissen.net ist die digitale Plattform für den Wissenstransfer aus der forstlichen Forschung in die Praxis. Die Herausgeber, forstliche Forschungsanstalten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, verstehen das Portal als ein fundiertes, überall und jederzeit verfü-

bares Nachschlagewerk für Forstpersonal, Waldbesitzer und andere Waldinteressierte. So umfasst waldwissen.net inzwischen über 3.500 Beiträge in fünf Sprachen und hat monatlich rund 70.000 Aufrufe sowie über 900 angemeldete Nutzer. Das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde ist mit regelmäßigen Beiträgen seit 2011 Partner und vertritt gemeinsam mit dem Staatsbetrieb Sachsenforst Nord-Ost-Deutschland.

Sonstige Formen des fachbezogenen Wissenstransfers

Hierzu zählen alle Formen von Veranstaltungen zur Information und dem Erfahrungs-, Wissens- und Meinungsaustausch. Da sind insbesondere Exkursionen, Fachtagungen, Expertensymposien, Projektverteidigungen oder Workshops. Diese Veranstaltungsformen dienen dazu den wissenschaftlichen Diskurs zu fördern, aber natürlich auch um die Leistungsfähigkeit der gastgebenden Einrichtung positiv darzustellen.

Beratungstätigkeit

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des LFE sind gefragte Experten zu vielfältigen Themen rund um den Wald. Anfragen aus der Praxis, von Waldbesitzern, Bürgern, Studierenden, Politikern, Medien und verwandten Einrichtungen gehören damit zum Tagesgeschäft. Über ein thematisches Telefonverzeichnis auf den LFE-Internetseiten sind diese Ansprechpartner/innen zu finden oder vielfach landesweit bekannt, wie beim Thema Waldschutz oder Öffentlichkeitsarbeit

Presse- und Medienarbeit

Aus Forschung und Entwicklung entstehen ständig neue Themen, die mediengerecht für die Öffentlichkeitsarbeit und Information genutzt werden können. Noch stärker als Behörden nutzt die Forstwissenschaft allerdings eine Fachterminologie, die je nach angesprochener Zielgruppe entsprechend übersetzt werden muss. Die Sprache für Pressemitteilungen, Rundfunk- und Fernsehinterviews muss für die entsprechende Zielgruppe verständlich, aber dabei doch korrekt gestaltet werden, ohne die notwendige journalistische Spannung einzubüßen. Hierbei befinden sich die presseverantwortlichen Mitarbeiter in einer problematischen Zwickmühle gegenüber den Medien, die eine prägnante, verständliche und lebendige Sprache erwarten und den Kollegen, die mit ihrer Fachsprache verwachsen sind.

Sonstige fachbezogene Öffentlichkeitsarbeit für allgemeine Zielgruppen

Im Gegensatz zur Biochemie oder Kernphysik ist der Untersuchungsgegenstand der Forstwissenschaften, nämlich der WALD für viele Menschen allgegenwärtig und dadurch begreifbar. So hat sich die Forstwissenschaft zunehmend mit interessierten Laien und selbst ernannten Experten auseinander zu setzen und der Bevölkerung ein möglichst objektives Bild vom Wissenstand über den Wald und seine Bewirtschaftung zu bieten.

Die Verwunderung vieler Menschen über die Notwendigkeit eines Studiums, um Förster zu werden ist ein Anzeichen dieser Schiefelage in der Waldinformation. Diese wird destruktiv noch durch solche Forstleute befördert, die ihr waldbauliches und wirtschaftliches Handeln einzig und alleine durch ihren „forstlichen Götterblick“ begründen.

Die Zielgruppe der interessierten Laien ist leichter anfällig für gezielte Waldinformation, doch häufig mindestens

genauso schwierig von der Professionalität forstlichen Handelns zu überzeugen wie die wesentlich größere Gruppe der Skeptiker.

Das Eberswalder Winterkolloquium – Einschätzungen der Teilnehmer

Seit dem Jahr 2006 hat sich das Eberswalder Winterkolloquium unter dem anspruchsvollen Motto „Wissenstransfer in die Praxis“ als fester Termin im forstlichen Jahreslauf etabliert. Mit regelmäßig mehr als 200 Anmeldungen ist die Veranstaltung stets ausgebucht und lebt von einem bunten Teilnehmerkreis aus Forstbediensteten, Waldbesitzern, Wissenschaftlern und Unternehmern aus Brandenburg und den benachbarten Bundesländern. Neben der Veranstaltung von aktuellen Ergebnissen aus der Arbeit des LFE dient die Veranstaltung auch zur Bilanzierung der Arbeit des vorausgegangenen Jahres gegenüber den Auftraggebern, der Betriebsleitung des Landesbetriebes Forst und der Aufsichtsbehörde, dem Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft.

Mit der erstmals durchgeführten Teilnehmerbefragung anlässlich des 7. Winterkolloquiums am 23. Februar 2012 wollten die Veranstalter ein repräsentatives Bild über die bisherige Teilnahmehäufigkeit, bevorzugte Themen sowie die strukturelle Zusammensetzung der Teilnehmer erfassen und kritische Hinweise u. a. für die zukünftige Veranstaltungorganisation erhalten. Dazu wurde die Methode der standardisierten, anonymen schriftlichen Befragung in Form eines Veranstaltungs-Feedbacks mit 13 geschlossenen und einer offenen Frage (vgl. FRIEDERICHS, 1990; KROTT & SUDA, 2001) gewählt, welche zuvor einem Pretest im Leitungsteam des LFE unterzogen wurden. Die Fragebogen wurden zu Beginn der Veranstaltung an alle 195 Teilnehmer verteilt und die Rückgabe am Schluss des Winterkolloquiums erbeten. Kurze Erläuterungen zum Fragebogen gab es von Verfasser während seines Vortrages, verbunden mit einer Bitte um die Beantwortung der Fragen.

Der Rücklauf betrug 126 Fragebogen, was einer Rücklaufquote von 64,6 % entspricht. Leider waren 15 Fragebogen durch einen Kopierfehler bei den Fragen Nr. 9 und 10. nur bedingt auswertbar.

40 % der Teilnehmer sind durch das Einladungsfaltblatt auf das Winterkolloquium aufmerksam geworden und 35 % durch das Forst-Intranet. Aus externen Quellen (Internet 8 %, Fachpresse 5 % und 10 % Empfehlungen von Kollegen/innen) sind rund ein Viertel der Teilnehmer zur Anmeldung angeregt worden.

Bereits mehr als fünfmal haben 45 % der Gäste am Winterkolloquium teilgenommen, zum ersten Mal waren 7 % dabei. Weitere 43 % waren bisher 2–4 Mal in Eberswalde zu Gast.

78 % der Teilnehmer kamen aus Brandenburg, 11 % aus Mecklenburg-Vorpommern und 5 % aus Berlin. Der Rest teilte sich auf die Länder Sachsen-Anhalt und Niedersachsen auf.

Verglichen nach Laufbahngruppen nahmen zu 31 % Mitarbeiter des gehobenen und 27 % des höheren Forstdienstes am Winterkolloquium teil sowie 5 % Privatwaldbesitzer und 6 % Forstliche Unternehmer, 12 % machten keine Angabe.

69% der Teilnehmer waren jünger als 50 Jahre und lagen damit unter dem Alterdurchschnitt der deutschen Landesforstverwaltungen (vgl. BRAND, 2011).

Insgesamt (Tabelle 1) zeigte sich eine Zufriedenheit hinsichtlich Anzahl und Länge der Vorträge, jedoch wünschten ein Drittel der Teilnehmer umfassendere Diskussionsmöglichkeiten, die andererseits während der Veranstaltung nicht bei allen Vorträgen ausgenutzt wurden.

Wie beurteilen Sie die Anzahl der Vorträge?		Wie beurteilen Sie die Länge der Vorträge?		Wie schätzen Sie die Diskussions- und Beteiligungsmöglichkeiten ein?	
Angemessen	84,10%	Angemessen	93,70%	Angemessen	65,10%
Zu viele	15,10%	Zu lang	1,60%	Zu wenig	34,90%
Zu wenige	0,00%	Zu kurz	1,60%	Zu viele	0,00%
Keine Angabe	0,80%	Keine Angabe	3,20%	Keine Angabe	0,00%

Tabelle 1: Einschätzungen zum Tagungsablauf

Mit rund 60% überwogen die Teilnehmer, die aus den vermittelten Inhalten neue Impulse für Ihre Arbeit ableiten konnten, rund 40% bestätigten dies teilweise.

98,4% der Befragten können sich daher vorstellen, wieder an einer solchen Veranstaltung teilzunehmen.

Die Themenwünsche für die Zukunft (Abb. 9) orientieren sich hauptsächlich an den klassischen forstpraktischen Themen, wobei Forsttechnik und Waldarbeit sowie Wildbiologie und Jagd entgegen der Vermutung auf weniger Interesse stoßen. Kein Themengebiet zeichnete sich jedoch durch weniger als 50% Interesse aus.

Bei den weiteren fachlichen Informationsquellen der Teilnehmer des Eberswalder Winterkolloquiums 2012 dominieren die Fachzeitschriften gefolgt vom Internet. Der fachliche Austausch mit Kollegen/innen und der Besuch von Exkursionen nimmt dagegen eine geringere Rolle ein.

In der Auswertung wurde bewusst keine vergleichende Statistik zwischen Laufbahn- und Altersgruppen oder dem Geschlecht (danach wurde bereits im Fragebogen nicht gefragt) durchgeführt. Ebenso fand nur eine interne Auswertung

der Fragen Nr. 3 („Wie beurteilen Sie die diesjährigen Vortragsthemen?“), und Nr. 14 („Kommentare und Anmerkungen“) für die zukünftige Optimierung des Eberswalder Winterkolloquiums oder für weitere Angebote des LFE statt.

Für die Datenaufbereitung danke ich ganz herzlich meinen Kolleginnen Sibylle Wenk und Dr. Annett Degenhardt.

Halbwissen versus Waldwissen

Mit den unendlichen Möglichkeiten der neuen Medien sind Informationen allgegenwärtig und können sich in Windeseile verbreiten. Über Internet-Suchmaschinen, digitale Datenbanken, Web-Blogs, Foren und andere soziale Netzwerke sind zu fast jedem Thema Daten, Informationen und Meinungen erreichbar. An dieser Stelle ist die geistige Leistung des Nutzers gefragt, daraus Wissen zu generieren, d. h. vor allem Informationen zu filtern und wichtig von unwichtig zu unterscheiden. Denn zu keinem Zeitpunkt gibt es ein „Absolutes, volles Wissen“, sondern nur „Wissen auf der jeweiligen Höhe der Zeit oder dem Stand der Wissenschaft“.

Auf der Skala zwischen Nichtwissen und Wissen auf Höhe der Zeit findet sich auch das vielgescholtene „Halbwissen“ und „Herrschaftswissen“. Es gibt soziale Unterschiede in der Bedeutung, die Menschen ihrem und dem Wissen anderer beimessen und so ist ein ernsthafter aber stressfreier Umgang mit Wissen erforderlich.

Halbwissen sei per se nicht gefährlich, „wenn es sich um individuelles, aus Interesse angeeignetes Wissen handelt, das auf anderes, ebenfalls individuelles, und ebenfalls aus Interesse angeeignetes Wissen trifft, oder auch auf fundiertes Fachwissen, und sich damit vernetzt“ (<http://webkompetenz.wikidot.com/blog:60> Zugriff am 02.03.2011).

Die Gefährlichkeit von Halbwissen ist jedoch häufig ein Argument „ständischer Vertreter“ wie Ärzte, Rechtsanwälte, Journalisten, Politiker und auch Förster?

Ausgebildete Forstleute und Forstwissenschaftler teilen heute ihr Wissen über den Wald untereinander aber auch mit Waldbesitzern, anderen Waldliebhabern und der WEB-Gemeinde.

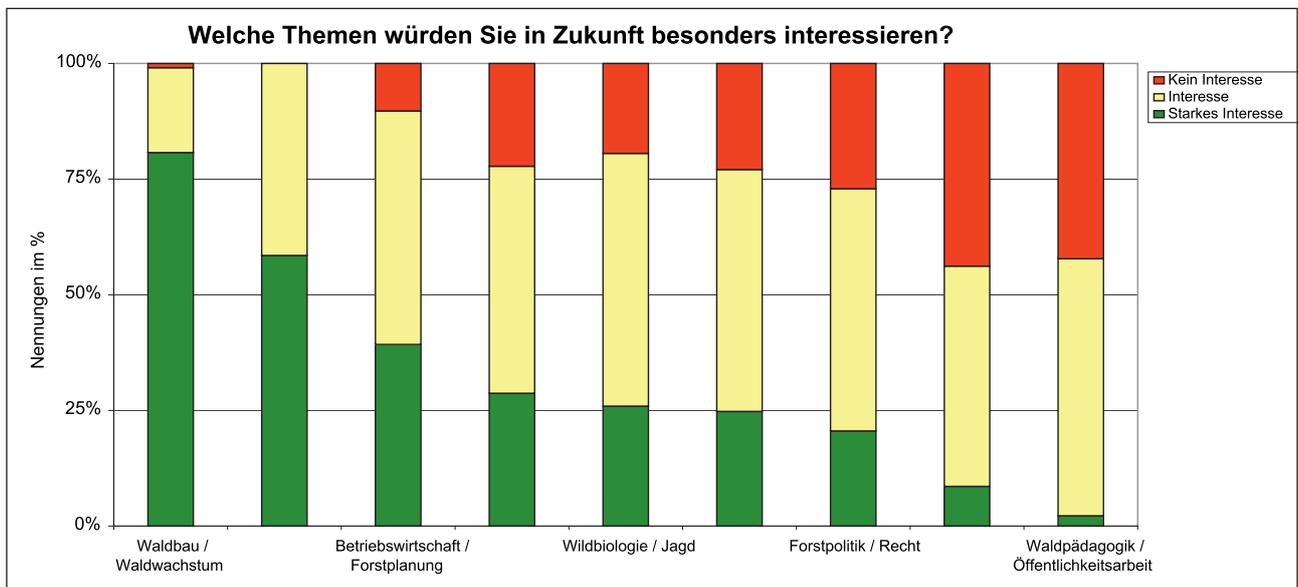


Abb. 9: Themenwünsche der Befragten nach Fachgebieten

Wissensmanagement und Wissenstransfer betrifft nahezu alle Forstleute, sei es bei der Aus- und Fortbildung, der Beratung von Waldbesitzern, der Waldpädagogik, der Information der Öffentlichkeit, von Journalisten oder Politikern. Daher ist auch eine Befassung mit „Waldinformationen aller Art“ außerhalb des eigenen fachlichen Horizontes in der virtuellen Welt notwendig, um Kommunikationspartner einschätzen und sich darauf einstellen zu können (Kenntnis- und Erfahrungshorizont). Dazu zählen auch Kenntnisse über die sozialen Netzwerke wie facebook und Twitter oder youtube, wo zahlreiche forstliche Inhalte unterschiedlicher Qualität in die Welt getragen werden, welche inzwischen aber auch gezielt von forstlichen Akteuren genutzt werden

„Wer sich im Netz mit den Stimmen der Anderen beschäftigt, sollte stets wissen, dass es immer nur die Anderen sind, und in aller Regel keine ermächtigen Halbgötter. Vernetzung bedeutet Relativierung“, so die Einleitung auf der Webseite www.webkompetenz.wikido.com. Davon sollten sich sowohl Nutzer als auch Anwender von Web-Informationen leiten lassen.

Die folgende systematisierte Link-Auswahl (Abb. 11) soll als Empfehlung gelten, wo sich Forstleute regelmäßig im Netz tummeln sollten, um auf der „Höhe der Zeit (Stand: März 2012)“ zu sein.

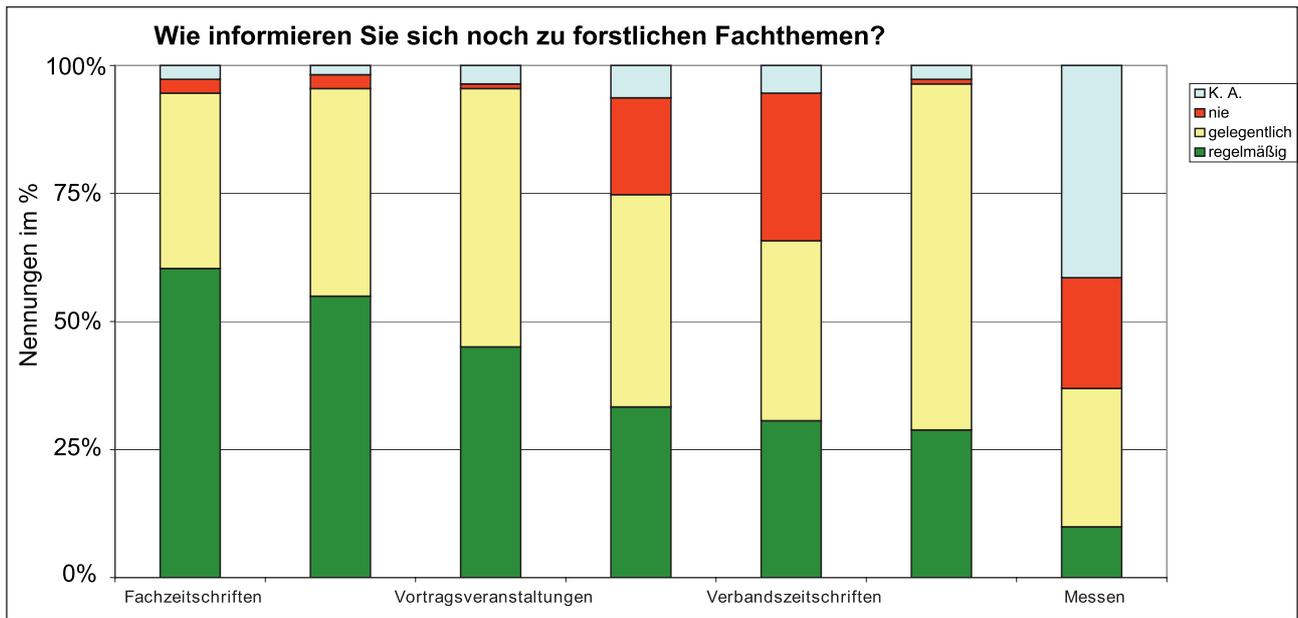


Abb. 10: Weitere fachliche Informationsquellen der Teilnehmer des Winterkolloquiums 2012

Internet-Metaquellen für Forstleute/Waldbesitzer			
Politik und Verwaltung (Bund und Länder) www.treffpunktwald.de www.wald-online.de www.bundesregierung.de www.parlamentsspiegel.de	Politik und Verwaltung (international) www.un.org/esa/forests www.fao.org.de www.europe.eu www.foresteurope.org www.iisd.ca	Verbände NGO (Bund und Länder) www.dfwr.de www.dhwr.de www.forstverein.de www.bdf-online.de www.waldbesitzerverbaende.de	Verbände NGO (international) www.cepf-eu.org www.familyforestry.net www.ifsa.net/main.php www.forestpolicy.net
Lehre und Forschung (Bund und Länder) www.dvffa.de www.waldwissen.net	Lehre und Forschung (international) www.iufro.org www.ef.int	Literaturrecherche (national) www.d-nb.de www.springerlink.com	Literaturrecherche (international) www.lists.webjunction.org/libweb www.springerlink.com
Fach-Medien www.forstpraxis.de www.holz-zentralblatt.com www.fao.org/forestry/unasyuva/en www.safnet.org	Soziale Netzwerke www.facebook.com www.twitter.com www.scirus.com/srsapp/	Suchmaschinen www.google.de www.wikipedia.de www.waldportal.org	Sonstiges www.waldportal.de www.wald.de

Abb. 11: Quellen zu forstlichen Themen im Internet

Wissenschaftskommunikation: Sichtbare Wissenschaftler

Mit der zunehmenden Medialisierung der Gesellschaft und der Wissenschaft stellt sich auch für Forschungseinrichtungen die Frage, wie es sich neben der Fachwelt auch in der Öffentlichkeit platzieren.

RÖDDER (2009, S. 18) hat in ihrer Arbeit die Reaktionen von Wissenschaftlern auf eine mediale Aktivität bekannter Wissenschaftler sowie die Bereitschaft zu einer solchen Aktivität untersucht und beschreibt den Typus des „Sichtbaren Wissenschaftlers“. Diese Wissenschaftler/innen geben Auskunft in Nachrichtensendungen, sind in Zeitschriften präsent und werden von ihren Einrichtungen als Experten an die Medien vermittelt.

Dieses Bild ergibt auch die Studie „Wissenschaftskommunikation in Deutschland-Ergebnisse einer Onlinebefragung“, wenn PANSEGRAU et al. (2011, S. 31) formulieren: *„Insgesamt zeigt sich, dass die befragten Wissenschaftler der Wissenschaftskommunikation positiver gegenüberstehen, als dies das traditionelle Bild des nur mit den Fachkollegen kommunizierenden, der Öffentlichkeit gegenüber abweisenden Wissenschaftlers suggeriert.“*

Mit dem Anspruch praxisorientierter Forschung und Dienstleistung verfolgt auch das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde diese Strategie, sich nicht im „Elfenbeinturm der Wissenschaft“ zu verbergen, sondern zielgruppengerecht Wissen zu ermitteln und Wissen zu vermitteln. Dieser Tradition fühlt sich das LFE seit nunmehr 141 Jahren besonders verpflichtet (HÖPPNER et al., 2011).

Wie jedoch in diesem Beitrag aufgezeigt wurde, ist Wissenstransfer zwischen Sendern und Empfängern ein ständiger Interaktionsprozess, also ein „Geben und Nehmen“.

„Aber rühmen wir nicht nur den Weisen dessen Name auf dem Buche prangt! Denn man muss dem Weisen seine Weisheit erst entreißen [...].“

Bertolt Brecht (1939)

Legende von der Entstehung des Buches Taoteking auf dem Weg des Laotse in die Emigration, Vers XIII.

Literatur

- BICK, M. (2004):
Knowledge Management Support System : Nachhaltige Einführung organisationsspezifischen Wissensmanagements. Dissertation, Universität Duisburg-Essen.
- BRAND, H. (2011):
kwf-Workshop. Demografischer Wandel in der Forstwirtschaft. In: proWald November 2011: 8–11.
- BUSCH, M. (2001):
Kriterien für die Auswahl des Transferweges im Rahmen des Wissenstransfers. Diplomandenkolloquium am Institut für Organisation der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- EDER, R. (1981):
Die Rezeption von Innovationen in der Forstwirtschaft. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien. 340 Seiten + Anhang.
- ENGEL, J. (2007):
Forstliche Öffentlichkeitsarbeit–Ein Leitfaden für die Praxis. Grundlagen, Arbeitsmittel, Tipps und Hinweise für den internen Gebrauch in der Landesforstverwaltung Brandenburg. Eberswalde, 198 Seiten.
- FRIEDRICHS, J. (1990):
Methoden empirischer Sozialforschung, 14. Auflage. Opladen, Westdeutscher Verlag.
- GLÜCK, P. (1991):
Innovative Forstwirtschaft-Beiträge zum gleichnamigen Seminar am 23. Oktober 1990 an der Universität für Bodenkultur in Wien. Schriftenreihe des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik, Band 11. Eigenverlag des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik, Wien. 110 Seiten.
- GRILL, G.; WÖHRLE, M. (2011):
WaldbesitzerInnen wünschen flexiblere Kurszeiten und mehr praktische Übungen, BFW-Praxisinformation 26: 6–7.
- HERBST, D. (2000):
Erfolgsfaktor Wissensmanagement. Cornelsen Verlag, Berlin. 192 Seiten.
- HÖPPNER, K. et al. (2011):
140 Jahre forstliches Versuchswesen in Eberswalde – Rückblicke und Perspektiven. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe. Band 47: 68–99.
- KATZENBACH, A. (2008):
Wissen ist Macht–nichts wissen macht nichts–oder doch? Einige Grundlagen des Wissensmanagements. Vortrag anlässlich der Daimler Protics Academy 2008.
- KOHLER, J. (2008):
Wissenstransfer bei hoher Produkt- und Prozesskomplexität - Pilotierung, Rollout und Migration neuer Methoden am Beispiel der Automobilindustrie. 1. Auflage, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden. 265 Seiten.
- KROTT, M.; SUDA, M. (Hrsg.) (2001):
Befragung als Methode der Sozialforschung in der Forstwissenschaft. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. Band 132. J.D. Sauerländers's Verlag Frankfurt am Main. 155 Seiten.
- LINDE, F. (2005):
Ökonomie der Information. Erschienen in der Reihe „Göttinger Schriften zur Internetforschung“, Göttinger Universitätsdrucke. 153 Seiten.
- MAKKONEN-SPIECKER, K. et al. (2011):
FVA–Dienstleistungen auf dem Prüfstand–Onlinebefragung 2009. Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Heft 86. 46 Seiten.
- MLUV (2008):
Nachhaltige Ressourcennutzung im Kleinprivatwald. Projektstudie im Forschungsverbund Cluster Holz Nord. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg Vorpommern, Schwerin. 69 Seiten.

NORTH, K. (2011):

Wissensorientierte Unternehmensführung. Wertschöpfung durch Wissen. 5. Auflage, Gabler-Verlag, Wiesbaden. 378 Seiten.

PANSEGRAU, P.; TAUBERT, N.; WEINGART, P. (unter Mitarbeit von Susanne Förster)(2011, S. 32):

Wissenschaftskommunikation in Deutschland-Ergebnisse einer Onlinebefragung. Eine Untersuchung im Auftrag des Deutschen Fachjournalisten-Verbandes (DFJV), Universität Bielefeld, Institut für Wissenschafts- und Technikforschung (IWT).

RÖDDER, S. (2009):

Wahrhaft Sichtbar. Humangenomforscher in der Öffentlichkeit. In: BORA, A., MAASEN, S., REINHARDT, C., WEHLING, P.: Wissenschafts- und Technikforschung, Band 1, Baden-Baden. 276 Seiten.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2010):

Statistisches Jahrbuch 2010. Für die Bundesrepublik Deutschland mit »Internationalen Übersichten«. Wiesbaden, 2010, 745 Seiten.

THIEL, M. (2002):

Wissenstransfer in komplexen Organisationen: Effizienz durch Wiederverwendung von Wissen und Best Practices. 1. Auflage, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden. 251 Seiten.

TRITTMANN, R., MELLIS, W. (1999):

Ökonomische Gestaltung des Wissenstransfers, in Industrie Management, Nr. 6, S. 64–68.

Internet-Quellen

<http://www.oldenbourg.de:8080/wi-enzyklopaedie/lexikon/daten-wissen/Wissensmanagement/Wissensmanagement--Strategien-des/Kodifizierung>
Zugriff am 10.02.2012

<http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/daten-wissen/Wissensmanagement/Wissensmanagement>
Zugriff am 01.02.2012

<http://widawiki.wiso.uni-dortmund.de/index.php/Wissenstransfer> Zugriff am 31.01.2012

Themenschwerpunkte und Anforderungen an das LFE für das kommende Jahr

HUBERTUS KRAUT, Direktor des Landesbetriebes Forst Brandenburg



Foto: J. ENGEL

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

auch von mir ein kurzer Beitrag zum heutigen Tage, der mit dem Thema Wissenstransfer geendet hat. Das war der Ansatz der Veranstaltung, die wir hier durchgeführt haben. Sie wird seit vielen Jahren durchgeführt und dient in dieser Tradition in erster Linie dazu, Leistungen für die jeweiligen Kunden des LFE zu bilanzieren.

Das ist in erster Linie natürlich der Landesbetrieb Forst Brandenburg. Es sind aber auch die heutigen Gäste, Waldbesitzer oder Institutionen, die gleichermaßen an dem was hier an Wissen im LFE gemeinsam mit der Praxis erarbeitet wird, interessiert sind. Weiterhin bestehen Partnerschaften in Verbundprojekten. Ich halte dieses Instrument nach wie vor für wichtig und insofern ganz herzlichen Dank für die heutige Veranstaltung an alle, die sie durchgeführt haben, die aktiv waren und natürlich an die Wissenschaftler, die im Hintergrund an den Ergebnissen mitgearbeitet haben. Darüber hinaus haben wir natürlich nicht nur den heutigen Tag an dem die Leistungen, die durch das LFE kurz bilanziert worden sind, vorgestellt wurden, sondern zahlreiche weitere Leistungen, die wesentlich umfangreicher sind. Es ist eine Menge mehr an Arbeit vom LFE geleistet worden, deshalb nehmen wir uns regelmäßig die Zeit um eine Zielvereinbarung zu schließen und diese gemeinsam mit den Fachabteilungsleitern und den Fachabteilungen in der Betriebsleitung zu diskutieren, zu bilanzieren, um zu sehen was wir erreicht haben, welche Schlussfolgerungen wir ziehen und welche Aufgaben des LFE wesentlich sind für die nächsten Jahre.

Das LFE hat sich als ein fester Bestandteil des Landesbetriebes Forst Brandenburg als Dienstleister etabliert. Hier nenne ich zum Beispiel den Bereich von CARSTEN VERCH, der gerade im Prozess der Umstrukturierung gewaltige Aufga-

ben zu erbringen hat. So auch im Bereich der Forschung, der zunehmend nur noch unter Nutzung von Drittmitteln läuft. Jedoch brauchen wir diese Forschung, um künftige Herausforderungen für den Landesbetrieb unmittelbar durch Wissenschaft begleitet zu wissen.

Wir wollen uns nicht auf die Forschung anderer Länder verlassen, die unter anderen Rahmenbedingungen forschen, sondern wir brauchen Erkenntnisse hier im Nordostdeutschen Tiefland und zwar unter den Bedingungen, mit denen wir wirtschaften.

Das LFE nimmt am aktuellen Reformprozess gleichermaßen teil, auch hier sind nicht alle Mitarbeiter mit der ihnen zugewiesenen vorläufigen Zuordnung zufrieden. Obwohl auch hier Stellen abgebaut wurden, sind in hohem Maße Leistungen mit einer hohen Motivation erbracht worden und dafür auch noch einmal mein ganz besonderer Dank.

Wenige Worte von mir zu den Vorträgen:

Dr. FALK STÄHR hat begonnen mit dem Thema Sekundärsukzession nach Waldbrand. Für mich, da ich aus dem Süden Brandenburgs komme, schon immer ein relevantes Thema, aber auch insgesamt für das Land Brandenburg. Auch wenn wir einen hohen Standard erreicht haben mit unserem Waldbrandüberwachungssystem bzw. auch mit der zunehmenden Unterstützung der Bevölkerung mit Handymeldungen haben wir es geschafft, eher kleinere Brände zu haben, die Anzahl der Brände hat aber nicht abgenommen. Je nach dem wie sich Witterung und Klima entwickeln, werden wir auch weiter zunehmend mit Waldbränden zu tun haben und damit haben wir ein relevantes Thema wenn es um regelmäßig aber unplanmäßiges Auftreten von Verjüngungserfordernissen geht. Da steht schon die Frage: Wie viel unplanmäßigen Aufwand können wir uns leisten um diese Verjüngungsprobleme zu realisieren? Was hier niemanden wundert, auch hier steht das Thema Wald und Wild, d.h. alle Fragen die wir im Waldbau behandeln, werden immer wieder an diesem Thema zu messen sein. Insofern für mich ein wichtiges Thema, zumal es auch darauf hindeutet, dass gerade bei kleinen Flächenereignissen die Sukzession mit entsprechenden Initialpflanzen eine geeignete Methode sein kann und bei größeren Flächen aktiv zu verjüngen ist. Prof. KATZEL stellte die Flaum- und Zerreiche als zwei Baumarten beispielhaft für eine riesige Anzahl von neuen Baumarten oder auch bekannten Baumarten aber in unterschiedlichen Provenienzen vor. Ein Thema, dem wir uns natürlich stellen wollen und stellen müssen, für das wir aber einen ungeheuer aufwendigen wissenschaftlichen Vorlauf brauchen, damit wir uns jetzt bereits auf Zeiten einstellen können, die uns Ende des aktuellen Jahrhunderts ereilen könnten.

Das heißt, wir brauchen einen wissenschaftlichen Vorlauf für prognostizierte Klimaveränderungen. Insofern sind es

hier die Themen Klimaforschung, Klimafolgeforschung, Vernetzung und Drittmittelprojekte. Hierbei gilt es Projektpartner zu suchen.

Dr. BJÖRN STROHBACH hat sich mit dem Verhältnis der Waldgesundheit zur Massentierhaltung beschäftigt. Ein fächenreiches bevölkerungsarmes Land wird natürlich gern im Fokus stehen, für solche Anlagen aus Immissionsschutzgründen genutzt zu werden. Trotzdem sind wir natürlich für den Wald verantwortlich und für mich ist es eben nicht nur die Auseinandersetzung mit dem Thema Handlungsempfehlungen für Träger öffentlicher Belange herzustellen, denn wir müssen damit rechnen, obwohl wir unsere Belange einbringen, werden sie wenig beachtet, weil die Politik Entscheidungen nicht immer zugunsten unserer Interessenlage trifft. Insofern sehe ich es als wichtig an, dann zumindest Handlungsempfehlungen für die lokalen Interessen der Eigentümer geben zu können. Was passiert zum Beispiel, wenn Boden revitalisiert werden muss? Es sind nicht nur die unmittelbaren Kosten, nicht nur die unmittelbaren Ersatz- und Ausgleichsmaßnahmen, die uns interessieren, sondern es ist die Zerstörung eines intakten Waldökosystems und diese kostet Geld. Das muss sich auch irgendwie in Geldwerten ausdrücken und es steht die Frage „Wer zahlt das? Ist es Aufgabe des Staates, des Investors oder soll der Eigentümer dafür aufkommen?“.

ALEXANDER KONOPATZKY: Die Frage lautet: Substratfeuchte in der Standortserkundung?

Auch hier geht es letztendlich darum, waldbauliches Handeln zu qualifizieren in dem wir Fragestellungen wie z. B. „Wie können wir die Baumartenwahl bei Klimaveränderung unter Beachtung der Standortbeschreibung, die kritische Grenzen aufzeigt, variieren.“ Wir haben gehört, dass es nicht die Baumart gibt, die alles kann, die all unseren Anforderungen an forstliches Handeln, an Trockenstress, an alle möglichen anderen Faktoren gleichermaßen genügt.

Das heißt also, wir brauchen Standortbeschreibungen, die eine standörtliche Bandbreite für die Baumarten aufzeigt. Deshalb liegt der Ansatz über die Substratfeuchte, einer recht statischen physikalischen Bodeneigenschaft. Dabei geht es um die Verfügbarkeit von Wasser bei sich verändernden Temperaturen. Aus meiner Sicht ein plausibler Ansatz um letztendlich ein waldbauliches Entscheidungsspektrum besser zu qualifizieren.

Dr. MATTHIAS NOACK hat in seinem Vortrag Zuwachsreaktionen von Kiefern bei verschiedenen Behandlungen auf schwachen Standorten eigentlich zwei Themen bearbeitet. Das eine ist die Botschaft – wir brauchen weiterhin Versuchsflächen, wir brauchen langfristige Versuche und wir brauchen Forschung am Objekt Wald. Das ist richtig, aber wir nutzen auch Simulationsmodelle. Gleichzeitig brauchen wir einen steten Abgleich mit der forstlichen Praxis. Wir werden nicht mehr die personellen Ressourcen für alle Fragestellungen, für alle Baumarten, für alle Themen, die uns am Wald interessieren haben. Daher können wir in der Zukunft umfangreiche Versuchsflächen/-programme nur mit Verbundpartnern erarbeiten und auflegen. Ich bin dem LFE sehr dankbar, dass beide methodischen Ansätze auch in dieser Komplexität bearbeitet werden. Es ging im Vortrag aber im Wesentlichen auch darum, Aussagen zu Zuwachsreaktionen der Kiefer auf den schwachen Standorten zu treffen. Je schwächer der Standort, desto geringer der Wachstumseffekt bei starker Freistellung. Das ist jetzt nichts, was den Forstpraktiker überrascht, aber es ist wissenschaftlich untermauert. Die Frage ist, welche betrieblichen Zielstellungen

haben wir, um mit diesen Erkenntnissen umzugehen. Der Vortrag war tatsächlich sehr plausibel aber aufgrund einer reinen ertragskundlichen Sicht aufgebaut, nämlich ein maximales Zuwachsverhältnis zu erreichen.

Insofern lassen sich tatsächlich Schlussfolgerungen für eine differenzierte waldbauliche Behandlung aus ertragskundlicher Sicht nur im Kontext mit den Betriebszielen ableiten.

Ähnlich sehe ich auch den Vortrag von Dr. ANNETT DEGENHARDT. Wir haben hier eine Möglichkeit für Variantenvergleiche unter verschiedenen betrieblichen Zielstellungen. Das Modell, das sie vorgestellt hat, ermöglicht über unterschiedliche Parameter betriebliche Zielstellungen einzulassen und in sofern auch Variantenvergleiche und Optimierungen laufen zu lassen, die uns in die Lage versetzen, bestandesbezogen Modellrechnungen für Optimierungsprozesse durchzuführen.

Der Vortrag von Dr. PAUL HEYDECK war für mich mehr als ein Überblick. Er hat uns wieder in der Realität eingefangen, indem deutlich wird: „Wir haben nicht nur die Nonne, wir haben es auch mit vielen weiteren Schaderregern zu tun. Es gibt eine Menge von biologischen Schaderregern, die gegenwärtig bekannt sind aber neu und verstärkt oder bisher unbekannt auftreten.“ Die Diskussion hat klar gemacht, es hängt mit der Klimaveränderung zusammen.

Zunächst haben wir den unmittelbaren Zusammenhang mit extremen Trockenperioden und extremen Hitzeperioden, die ein Hinweis auf Klimaveränderungen sein können. Bei den Überlegungen mit neuen Baumarten zu arbeiten oder die vorhandenen Baumarten weiter zu verwenden, sind diese möglichst unter optimalen Standortbedingungen einzusetzen.

Wir haben künftig nicht die Möglichkeit, allein auf die Kiefer zu setzen. Was wir brauchen ist also eine große Anzahl an Baumartenvarianten und die Mischung auf der Fläche. Die Kunst ist es, wie wir bei den unterschiedlichen Lichtbedürfnissen der einzelnen Baumarten und Standortbedingungen ein möglichst optimales Verhältnis herstellen.

Die Reihe der Vortragenden abgeschlossen hat JAN ENGEL mit seinem Vortrag, der eine interessante Anforderung an uns gestellt hat, nämlich nicht nur Wissen zu generieren in dem wir wissenschaftlich arbeiten hier am LFE, sondern das Wissen auch zu transportieren. Für mich ist wichtig, dieses auch zielgruppenorientiert zu transferieren. Es gibt einen Unterschied, ob ich einem Revierförster ein Handwerkszeug an die Hand gebe, um seine Arbeit besser machen zu können mit dem Wissen, was hier erarbeitet wurde oder ob ich einen Politiker davon überzeugen muss, dass der Klimawandel angekommen ist? Das sind die gleichen Grundinformationen. Das entscheidende ist, dass wir einen Sprachdecoder finden, der das ganze zielgruppenorientiert aufbereitet, weil es nichts nützt, wenn wir die richtige Botschaft falsch präsentieren.

Das kann nicht nur dazu führen, dass sie nicht ankommen, sondern dass sie falsch ankommen und fehlinterpretiert werden. Insofern ist hier tatsächlich und diesen Hinweis nehme ich gern auf, Professionalität gefordert mit dem Wissen, das wir haben, offensiv aber auch gezielt und damit auch ergebnisorientiert umgehen zu können.

Die Frage der Qualifizierung ist ein sehr aktuelles Thema. Wir wissen, dass Aufgabenveränderungen und Personalzuordnungen für viele Mitarbeiter neue Aufgaben bedeuten und allein daraus ein ungeheures Wissensdefizit aktuell entsteht.

Wir haben deshalb die relevanten Themen gesammelt, in einer Liste zusammen gestellt, die wir demnächst auch den Oberförstereien, den nachgeordneten Einrichtungen zur Verfügung stellen werden, um daraus kurzfristig einen Qualifizierungsplan zu entwickeln.

Auf diese Art und Weise hoffen wir, dass jeder in seiner neuen Funktion durch „learning by doing“ möglichst schnell auf einen guten Arbeitsstand kommt.

Das letzte Jahr war, wie die letzten Jahre schon, wieder mal ein Besonderes.

Es war davon geprägt, dass die Zuordnungen gelaufen sind, dass viele Mitarbeiter in großen Unsicherheiten gelebt haben, relativ zeitig im Jahr erfahren haben, eine Arbeit übertragen zu bekommen, die sie gar nicht wollten, also ein Stückweit Frustrationen ausgelöst worden sind, familiäre Absprachen an jedem Abend – wie man damit umgeht – also eine Menge Druck bei vielen Mitarbeitern. Einige standen auch in der Verantwortung an dem Prozess teilzunehmen obwohl sie das gar nicht wollten. Es ist eine Menge Verantwortung delegiert worden. Für viele ein schwieriger Prozess. Wenn man dann aber im Ergebnis des Jahres die Arbeit des Landesbetriebes bilanziert, dann kann ich wirklich nicht nur dem LFE, sondern dem Betrieb als Ganzes eine positive Bilanz attestieren. Hier ist ordentliche Arbeit geleistet worden. Wir haben finanziell positive Ergebnisse erreicht, wir haben auch die natürlichen Ergebnisse erreicht und dafür meinen ganz herzlichen Dank.

Ich sehe uns in Summe daher gut aufgestellt wenn wir diesen Übergangsprozess (und der wird seine Zeit brauchen) beendet haben, dann diesen Betrieb nicht nur arbeitsfähig zu machen sondern auch wirklich wettbewerbsfähig und für die zukünftigen Herausforderungen gewappnet zu sein.

Ausgewählte Posterdarstellungen



Vermehrungsgut bei Douglasie in Brandenburg



Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) hat sich seit ihrer Einführung in Brandenburg vor mehr als 130 Jahren zur für die Forstwirtschaft bedeutendsten ausländischen Baumart in Brandenburg entwickelt. Sie hat alle in sie gesetzten ertragskundlichen und waldbaulichen Erwartungen im vollen Maße bestätigt (Lockow 2002). Gegenwärtig stockt sie auf einer Fläche von 10 345 ha im Ober- und Unterstand.

Ausgewähltes Vermehrungsgut

Die Mindestfläche für die Zulassung in der Kategorie „Ausgewählt“ beträgt 0,25 ha und das Mindestalter 40 Jahre (FvzV). Neben weiteren Kriterien müssen die Bestände vor allem feinstig und geradschaftig sein, einen guten Gesundheitszustand und eine überdurchschnittliche Volumenleistung aufweisen. Gegenwärtig sind 520,3 ha Douglasiebestände zur Gewinnung von ausgewähltem Vermehrungsgut zugelassen (Tab. 1). Das entspricht 10 % der Bestände ab 40 Jahre. Damit kann bei Neuzulassungen und Überprüfungen der Erntebestände ein strenger Maßstab angelegt werden. Dennoch bleibt die Zulassung in dieser Kategorie eine phänotypische Beurteilung, die Fehleinschätzungen des Leistungsvermögens nicht ausschließt. Eine höhere Sicherheit, hochwertiges Vermehrungsgut für Bestandesbegründungen zu verwenden, bieten die Kategorien „Qualifiziert“ und „Geprüft“. In beiden Kategorien ist in Brandenburg Material zugelassen.



Abb. 1: männliche und weibliche Blütenstände (♂/♀)

Geprüftes Vermehrungsgut



Abb. 3: geprüfter Douglasienbestand Nr. 11 Buchheide

Die Zulassung von Erntebeständen oder Samenplantagen zur Gewinnung von geprüftem Vermehrungsgut setzt eine langjährige Versuchsdurchführung voraus. Definiert beerntete Bestände werden an mehreren Versuchsorten gezielt beobachtet und gemessen. Eine Prüfung allochthoner Douglasienbestände für Ostdeutschland wurde 1981 mit der Auswahl geeigneter Bestände begonnen. Nähere Angaben zur Versuchsanlage und Entwicklung bis zum Alter 15 finden sich bei Braun und Weiser (1993) und bei Schneck (2001). Insgesamt wurden auf 3 Versuchsfeldern (Tab. 2) im Tiefland 18 ostdeutsche Bestände und 2 Originalherkünfte (Tab. 3) geprüft. Die Ergebnisse weiterer Flächen im Mittelgebirge finden hier keine Berücksichtigung. Messdatenerhebungen fanden 1993, 1998 und 2010 statt.

Bei der dritten Messdatenerhebung 2010 wurden folgende Merkmale erhoben bzw. berechnet:

- Pflanzen/Parzelle
- Schaffformbonitur
- BHD
- Grundfläche /Hektar ($\Sigma \pi/4 \times \text{BHD}^2$)
- Kombinierte Bewertung über Selektionsindex

Die Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse für den Brusthöhendurchmesser, die Tabellen 4 und 5 für die Grundfläche, die Schaffform und die kombinierte Bewertung über den Selektionsindex. Abschließend sind die Registernummern der Zulassung in der neuen Kategorie „Geprüft“ dargestellt.

Tab. 1: Zulassungsfäche bei Douglasie in Brandenburg (Stand 12/2011)

Kategorie	Herkunftsgebiet	Fläche (ha)
Ausgewählt	85302	146,80
	85303	373,50
Qualifiziert	85303	2,20
	85302	2,35
Geprüft	85303	3,57

Qualifiziertes Vermehrungsgut

Qualifiziertes Vermehrungsgut kann in Deutschland ausschließlich in Samenplantagen gewonnen werden. Bisher befindet sich in Brandenburg eine Samenplantage im fruktifikationsfähigen Alter, die Samenplantage Kahlenberg (Abb. 2). Der Ursprung dieser Plantage ist Humtulpis und liegt auf der südlichen Olympic-Halbinsel im Bundesstaat Washington. Ausgelesen wurden die Klone auf den Flächen des internationalen Douglasienprovenienzversuches von 1961 (DITTMAR et al. 1965).

Registernummer: 12 3 85303 001 3
 Name der Plantage: Kahlenberg
 Oberförsterei: Eberswalde, Rev. Oderberg
 Flächengröße: 2,2 ha
 Klonzahl: 37
 Jahr der Begründung: 1990
 Beginn der Fruktifikation: 2000
 Bisherige Erntemenge: 7 993 kg



Abb. 2: Samenplantage Kahlenberg

Trotz umfangreicher Informationen in den jeweiligen Erntezulassungsregistern der Länder ist es schwierig, Informationen über höherwertiges Vermehrungsgut bis an den Endverbraucher von Vermehrungsgut zu bekommen. Daher sollen künftig vermehrt Produktinformationsblätter wie unten beigefügt erstellt werden.

Literaturverzeichnis kann beim Autor angefordert werden.
 Dagmar Schneck
 Landesbetrieb Forst Brandenburg
 Landesstelle für forstliches Vermehrungsgut
 Eberswalder Ch. 3
 15577 Waldsieversdorf

Tab. 2: Angaben zu den Versuchsfeldern

Versuchsort	Kratzeburg (MV)	Kiekindemark (MV)	Döllnitz (ST)
Geogr. Breite	52°22'	52°22'	52°30'
Geogr. Länge	12°58'	11°48'	11°12'
Höheüber NN (m)	80	100	100
Wald. Luffensort	Brandenburg	Streu Mannitz	Ceroblagen
Jahr	17,8°C	8,0°C	8,4°C
Januar	11,1°C	0,8°C	0,5°C
Juli	18,6°C	18,9°C	17,3°C
Wald-Sort	14,6°C	14,5°C	15,2°C
Wald. Niederschlag	670 mm	673 mm	586 mm
Wald-Sort	298 mm	298 mm	298 mm
Bodenart	Sand, z.T. ankehmig	Sand, z.T. ankehmig	Lehmiger Sand
Standortformengruppe	M2	M2	M2
Versuchsanlage	Block 4 Wdh.	Block 3 Wdh.	Block 4 Wdh.
Verband	1.83 x 1,25	1.77 x 1,25	1.83 x 1,25
Pflanzens/Parzelle	56	58	56
Versuchsanlage	Plot 87; 1/2 Pflanz		

Tab. 3: Übersicht über das Versuchsmaterial

Nr.	Bezeichnung Nachkommen-schaft	Flächen (Fk) (ha)	Alter (Jahre) (zu Verbeginn 1982)	Zahl beernteter Bäume
1	Schilffeld 1	4,80	52	25
2	Schilffeld 2	1,60	92	20
3	Kiekindemark 2	0,82	43	16
4	Maisfeld	1,05	69	25
5	Kloster Veßtra	1,51	96	26
6	Bastel	1,18	81	26
7	Rosdörf	1,60	73	21
8	Ilmsau	2,20	74	29
9	Johannisberg	7,50	73	27
10	Lychen	3,62	69	25
11	Buchheide	2,50	90	16
12	Zechlinerhütte	2,78	50	29
13	Gardow	2,36	41	25
14	Ferbitz	7,56	45	27
15	Dalchow	1,28	78	25
16	Herlassgrün	Handelssaatgut (Beurteilung 1981 HSN 2466)		
17	Hohnstein	Handelssaatgut (Beurteilung 1981 HSN 2260)		
18	Wernthausen	Handelssaatgut (Beurteilung 1981 HSN 4001)		
19	Ashford	Handelssaatgut USA HSN 5030 (Auswertung als Versuchsserie)		
20	Darrington	Handelssaatgut USA HSN 5033		



Abb. 4: Grundfläche (m²/ha)

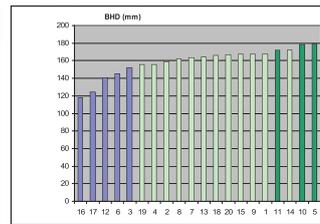
Tab. 4: Anteil (%) Schaffformnoten an beurteilten Pflanzen; Selektionsindex (Qualität und Wirtschaftlichkeit)

PG	Kratzeburg (MV)	Kiekindemark (MV)	Döllnitz (ST)
1	19,30	39,88	39,47
2	18,32	34,15	36,57
3	14,53	20,03	24,22
4	17,52	34,93	36,59
5	22,12	32,55	28,17
6	0,81	2,77	2,77
7	17,92	36,08	46,03
8	23,17	40,22	41,99
9	17,84	33,12	40,10
10	21,30	41,91	50,88
11	18,13	38,98	40,80
12	10,32	16,77	26,26
13	17,58	36,63	32,05
14	21,82	32,98	38,91
15	19,99	34,49	38,13
16	5,24	1,12	5,30
17	4,45	9,32	16,65
18	18,48	36,80	43,06
19	19,47	26,02	34,78
20	19,57	30,46	44,94

Tab. 5: Anteil (%) Schaffformnoten an beurteilten Pflanzen; Selektionsindex (Qualität und Wirtschaftlichkeit)

PG	Anteil Schaffformnoten 1 und 2	Selektionsindex
3	58,88	-0,44
2	61,97	-0,19
8	64,08	-0,15
20	64,26	0,13
15	64,24	0,06
13	65,10	-0,01
12	66,33	-0,43
7	67,55	-0,12
19	67,57	-0,04
11	68,30	0,15
18	68,35	0,06
10	68,63	0,38
5	70,22	0,43
9	70,55	0,14
16	71,39	-0,87
14	72,84	0,23
4	73,02	0,04
1	75,29	0,32

Abb. 4: Brusthöhendurchmesser im Pflanzenalter 27



Legend: Signifikant über Standard Zechliner Hütte, Signifikant über Standard Ashford (Auswertung als Versuchsserie)

Tab. 6: Zusammenfassende Darstellung und Registernummern in der Kategorie „Geprüft“ (Auswertung als Versuchsserie)

Prüf-geld	Brusthöhen-durchmesser Auswertung als Serie	Grundfläche/Parzelle Auswertung über Einzelflächen			Registernummer für die Zulassung zur Gewinnung von geprüftem Vermehrungsgut
		Kratzeburg (MV)	Kiekindemark (MV)	Döllnitz (ST)	
1	Überlegen über Zechlinerhütte	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Ashford	Sign. über Zechlinerhütte	13 1 85302 001 4
5	Sign. über Ashford	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Zechlinerhütte	Nicht signifikant	In Zulassung
9	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Zechlinerhütte	In Zulassung
10	Sign. über Ashford	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Ashford	Sign. über Ashford	12 3 85303 001 4
11	Sign. über Ashford	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Ashford	Sign. über Zechlinerhütte	12 3 85302 001 4
14	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Zechlinerhütte	Sign. über Zechlinerhütte	Zulassung wird noch geprüft



Waldschutzmeldewesen „Waldbrandbericht Brandenburg“ - Programmänderungen



Programmänderungen

- Anbindung an die zentrale Nutzerverwaltung
- Nutzung des Datenspeichers Wald 2 (DSW2)
- weniger Eingaben (z. B. Wetter, Zusatzangaben bei Brandstiftung)
- nach Dateneingabe automatische E-Mail an den zuständigen Oberförster

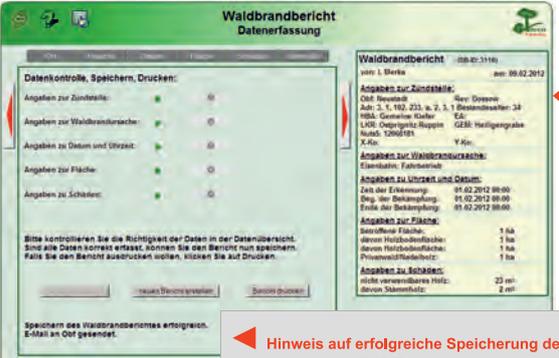
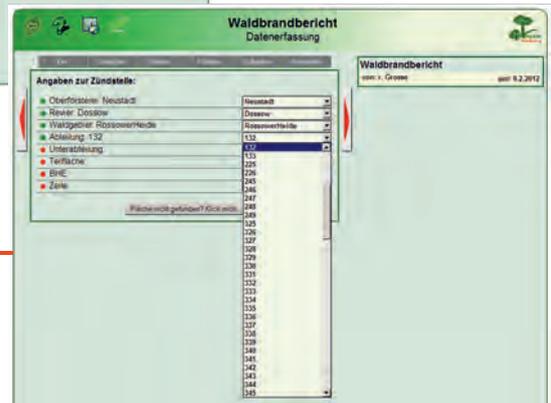
Programmansichten - Beispiele



vereinfachte Anmeldung

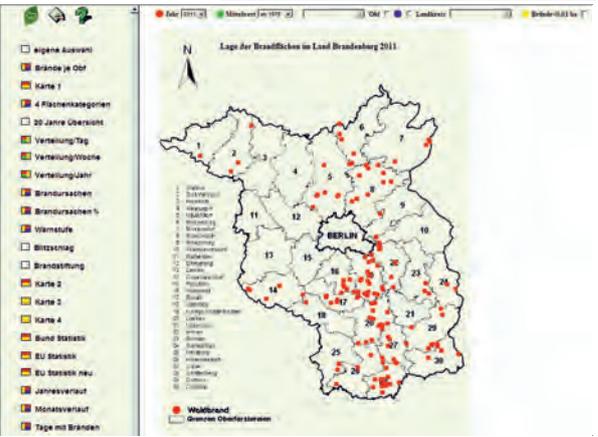
Auswahl der Zündstelle aus dem aktuellen DSW2

Kontrolle der Eingaben auf Vollständigkeit



Hinweis auf erfolgreiche Speicherung der Daten und Versand der E-Mail

Kontrolle und Bestätigung der Meldung in der Oberförsterei



Darstellung der Ergebnisse

Dr. Kati Hielscher, Ralph Beitz, Matthias Wenk, Sebastian Grosse, Robert Merkel, Brigitte Born
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde: Hauptstelle für Waldschutz im Fachbereich 2



Holzverfärbungen an Waldbäumen



Holzverfärbungen können bei verschiedenen Baumarten zu erheblichen Qualitätsminderungen führen. So bereitet farblich verändertes Holz bei der Abnahme häufig Probleme. Verschiedene Strategien wurden entwickelt, um das Ausmaß dieser Holzfehler wirksam zu begrenzen. Andererseits sind einige Holzverfärbungen als attraktive optische Elemente sogar erwünscht. Als Verursacher der verschiedenen Holzverfärbungen kommen vorrangig pilzliche Organismen - daneben auch andere Faktoren - in Betracht.

Bläue (Verbläueung)

- Erreger: ca. 100 Pilzarten (→ Asco- und Deuteromycetes), oft *Ophiostoma*- und *Ceratocystis*-Arten
- vorwiegend an Nadelholz, besonders Kiefer
- betroffen ist nur das Splintholz
- Feuchtebereich: (24) 30 bis 120 (130) %
- Blaufärbung entsteht durch Lichtbrechung an dunkel gefärbten Pilzhypen
- kaum Holzabbau, nur geringfügige Beeinträchtigung der Holzfestigkeit
- Übertragung der Bläuepilze oft durch Borkenkäfer
- Abwehrmaßnahmen: Holzeinschlag im Winterhalbjahr, rasche Aufarbeitung und Abfuhr des Holzes, Trocknung, auch Nasslagerung bzw. Beregnung



Abb. 1: Bläue im Splintholz von Kiefer

Rotstreifigkeit

- Erreger: → mehrere lignicole Basidiomycetes
- an Fichte: Blutender Schichtpilz (*Stereum sanguinolentum*), im Gebirge auch *Amylostereum areolatum* (Braunfäuliger Fichten-Schichtpilz) und *A. chailletii* (Tannen-Schichtpilz)
- an Kiefer: Gemeiner Violettporling (*Trichaptum abietinum*)
- Weißfäuleerreger (Holzabbau!)
- Vorkommen: Nadelholz (*Picea*, *Pinus*, *Abies*)
- Feuchtebereich: 50 bis 120 %
- Abwehrmaßnahmen: Holzeinschlag im Winter, luftige Lagerung und rasche Trocknung des Holzes

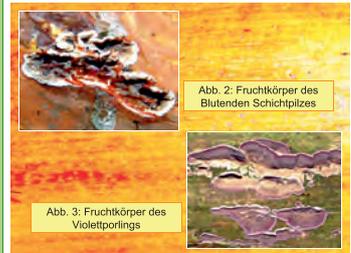


Abb. 2: Fruchtkörper des Blutenden Schichtpilzes

Abb. 3: Fruchtkörper des Violettporlings

Grünfärbung („Grünfäule“) von Laubholz

- Erreger: Kleinsporiger Grünspanbecherling (*Chlorociboria aeruginascens*) und Großsporiger Grünspanbecherling (*Chlorociboria aeruginosa*) → Ascomycetes
- blaugrüne Verfärbung an liegenden Ästen verschiedener Laubbäume (Erle, Birke, Pappel, Eiche, Rot-Buche u. a.)
- Weißfäuleerreger
- Farbstoff (Xylindein) sehr lichtbeständig
- blaugrün verfarbtes Holz wurde bereits in der Renaissance von Kunstschlern zur Herstellung von Intarsien verwendet

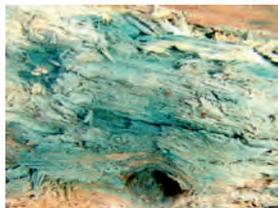


Abb. 4: Grünfärbung an Erlenholz, verursacht durch den Kleinsporigen Grünspanbecherling

Rotfärbung des Splintholzes von Eschen-Ahorn (*Acer negundo*)

- Ursache: Holzverfärbung wird mit hoher Wahrscheinlichkeit vom Baum initiiert (Reaktion auf Verwundung?)
- zur Prüfung einer möglichen Beteiligung pilzlicher Organismen (z. B. *Fusarium*-Arten) finden gegenwärtig eingehende Untersuchungen statt
- verfarbtes Holz wird gern zur Herstellung von Kunstobjekten (Vasen, Schalen) verwendet



Abb. 5: Rot gestreiftes bzw. gezontes Holz von Eschen-Ahorn

Blutrote Färbung an Nadelholzästen

- Erreger: Rötender Zystidenrindenpilz (*Phanerochaete sanguinea*) → Basidiomycet
- Vorkommen: meist Kiefer und Fichte
- auffällige Erscheinung, jedoch ohne wirtschaftliche Bedeutung



Abb. 6: Kiefernast mit blutroter Färbung, verursacht durch den Rötenden Zystidenrindenpilz

Rotfärbung (Rotfleckigkeit) an Buchenholz

- Erreger: *Melanomma sanguinarium* → Ascomycet
- rotviolette Färbung an Ästen, auf Schnittflächen von liegenden Stämmen und Stubben
- auffällige Erscheinung, wirtschaftliche Bedeutung jedoch gering

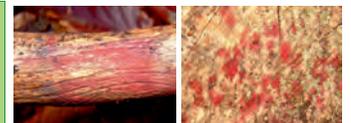


Abb. 8: Buchenast mit partieller Rotfärbung, verursacht durch *Melanomma sanguinarium*

Abb. 9: Schnittfläche eines Buchenstammes mit rotvioletten Flecken

Bearbeiter: Christine Dahms¹⁾, Marko Christoph²⁾, Robert Merkel³⁾, Sebastian Grosser³⁾ und Paul Heydeck¹⁾

Februar 2012

¹⁾ Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

²⁾ Landesforstamt Berlin

³⁾ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Praktikanten am LFE von September 2011 bis Januar 2012)



Veränderung des Wärmehaushalts durch Klimawandel Störungspotenziale in den forstlichen Wuchsbezirken Brandenburgs bis zum Jahr 2050 auf der Grundlage des WetReg-Szenarios A1B



Einführung

Die im Zuge des globalen Klimawandels erwarteten Veränderungen des Wärmehaushaltes werden mit großer Wahrscheinlichkeit erhebliche Auswirkungen auf die Entwicklung und Stabilität der brandenburgischen Waldökosysteme haben. Im vorliegenden Beitrag werden Störungspotenziale anhand der **Veränderung von Kennwerten des Wärmehaushaltes** im Zeitraum 2000 – 2050 (WetReg-Szenario A1B; Kreienkamp & Spekat 2009) auf statistischer Grundlage ermittelt und diese nach Wuchsbezirken stratifiziert für die Waldfläche Brandenburgs im regionalen Vergleich dargestellt (vgl. Riek et al. 2012).

Methodik

Zur Kennzeichnung des Wärmehaushaltes existiert in der Literatur eine Vielzahl von ökologisch begründeten Indikatoren, deren Berechnungsgrundlage Temperaturangaben auf täglicher Basis bilden, die als Durchschnitts-, Minimal- und Maximalwerte vorliegen. Diese Primärdaten werden jahresweise zu aussagekräftigen Kennwerten aggregiert. Möglichkeiten der Aggregation sind (saisonale) Durchschnittswerte, kumulative Temperatursummen, Eintrittstermine sowie Über- und Unterschreitungszeiten definierter Schwellenwerte.

Insgesamt wurden im vorliegenden Beitrag 67 derart aggregierte Kennwerte berücksichtigt. Mit dem multivariat-statistischen Verfahren der Hauptkomponentenanalyse konnten diese auf 11 stochastisch unabhängige **Wärmehaushaltsindikatoren (WHI)** reduziert werden (vgl. Riek et al. 2012).

Zur Quantifizierung des Störungspotenzials wurde ein Algorithmus verwendet, bei dem die zeitliche Veränderungen der WHI bis zum Jahr 2050 in Relation zu ihrer jeweiligen aktuellen räumlichen Streubreite innerhalb der Waldfläche Brandenburgs gesetzt wird. Der Mittelwert der nach Gleichung 1 berechneten **Störungspotenziale (StP)** wurde für Waldpunkte im 1x1 km -Raster berechnet (n=24.659).

$$StP_WHI_{2005-2050} = \left(\frac{|WHI_{D2005} - WHI_{D2050}|}{WHI_{regio}} \right) * 100\% \quad (\text{Gleichung 1})$$

WHI_{D2005}, WHI_{D2050} = Wärmehaushaltsindikator n (n=1,...11) in den Dekaden 2001-2010 (D2005) bzw. 2046-2055 (D2050)

WHI_{regio} = Spanne der regionalen Streuung der Wärmehaushaltsindikatoren WHI_n (n=1, ...,11) in der Dekade D2005, ermittelt als Differenz zwischen 1- und 99-Perzentil innerhalb der Waldfläche von Brandenburg

StP_WHI₂₀₀₅₋₂₀₅₀ = Störungspotenziale der Wärmehaushaltsindikatoren WHI_n (n=1, ...,11) im Zeitvergleich der Dekaden D2005 und D2050

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Anteile der Quintile der Störungspotenziale (0-20-Perzentil = *sehr gering*, ..., 80-100-Perzentil = *sehr hoch*) innerhalb der brandenburgischen forstlichen Wuchsbezirke.

Schwerpunkte der mittelfristig auftretenden Störungspotenziale liegen in N-W-Brandenburg (z.B. Elbaue), im Wuchsgebiet *Hoher Fläming* sowie im Bereich zwischen der nördlichen *Beeskower* und der *Strausberger Platte*.

Auffallend sind des Weiteren große Flächenanteile im Süden und Nordosten Brandenburgs, für die sehr geringe bis gar keine Störungspotenziale ausgewiesen werden. Insbesondere in den betreffenden Regionen in Südbrandenburg dürften jedoch trockenheitsbedingte Gefahren (z.B. Trockenstress, Waldbrand) aufgrund der häufig geringen Wasserspeicherkapazitäten dieser überwiegend grundwasserfernen und humusarmen Sandstandorte eine größere Bedeutung für die Vitalität der Bestände haben.

Insgesamt erscheint, dass die Veränderungen und daraus resultierenden Störungspotenziale überwiegend heute noch eher kühlere Regionen betreffen, während in Gebieten, die sich auch schon in der Vergangenheit als sehr heiß erwiesen, vergleichsweise geringe Veränderungen des Wärmehaushaltes zu erwarten sind.

Die rasterbezogenen Auswertungen machten ferner deutlich, dass in einigen Wuchsbezirken sehr starke Gradienten des Störungspotenzials über geringe Distanzen auftreten (z.B. Beeskower Platte). Dieses spricht in den betroffenen Fällen dafür, Teilwuchsbezirke auszuweisen, wenn die Regionalgliederung dem zu erwartenden Klimawandel gerecht werden soll.

Die hier präsentierten Ergebnisse zum Wärmehaushalt sollen in bevorstehenden Auswertungsschritten mit räumlich hoch aufgelösten Indikatoren zu potenziellem Wassermangel und Trockenstress verknüpft werden.

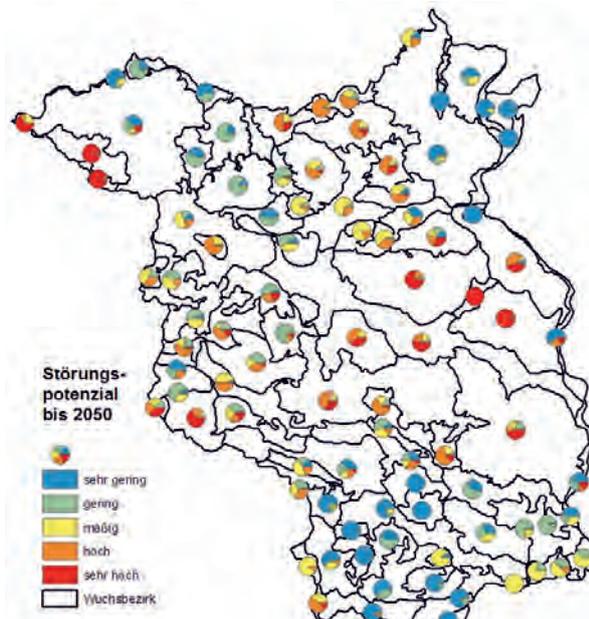


Abb.1: Störungspotenziale durch Veränderung des Wärmehaushalts bis zum Jahr 2050 stratifiziert nach Wuchsbezirken (Wasserhaushalt unberücksichtigt)

Literatur: RIEK, W., KALLWEIT, R., RUSS, A. (2012): Analyse der Hauptkomponenten des Wärmehaushalts brandenburgischer Wälder auf der Grundlage regionaler Klimaszenarien – Abgrenzung von Risikogebieten und Schlussfolgerungen für ein Klima-Monitoring, Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz (eingereicht).
KREIENKAMP, F., SPEKAT, A. (2009): Regionalisierung standortsbezogener Kennwerte (1 x 1 km Raster-Interpolation) für Brandenburg. CEC, Potsdam GmbH. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des Landesbetriebs Forst Brandenburg, Potsdam. 30 S.

Autoren: Prof. Dr. Winfried Riek, Dr. Reinhard Kallweit, Alexander Russ, Stuart Krause; LFE / HNE Eberswalde, Alfred-Möller-Str.1, 16225 Eberswalde



Die Auswirkungen natürlicher Walddynamiken auf das Artgefüge von epigäischen Raubarthropoden in Eichenwäldern

Ziel der Studie war es, den kleinräumigen Einfluss von Strukturheterogenität auf die Artenvielfalt in Natur- und Wirtschaftswäldern zu untersuchen. Aus der Güldenstruktur sollen Rückschlüsse auf funktionale Veränderungen der Ökosystemprozesse erarbeitet werden.

Schlagwörter: Araneae, Quercus petraea, Biodiversität, Naturwalduntersuchungen, Habitatheterogenität

Einführung:

Um die Anpassungsfähigkeit von Organismen, bei sich ändernden Umweltbedingungen, sicher zu stellen, spielt die Erhaltung der Biologischen Vielfalt auf allen ökosystemaren Ebenen eine entscheidende Rolle. Eben diese Anpassungsfähigkeit kann durch waldbauliche Maßnahmen eingeschränkt werden und zur Instabilität des Systems führen. Daher kommt der Untersuchung aus der Nutzung genommener Naturwaldzellen eine immer größere Bedeutung zu. Einerseits zum Vergleich der potentiell natürlichen Diversität in Naturwäldern mit der in Wirtschaftswäldern, andererseits um die ökologischen Zusammenhänge in einer natürlichen Waldentwicklung zu verstehen. Ziel diese Studie war es eben diese natürlichen Walddynamiken auf das Artgefüge von Spinnen (Araneae) zu untersuchen. Dabei sollte Mithilfe eines experimentellen Fangdesigns auch der kleinräumige Einfluss von Strukturheterogenität untersucht werden.

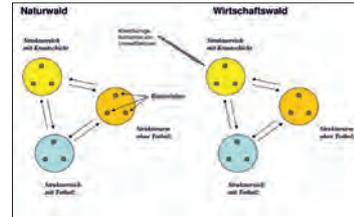


Abb. 1: Studiendesign mit den 3 verschiedenen Strukturen

Methoden:

Die Spinnen wurden mit 72 Bodenfallen über einen Zeitraum von 56 Tagen gefangen. Um die Strukturheterogenität zu untersuchen, wurden die Fallen in verschiedenen Mikrohabitaten im Naturwald sowie im Wirtschaftswald verteilt. Ausgewählt wurden Plots mit einer hohen Deckung Krautschicht (>50%), solche mit dominanter Totholzbedeckung sowie Plots mit überwiegend Streuschiefer (Abb. 1). Jeweils 6 Plots (3 x 2 Mikrohabitate) wurden zu einem Block zusammengefasst und insgesamt 12 Blöcke untersucht. Ein breites Spektrum aus Umweltvariablen wurde im Durchmesser von 10 m um jede Bodenfalle aufgenommen. Dazu gehörten Vegetations- und Totholzaufnahmen, Bodenanalysen, Messung der Temperatur- und Luftfeuchtigkeit in Bodennähe sowie verschiedene Strahlungsparameter. Durch diese Faktoren sollte die Gewichtung der für die Verteilung der Spinnen verantwortlichen Umweltvariablen ermittelt werden.

Nature forest	N	%	dominance class
<i>Pardosa lugubris</i>	230	40,14	eudominant
<i>Haplodrassus silvestris</i>	82	14,31	dominant
<i>Haplodrassus soereni</i>	23	4,01	
<i>Tenuiphantes flavipes</i>	24	4,19	sub-dominant
<i>Xysticus luctator</i>	24	4,19	
<i>Panamormops mengeli</i>	19	3,32	

Managed forest	N	%	dominance class
<i>Pardosa lugubris</i>	1240	75,79	eudominant
<i>Haplodrassus silvestris</i>	57	3,48	sub-dominant

Abb. 3: Dominanzstruktur der Hauptarten (>3,2 %) nach der Einteilung von Eigenmann (1978) für den Natur- und den Wirtschaftswald

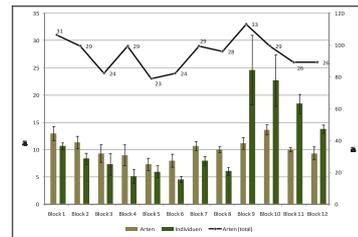


Abb. 2: Blöcke mit gemittelten Arten- und Individuenzahlen (± Standardabweichung) (Block 1-8 = Naturwald; Block 9-12 = Wirtschaftswald)

Indicator species
nature forest
<i>Tenuiphantes flavipes</i> (Blackwall, 1854) **
<i>Tarsonycta insecta</i> (L. Koch, 1869) *
<i>Macrargus rufus</i> (Wider, 1834) *
managed forest
<i>Trichosia ferricola</i> (Thorell, 1856) ***
<i>Zolotes subterraneus</i> (C. L. Koch, 1833) ***
<i>Traxochus scabriculus</i> (Westring, 1851) **
<i>Phruotellus festinus</i> (C. L. Koch, 1835) **
<i>Craspedusa bicolor</i> (Hahn, 1853) **
<i>Oxyptila praticola</i> (C. L. Koch, 1837) *
<i>Kisthala conspiciua</i> (L. Koch, 1869) **
<i>Capitellula ferriva</i> (Wider, 1834) **

Abb. 4: Indikatorarten (Dufrene & Legendre 1997) des Natur- und Wirtschaftswaldes mit Signifikanzniveau (** < 0,01; *** < 0,001)

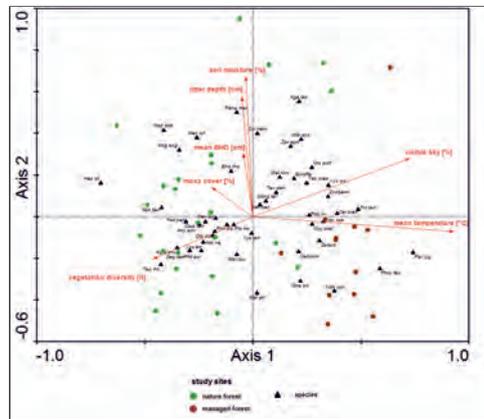


Abb. 5: RDA Ordination (1. und 2. Achse) für die gefundenen Spinnenarten, die Umweltvariablen sind durch Pfeile gekennzeichnet

Ergebnisse

Insgesamt wurden 4620 Individuen erfasst, von denen 2791 adult waren, und somit bis zur Art bestimmt werden konnten. Es wurden signifikant mehr Individuen im Wirtschaftswald gefangen als im Naturwald (Abb. 2). Insgesamt wurden 70 Arten aus 23 Familien gefunden, von denen 27 nur im Naturwald, und 10 nur im Wirtschaftswald nachgewiesen wurden. Die Dominanzstruktur zeigte deutliche Unterschiede zwischen beiden Wäldern (Abb. 3) mit nur zwei Hauptarten im Wirtschaftswald, aber 6 Hauptarten im Naturwald. Es gab keinen signifikanten Unterschied in der Artenzahl zwischen dem Naturwald und dem Wirtschaftswald, allerdings konnten in der Zusammensetzung der Arten signifikante Unterschiede festgestellt werden (p < 0,01). Zwischen den Strukturen wurden keine signifikanten Unterschiede in der Artzusammensetzung festgestellt. Eine Indikatoranalyse (Dufrene & Legendre, 1997) wies für beide Wälder unterschiedliche Indikatorarten aus (Abb. 4). *Walckenaeria atrothalis* (O. P.-Cambridge, 1878) erwies sich als Indikatorart für die Plots mit hoher Krautdeckung. Beim Vergleich von je 4 Blöcken zwischen den beiden Waldtypen, konnte auf allen Blöcken im Naturwald eine höhere Diversität festgestellt werden (Abb. 6). Eine multivariate Analyse der Daten zeigte eine klare Verteilung der Arten. Die RDA (stufenweise vorwärts, 9999 Monte Carlo Permutationen) trennte die Arten sowie die einzelnen Plots gut auf. Weiterhin waren die Plots des Naturwaldes getrennt von denen des Wirtschaftswaldes angeordnet. Die ersten 4 Achsen erklärten 80 % der Varianz des Zusammenhangs zwischen den Arten und den ausgesuchten Umweltvariablen in der RDA (Abb. 5).

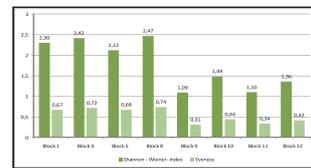


Abb. 6: Diversitätsvergleich von 4 Blöcken im Natur- und Wirtschaftswald (Block 1,4,5,8 = Naturwald und 9-12 = Wirtschaftswald)

Zusammenfassung:

Die Untersuchung zeigte eine hohe Diversität, vor allem in den Naturwäldern der untersuchten Eichenwälder. Auch wenn die Artenzahlen in den Naturwäldern nicht signifikant höher waren, so wurden doch vor allem hier seltene Arten sowie die meisten Rote Liste Arten gefunden (n=10). Einige Arten zeigten Korrelation zu den Umweltvariablen, die für die RDA ausgesucht wurden. Allem voran der Parameter „visible sky“ zu dem 27 % der Arten einen signifikanten Zusammenhang zeigten. Zusätzlich zu dem vorher genannten Parameter erklärten die Moosbedeckung, der Mittelwert des BHD, die Tiefe der Streuschiefer, die Bodenfeuchte, die Mitteltemperatur sowie die gesamte Anzahl der Krautarten 80 % des Zusammenhangs zwischen den gefundenen Arten und den Umweltvariablen.



Marco Langer¹ & Ziesche T. M.
 Corresponding author (E-Mail) / Universitäts Postfach, Leipegr Straße 53, 14473 Potsdam
 Tel.: +49(0)3031 602231



Literatur:
 • Dufrene, M., Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monographs* 67(3): 345-366.
 • Eigenmann, H.-D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Fachbiologie* 18, 378-380
 • Leps, J., Šmilauer, P., 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge, UK.



Monitoring des Wurzelschwammbefalls (*Heterobasidion annosum* (Fr) Bref.) in Kiefernauaufforstungen auf Kippenstandorten



Dirk Knoche *, Christoph Ertle * und Paul Heydeck **

* Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde,
 ** Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

SITUATION

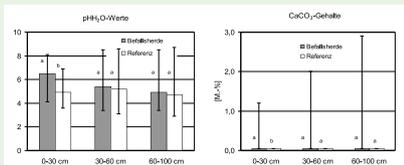
Seit einigen Jahren werden in Kiefern-Erstaufforstungsbeständen auf Kippen des Braunkohlenbergbaus Absterbeerscheinungen beobachtet. Es bilden sich annähernd konzentrische Sterbelücken, an deren Rändern der Absterbeprozess zunächst unbegrenzt fortschreitet. Als Schadensursache lässt sich der Befall durch den Weißfäulepilz *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (Wurzelschwamm) zweifelsfrei nachweisen. Dabei erfolgt die Primärinfektion in aller Regel über den frischen Baumstüben, danach geht der Erreger durch Wurzelverwachsungen auf benachbarte Bäume über (Sekundärinfektion). Meist sterben die durch starke Kronverlichtung und Kurztriebe gekennzeichneten Randbäume innerhalb von ein bis zwei Vegetationsperioden ab.



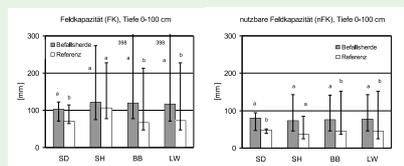
24-jähriger Kiefernbestand mit Befallsherd, auf einem Kippenstandort, Fruchtkörper des Erregers an Grobwurzel

Symptome

Zunächst bildet sich am Stammanlauf ein pustelförmiges, weißlich bis hellbraun gefärbtes Pilzgeflecht. Schließlich treten an Stüben und Wurzeln abgestorbener Bäume bis 20 cm große Pilzkonsolen auf. Diese sind oberseits durch eine rot- bis dunkelbraune Färbung mit weißem Zuwachsrand gekennzeichnet. Ihre Unterseite besitzt weißliche Feinporen. Infizierte Kiefern zeigen ein verringertes Sprosswachstum und verkürzte Nadeln. Spätestens im Frühjahr des zweiten Befallsjahres setzt eine schlagartige Entladung ein. Häufig fällt zuvor die Rinde ab.



pH-Werte und CaCO₃-Gehalte der Befallsherde und Referenzflächen



Feldkapazität (0-100 cm) und nutzbare Feldkapazität (0-100 cm) für die Befallsherde und Referenzflächen, [Median, Minimum, Maximum, a a – nicht signifikant, a b – signifikant]

Infektionsgeschehen

Die Sporeninfektion erfolgt unmittelbar nach Durchforstungsmaßnahmen über frische Stüben bei einem Durchmesser größer 10 cm. Als kritisch gelten die ersten Stunden bis Tage nach den Eingriffen. Später verhindern pilzliche Konkurrenten eine Sekundärinfektion. Die weitere Ausbreitung des Pilzmycel erfolgt durch Wurzelkontakte. 3 bis 5 Jahre später kommt es zu gruppenweisen Ausfällen vormaliger vitaler Kiefern. Am Rande der Absterbelücken schreitet die Infektion zunächst mit einer Geschwindigkeit ca. 2 m pro Jahr fort.

Kontaktadressen

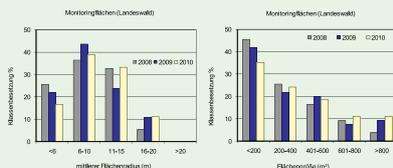
Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde, www.fib-ev.de
 Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde, www.lfe-Brandenburg.de sowie die Betriebsteile Lübben, Döberlug-Kirchhain und Peitz des Landesbetriebes Forst Brandenburg

MONITORING



Rot umrandet - Monitoringgebiete auf Kippenstandorten

Zur Prognose der weiteren Schadensentwicklung bedarf es eines repräsentativen Langzeitmonitorings, anhand dessen sich die weitere Ausbreitung des Weißfäuleerregers dokumentieren lässt. Auf diesem Untersuchungssystem basierend sollen Beziehungen zwischen dem Befallsfortschritt und der Bestandesbehandlung abgeleitet werden. Im Jahr 2010 wurde in 55 Dauermessflächen die jährliche Dynamik des Sekundärbefalls zum dritten Mal begutachtet. Einen weiteren Untersuchungsansatz bildet die Wirksamkeitsprüfung des autochthonen Bioparates zur prophylaktischen Behandlung von Kiefernstüben.



Einstufung der Dauermessflächen nach mittlerem Flächenradius bzw. Flächengröße in 02/2008 und 02/2009 (n=55)

Befallsfortschritt

Als typischer Schwächeparasit begünstigt Wasserstress wie im Jahr 2006 den Befall von Kiefernwurzeln mit Wurzelschwamm. So ist im Zeitraum 2006 bis 2007 der enorme Schadfächenzuwachs bis 45 % zu erklären. Dies entspricht einem jährlichen Befallsfortschritt mit 1,4 m. In den Jahren 2008 und 2009, die hohe Niederschläge und geringere Lufttemperaturen aufwiesen lässt sich gegenüber den Vorjahren eine Abschwächung des Befallsfortschritts um 30 % dokumentieren. Bis Ende 2009 nahm die Befallsfläche im Landeswald um 17 % auf nunmehr 3080 m² zu. Dabei dominieren Absterbelücken mit < 200 m² Größe, ihr 44 % iger Anteil nimmt aber im Beobachtungszeitraum seit 2008 auf 35 % bis 2010 ab. Infolgedessen vergrößerte sich der Anteil der Flächen > 800 m² in drei Jahren um mehr als das Doppelte. Ein Ende des Befallsfortschritts ist somit aus derzeitiger Sicht nicht erkennbar.

SD = Schlabendorf Nord, SH = Schwarzhöhe / Schipkau
 BB = Bärenbrücker Höhe, LW = Landeswald (alle Flächen)

Aufnahme an	Untersuchungsgebiete			
	SD	SH	BB	LW
Befallsfläche (gesamt) [m ²]				
2008	6.133	4.076	6.202	16.411
2009	6.901	4.969	6.140	18.010
2010	8.065	6.072	6.984	21.090
2008-2009	+ 768 (13%)	+ 893 (22%)	- 62 (1%)	+ 1.599 (10%)
2009-2010	+ 1.164 (17%)	+ 1.103 (22%)	+ 844 (14%)	+ 3.080 (17%)
Flächenradius (mittel) [m]				
2008	10,1	6,9	10,8	8,9
2009	10,6	7,4	10,9	9,3
2010	11,7	8,6	11,6	10,4
2008-2009	+ 0,5 (5%)	+ 0,5 (7%)	+ 0,1 (1%)	+ 0,4 (5%)
2009-2010	+ 1,1 (10%)	+ 1,2 (16%)	+ 0,7 (6%)	+ 1,1 (12%)

MASSNAHMEN

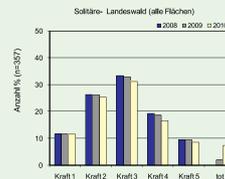
In infizierten Beständen ist eine Bekämpfung des Erregers nicht mehr möglich. Im Mittelpunkt steht daher die vorbeugende Stübbenbehandlung mit antagonistisch wirkenden Pilzpräparaten. Favorisiert wird derzeit das LFE-Mittel **Biomatz Pg. Bar 1**, das einen autochthonen Pilzstamm des Riesensporenpilzes aus Brandenburg enthält. Im Landeswald Brandenburg ist die Stübbenbehandlung auf gefährdeten Kippenstandorten im Lausitzer Revier verbindlich festgelegt, wobei die Applikation mittels Harvesterprühsystem möglich ist. Damit liegt der Pilzmittelverbrauch bei ca. 150 ml Stübben. Es fallen somit Mehrkosten von 36 €/ha bzw. 8 % bei einem Erntekostensatz von 22 €/Efm an. Allerdings besteht bezüglich des Pilzmittelverbrauchs ein Optimierungsbedarf.



Ungerüsteter Harvester zur Stübbenapplikation von Pilzpräparaten im Revier Schwarzhöhe, perforiertes Schwert, gefärbtes Biomatz Pg. Bar 1

Überlebende

Einzelne symptomfreie Individuen überleben in den Absterbelücken. Ihre soziologische Einstufung belegt, dass kein Zusammenhang zwischen der sozialen Stellung der Individuen und der Wurzelschwammtoleranz besteht. Vielmehr existiert eine zufällige Resistenz, deren Dauer aber bisher unbekannt ist. So erhöhte sich die Mortalität der Solitäre in zwei Jahren um das Dreifache. Von der künftigen Vitalität der Solitäre werden Erkenntnisse über deren gesonderte Betrachtung.



Soziale Stellung der Solitäre nach Kraft in 02/2008, 02/2009, 02/2010
 1 = vorherrsch., 2 = herrsch., 3 = mitherrsch., 4 = unterständig, 5 = unterdrückt

Bestandesbehandlung

Auf risikoarmen Standorten ohne Befall (pH(H₂O)-Wert des Oberbodens <5,5) bleibt die Produktion von Kiefernwertholz vorrangiges Wirtschaftsziel. Zum Schutz der Z-Bäume ist die Stübbenbehandlung bei Pflegeeingriffen empfehlenswert. Auf Standorten mit einem pH(H₂O) 5,5-7,0 und Primärbefall ist bei der Z-Baumauswahl gilt es einen Sicherheitsabstand von mindestens 20 m zu Befallsherden einzuhalten. Die Stübbenbehandlung ist zwingend, da sich in den gefährdeten Beständen so weitere Absterbelücken verhindern lassen. In labilen und stark befallenen Beständen (pH(H₂O) >7,0) steht die Walderhaltung im Vordergrund. Auf Pflegemaßnahmen wird verzichtet, weil hierdurch neue Eintrittsporten für den Wurzelschwamm entstehen.

Waldumbau

Bei ausreichender Bodenqualität sollten in den Befallsherden Voranbaumaßnahmen mit wurzelschwammtoleranten Laubgehölzen durchgeführt werden. Für die Kippenstandorte des Lausitzer Reviers empfehlen sich in Abfolge einer zunehmenden ökologischen Feuchte- und Nährkraftstufe: Z3 → Birke, Stiel-, Traubeneiche, Winterlinde, Hainbuche und Rotbuche < K1. Kleinere Absterbelücken (<0,05 ha) bleiben einer natürlichen Gehölzsukzession vorbehalten.



Friedrich II. und der Wald Eichen und Kiefern aus den Königlichen Forsten



Einblicke in Archivalien der Königlich Preussischen Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Oberförster Johann Conrad Ickler zu Grimnitz

Viele der bis dahin geschützten Eichen im Revier Grimnitz wurden durch den Extremwinter 1739/40 in ihrer Vitalität geschwächt und zum Absterben gebracht. So wird dem Königlichen Oberförster Ickler zu Grimnitz befohlen, die seiner Aufsicht anvertrauten Heiden genau zu untersuchen und die Eichen zu verkaufen.

1742: Absterbende Alteichen werden für den Verkauf ausgewählt



Märkische Winterlandschaft



„Weil dem vernehmen nach hin und wieder in denen Königlichen Forsten noch viele vom Frost beschädigte Eichen ausgehen, und die Nothwendigkeit erfordert, selbige abstämmen und ausarbeiten zu lassen, bevor selbige vom Wurm angestochen und zu Kauffmanns Guth unbrauchbar gemacht werden.“

„So wird dem Königlichen Oberförster Ickler zu Grimnitz hiedurch anbefohlen,....so forth die Veranstaltung Zumachen, daß die in jeden Revier stehende Kauff Leuthe selbige abstämmen, und sodann entweder zu Balken, Krumb- oder Stabholz, wie sie zu Seiner Königlichen Majestät allerhöchsten Interesse am Besten genutzt werden können, ausarbeiten lassen.“ Wie es denn auch mit denen Schneid- Schwell- und Pfahl Eichen, welche anhero zum Magazin geliefert, und beym Königlichen Bau gebraucht werden,....“

Berlin den 23ten Augusti 1742. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Oberförster Johann Conrad Ickler zu Grimnitz.



Forstleute bei der Auswahl des Holzschlages; im Hintergrund warten die Holzfäller mit Axt und Säge



E. Eichner Sammlung GfBauer und GfBauer

1743: Bereitstellung von Eichen und Kiefern Bauholz für den Kanal- und Schleusenbau auf der Finow



„Demnach Seine Königliche Majestät in Preußen. Unser allergnädigster Herr,...., allerhöchst entschlossen sind, mit Anfertigung des zum Besten des Comercii in Vorschlag gekommenen Canals aus der Havel durch die Finow bis nach der Oder unter der Direction des Herrn Krieges-Raths Uhl zu Stettin noch in diesem Jahre den Anfang machen zu lassen, und daher verordnet haben, daß aus denen Biesenthalischen, Liebenwaldischen und Chorinischen Amts Forsten, dem Mühen Meister Westpfahl soviel Fachinen-und Pfahl-Holz,als gedachter Herr... verlangen angewiesen und ohnertgeltlich abgefolget werden sollen.“

Berlin den 23ten Augusti 1743. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Oberförster Johann Conrad Ickler.

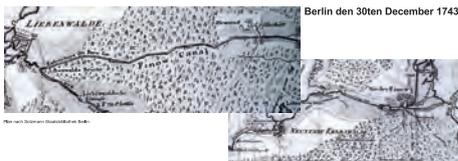
„Demnach ohngeachtet unterschiedlicher Vorstellungen, so ich sowohl Seine Königliche Majestät immediate [sofort] , als auch dem General-Directorio gethan habe, die nach Herrn Krieges-Raths Uhls und Bau-Directoris Herrn Kemmeters Specification verlangte Quantität Eichen- und Kiehnen- Bau Holz aus dem Grimnitzschen Forst-Revier zum Canal- und Schleusen-Bau auf der Finow hergegeben werden soll und muß. Als wird dem Königl. Oberförster Herr Ickler zu Grimnitz hiermit aufgegeben, so fort nach Empfang solcher Assignation [Auftrag], so wohl das darin angesetzte Eichen- als auch was an Kiehnen Bau-Holz vorhanden ist, anzuschlagen, und verabfolgen zu lassen.“

Berlin den 20ten December 1743. Schreiben des Geheimen Oberfinanzrat, Landjäger und Oberforstmeister Graf von Schwerin an den Oberförster Johann Conrad Ickler.

„Da nun S[ein]e Königliche Majestät sothanen Schleusen-Bau aufs äußerste pressieren, und der Herr Krieges Rath Uhl gewisse Zimmerleuthe abschicken wird, welche das Holz, ... in denen Heyden aussuchen und stämmen, auch nach der vorgeschriebenen Maaße abkürzen sollen.“

So wird gedachter Ober-Förster hiedurch befehliget, bey Vermeidung der Königlichen höchsten Ungnade, hierunter keine Minute zu verabsäumen, sondern sobald ein Zimmermann sich deshalb bey ihm meldet, mit selbigen sich in die Forsten zu begeben, die ausgesuchten Stämme,.... am Stamm- und Zapf-Ende mit dem Königlichen Hammer oder Holz Eisen zu zeichnen, auch sonst alles was Seiner Seits zu Beschleunigung sothaner Holzlieferung geschehen kann, mit dem Beamten möglichster maßen zu besorgen.“

Berlin den 30ten December 1743. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Oberförster Johann Conrad Ickler zu Grimnitz.



Der Kostenanschlag des Baudirektor Kemmeter belief sich 1744 „ auf 110.277 Thaler, mit Ausschluß des Bauholzes, wozu 1.405 Eichen, 9.555 Stück Kiefern-Bauholz und Sägeblöcke erforderlich wurden,“

1746 war der Finowkanal (2. Bau) vorerst fertiggestellt und es konnten die ersten Probefahrten stattfinden. [Uhlmann 1996: Historisches vom Strom, 250 Jahre Finowkanal]



Friedrich II. und der Wald Beginn einer nachhaltigen Holzwirtschaft



Einblicke in Archivalien der Königlich Preußischen Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer

Eine allmähliche Wende im Umgang mit dem Wald erfolgte unter Friedrich II. Sein bestimmendes Ziel war das Prinzip der Nachhaltigkeit in den Forsten und Heiden einzuführen. Durch die Einrichtung eines speziellen Forstdepartement (1770) und die organisatorische Trennung im Generaldirektorium konnten Fortschritte in der Bewirtschaftung der Forsten erzielt werden. Erschwert wurden diese Bemühungen, da Verfahren der Holzzucht und die hohe Kunst des Waldbaues sich erst langsam durchsetzten und für jeden verständlich wurden.

1746: Spezialbefehl zur Bepflanzung und Besäung der Heiden

„Unserm gnädigen Gruß zuvor! Bester, lieber Getreuer.

Weilen Wir allergnädigst wollen, daß an **allen denen Orten, wo es nur practicable ist, und geschehen kann, in denen Heyden junge Büchen** gepflanzt und gesät, auch die Eichen Zucht mit mehrerem Ernst und Eifer, als bisher wohl geschehen ist, bearbeitet und fortgesetzt werden soll. Als befehlen Wir auch hiermit in Gnaden, ... auch allsittime [eiligst] zu berichten, wie weit es mit Anlegung der Eichel- und Kiehnen Kämpe gekommen, ... auch wie viel derselben bereits vorhanden sind? Sind Euch mit Gnaden gewogen.“

Berlin den 15ten Juni 1746. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer auf Spezial Befehl Friedrich II. an den Oberforstmeister Caspar Philipp von Bornstedt



Pflanzung



Teufelher von Juchaczki bei Forst und Jagdwesen

Eichelsaat

1747: Friedrich II. informiert sich über erfolgte Saat- und Pflanzarbeiten



Wald-Reglement, Landeshauptstadt Potsdam

„Unsern [gruß]. Wir haben erhalten, was ihr von Beschaffenheit und Fortgang der **Holz-Zucht...** berichtet. Wie Uns nun zum allergnädigsten Gefallen gereicht, daß nach der von Euch eingesandten specification in allen **92 Eicheln- und Kiehn Kämpe** von ziemlicher großen und Etendue [Ausdehnung] angelegt worden. Also wird sich der **Nutzen mit der Zeit ohnfelhar zeigen**, wenn sonst diese angelegten Kämpe gut in acht genommen, und nicht wieder durch die **Hutung ruinirt** werden. Wie denn noch eine gute Eichenen Zucht zu hoffen ist, weile selbige im abgewesenen Herbst gut gerathen, ... wann deren Pflanzung nur **Vorgeschriebenermaßen** überall observirt wird, welches mit allen Fleiß ferne zu besorgen hab.“

Berlin den 8ten Februar 1747. Schreiben Friedrich II. an den Königl. Preußischen Oberforstmeister Caspar Philipp von Bornstedt

1772: Die Oberforstmeister sollen ihre Pflicht erfüllen

„Ein Königlich Hochlöbl. Forst Departement wird vermuthlich von SKM die Ordre erhalten haben, daß die **sämtlichen Oberforstmeister**.... auf das allerschärfste anbefohlen wird genau darauf zu halten, daß **mehr Schonungen angelegt, und bey deren Anlage besser bearbeitet** werden so wie es ... befohlen, und nicht so eben hin nur geschiehet wie es seit einigen Jahren geschehen, ... worzu die **Oberforstmeister ihre Untergebenen beßer an Zuhalten haben**, Die Oberforstmeister müssen sich an keine Cammer kehren sondern dasjenige thun, was Ihnen schon von mir seit einigen Jahren her befohlen worden, und müssen die Oberforstmeister nicht so lange auf ihren Orthen sitzen bleiben....“

Potsdam den 23ten Juni 1772. Schreiben von Hofjägermeister Heinrich Wilhelm von Anhalt an den Oberforstmeister August Wilhelm Friedrich Leopold von Krosigk.



Wald 174

Grenzmarkierung



Forstordnung 1754



1782: Verwüstungen in den Wäldern werden bestraft

„[Seine] Königl[iche] Majestät Allerhöchst Selbst haben, geäußert... daß darselbst mit dem Holzte sehr **übel umgegangen**, und sehr schlecht gewirtschaftet werde, dergestalt wenn das noch 4 Jahr so hingehe, von alle dem Holze gar nicht mehr übrig sey, **das die Leute im Winter würden frieren müßen**.... Hieran sey lediglich Schuld, die **große Negligence** des Ober-Forst-Meister oder deßen der seine Stelle versee und auch der andere Forst-Bedienten, und fehle es vornehmlich darin, daß die Heyden **nicht in ordentliche Schläge** eingetheilet werden ...“

Zugleich haben SKM Höchst Selbst befohlen daß gedachte beyde Förster samt dem Ober-Forst-Meister oder dem der deßen Amt verseeht arretirt werden sollen und daß von Berlin einer von der Cammer und einer von der Justiz ohne Anstand dahin geschickt werden solle ... Dem Förster Wieprecht ... wird befähiget, sich hieran zu spiegeln und künfftig die Vorschriften insonderheit wegen Benutzung der Forsten nach Schlägen und wegen mehrerer Besaamung und Bepflanzung derselben genauer und besser zu befolgen ... und, zu dem Euch sich mit den vorliegenden Reglements und Instructionen bekannter zu machen....“

Berlin den 11ten Juli 1782. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Förster Wieprecht.



Schlageinteilung 1767



Friedrich II. und der Wald Sandschellen und Kienäpfel in der Mark



Einblicke in Archivalien der Königlich Preußischen Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Förster Wieprecht zu Freienwalde

Sandschellen waren in Teilen der Mark ein Problem in Folge fehlerhafter Binnenkolonisation. Durch unvorsichtige Hiebe wurden viele Flächen offenen Flugsandes geschaffen. Nach Gleditsch [1767] wurden die „*hohen und trockenen Kiehneiden*“ zur Gewinnung von Holz und Ackerland rücksichtslos abgetrieben. Hinzu kommt das die Bauern und Siedler die schlechtesten Äcker liegen ließen und nur ungern bestellten.

Auf die Gefahren der Rodung von Waldflächen wies auch v. Arnim auf Boitzenburg hin. „...auf schlechten Boden wachsendes Holz *über Haß und Kopf... abzutrecken*, hieße, den schnell erschöpften dünnen Sand dem *spielenden Winde auszusetzen*“ [Enders 2008: Die Uckermark]

1768: Oberforstmeister von Krosigk soll seiner Instruktions- und Aufsichtspflicht entsprechend, die Besäumung der Sandschellen beim örtlichen Revierpersonal einfordern. Es ist jährlich darüber ein Bericht nach vorgegebenen Punkten zu erstatten.

„Weil nach dem Willen Unser höchsten Persohn, die wegen Besäumung der Sand-Schellen ergangene Ordres in künftigen Früh-Jahr schlechter Dinge und unnachbleiblich in Erfüllung gebracht werden sollen, und es daher unumgänglich nöthig ist, daß daher schleunige Maaße Regeln ergriffen, und sichere Mittel zur Hand genommen werden müssen, und hier unter den rechten Endzweck zu erreichen; So wird Euch aufgegeben, **alle unter Euch stehende Forst-Bediente** dahin zu instruiren, **daß alle Sand-Schellen, und versandete Aecker, insbesonderehin so an denen Straßen gelegen, ohne Wieder Rede besäet werden.** Und damit Wir vergewißert sind, was von Zeit zu Zeit nützlichtes hierunter geschehen ...“

Berlin den 31ten October 1768. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Oberforstmeister August Wilhelm Friedrich Leopold von Krosigk.



Blick von Sanssouci auf die Havel



„So habt Ihr in der **jährlich einzusendenden Tabelle**, von denen besäeten Sand-Schellen annoch Euch beschriebenen Punkte mitzubeobachten, nemlich;

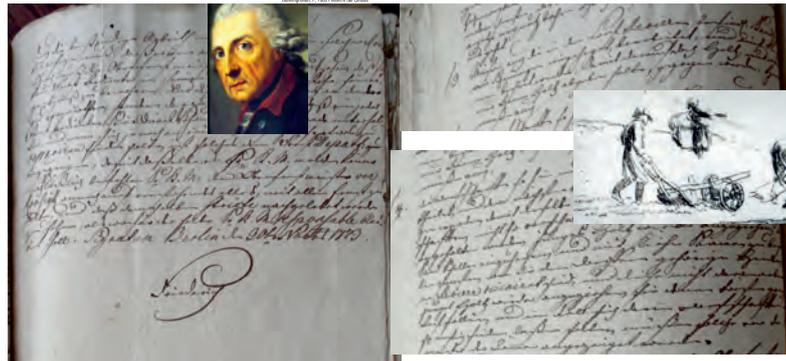
1. Was für Sand-Schellen in jeden von Jahr, und womit solche besäet worden,
2. Wie die Besäumung sich angefallen,
3. Was noch für unbesäete Sand-Schellen fürhanden, und
4. Warum solche noch nicht besäet werden können, auch alles befohlene hierunter exact zubesorgen, Sind Euch mit Gnaden gewogen.“

Berlin den 31ten October 1768. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Oberforstmeister August Wilhelm Friedrich Leopold von Krosigk.



Anweisung zur Behandlung des Saatgutes 1779

1773: Friedrich der II. fordert die verantwortlichen Forstbeamten zur besseren Aufsicht der durchzuführenden Saat- und Pflegearbeiten auf den Sandschellen auf.



Landarbeiten

„Nachdem Seine K[önigliche] Majestät von Preussen. Unser allergnädigster Herr..., **mißfällig wahrgenommen** haben, daß die Oberforstmeister, Forstmeister und Förster ihr Devir in denen Anpflanzungen noch nicht thun, ..., höchster Wille aber ist, daß die Forsten recht in Aufnahme kommen sollen; Als befehlen Höchstgedachter SKM dem Oberforstmeister von Krosigk auf das nachdrücklichste darauf zu halten: ...“

3. Müssen auch die in den Forst Revieren befindl. **Sandschellen** wie Schonungen eingeeheet, bearbeitet, und mit **Kiefern Saamen besäet** werden. Damit darauf **doch Holz, und wenn es nur Brenn Holz abgeben sollte, gezogen werden.** Hiernächst müssen auch,
4. Die Dorschaft so hin und wieder Holzung hat, eingetheilet und dem nächsten Forstbedienten zur Aufsicht aufgetragen werden, damit derselbe daraufhalten, daß sothane Dorfschaften nicht so verschwendisch mit dem Holze umgehen, und angehalten werden junges Holz wieder anzuziehen auch die **Sand Schellen** einzuhegen und mit Kiefern Saamen zu besäen wollen sonsten,..., müßen solche von den Oberforstmeister der Cammer angezeigt werden.“

Berlin den 30ten November 1773. Schreiben König von Preußen Friedrich II. an den Oberforstmeister August Wilhelm Friedrich Leopold von Krosigk.



Samenernte mit Steigeisen

Friedrich II. ließ ungeachtet örtlicher Schwierigkeiten und Rückschläge die Sandschellen mit Kiefern besäen. Er forderte die Arbeiten von den Untertanen ein, verlangte sorgfältige Kontrollen, war aber misstrauisch über die Richtigkeit der Rückmeldungen. Die Nadelholzsäat zählte zu den bedeutendsten Fortschritten der Walderneuerung.



Friedrich II. und der Wald Forstdienst zwischen Krieg und Reform



Einblicke in Archivalien der Königlich Preussischen Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer

Die Forstbediensteten wurden nur zu einem geringen Teil in Geld, aber überwiegend in Naturalien (Wohnung, Brennholz, Dienstland) entlohnt. Hinzu wurden weiter sogenannte Accipientien, also Anteile aus gelegentlichen Einkünften für Amtshandlungen (Anweisgebühren, Pfandgebühren, Anzeigegelder) gewährt. Dadurch sollte das Interesse des Personals an der Anzeige und Verfolgung zahlreicher Forstfrevler (Überhütung, Holz- und Wilddiebstahl) wachgehalten werden. In den weitläufigen Revieren konnte aber durchaus einiges geschehen und es gab vermehrt Klagen über Unzuverlässigkeiten, so wurden eigenmächtige Holzverkäufe und Holzverkohlung der Forstbediensteten geahndet und verboten.



Prügelstrafe
Dietrich 1776

1746: Herrschaftliche Militärsache



„Nachdem Seine Königliche Majestät in Preußen. Unser allergnädigster Herr höchstmißfällig angemerkt, daß denen wegen Nachsitz- und Anhaltung der **Deserteurs** so ofte ergangenen Verordnungen und Edicten seit einiger Zeit nicht gehörig nachgelebet worden, und daher beständig geschehe, daß viele Soldaten auch Recruten auf denen Transport desertireten auch durchkämen, mithin zu verordnen nöthig gefunden, daß allen und jeden Dero Bedienten und Unterthanen die genaue Beobachtung oberwehnter Edicten und Verordnungen nochmals auf das nachdrücklichste eingeschärfet werden solle.“

Berlin, den 14 ten Februar 1746. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Oberförster Ickler zu Grimmnitz.

1747: Diese Sache nicht so schwer machen, anfangen

„Unserm Gruß. Wir haben erhalten, was ihr wegen der zumachenden Neuen Einrichtung mit der Hutung in Unseren Forsten und Heyden, unterm 13 ten dieses Vorläufig berichtet und darauf ersehen welchergestalt ihr bittet, daß euch dazu eine gewonnene Zeit accordiret werden möge. **Ihr müßet euch aber diese Sache nicht so schwer und weitläufig Vorstellen, sondern nur vorerst mit denen Heyden alhier gegenwärtigen Land Jägern und Ober Forst Meisten die Arbeit anfangen, und die Schon-Orther nicht in gar zu große Reviere sondern mittelmäßigen, ... eintheilen.**“

Berlin den 21ten Juni 1747. Schreiben König von Preußen Friedrich II. an den Königlichen Preussischen Oberforstmeister in der Altmark Caspar Philipp von Bornstedt.

1748: Bei Strafe des Stranges verboten

„Es haben Seine Königl. Majestät jüngsthin allergnädigst und ernstlich verordnet, daß **kein Jäger und Forst-Bedienter sich unterstehen, sondern ihnen vielmehr bey Strafe des Stranges verbotten** werden soll, die **Edel-Leuthe** in keinen Stück zu **chicaniren**, noch ihnen alte längst verjährte Prozesse und Grenz-Streitigkeiten wieder aufzuwärmen, Es wird also solches dem Ober-Förster Ickler zu Grimmnitz zur genauen Beobachtung, und damit er sich vor die angedrohte Strafe hüthen könne, hiermit bekannt gemacht.“

Berlin den 31ten October 1748. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an Oberforstmeister August Wilhelm Friedrich Leopold von Krosigk.

1752: Feurige Proben

„Da die Churmärkl. Kriegs- und Domainen- Cammer zu wissen verlangt, **wieviel Scheffel Kohlen, aus einer Clafter Holz geschwellet werden, auch wieviel die Köhler für eine Clafter Holz bezahlen müssen?** So wolle der Königl. Ober-Förster Herr Ickler zu Grimmitz mit einem Meiler von 1 bis 2 Clafter die Probe machen, und wenn solcher aus geschwellet, die daraus gefallene Kohlen aufmeßen lassen, und mir alsdann so gleich einberichten, **wieviel Scheffel Kohlen daraus geschwellet worden?**“

Berlin den 23ten März 1752. Schreiben des Königlich Preussischen Kurmärkischen Oberforstmeister von Knobelsdorf an den Oberförster Ickler zu Grimmnitz.



Holzkohlenmeiler
Jahres 1748-1749-1751

1753: Hüten oder Schiessen



„Da Wir mißfällig vernommen, daß in einigen Dörfern noch die Ziegen gehalten, und nicht Edictmäßig gehütet werden, folglich dadurch die **Holtzungen** und Maulbeer Bäume nicht anders, denn **großen Schaden** leiden müssen. ... Alß wird dem Amte Liebenwalde hiermit anbefohlen, Denen Unterthanen **bekant zu machen, daß** entweder sie ihre Ziegen an unschädlichen Örthern, Zwischen die Schweine hüthen, oder in continenti abschaffen, andern Gestalt gewärtig seyn sollen, daß solche conficiret oder tod geschossen werden, und hat Beamter die Forst-Bedienten ...damach zu instruiren.“

Berlin den 16 ten Juli 1753. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an das Amt Liebenwalde.

1758: Bei seinem Leben

„Als dem Beamten Krausen zu Neu Grimmnitz aufgegeben worden, die bey disigen Amte...., vorhandene Pferde Rind-Schaf- und Schweine Vieh, bey etwa erfolgende nähere Anmarsch derer feindl. Schwedischen Truppen, bey Zeiten in Sicherheit zu bringen, ... daß nach der Situation des dortigen Amts, da immer **eine Forst an der anderen anstoße**, ... daß erwehnte Vieh in denen **Dicken der Heyden** in getheilten Huthen, durch Hirten, so wie die Feinde sich etwa nähern mögten, immer weiter fortgetrieben werde, wobeÿ aber nöthig seÿn wolle, daß ein Unter-Förster dazu bestellet.... So wird dem Oberförster ... anbefohlen, einen von denen disigen Unterförstern, welchem diese Verriichtung am füglichsten **anvertrauet werden kann, und dem das Geheimniß** hiervon, so wie ihm selbst hiermit geschiehet, auf sein Leben eingebunden werden muß ...“

Berlin den 28 ten Juli 1758. Schreiben der Kurmärkischen Kriegs- und Domänenkammer an den Oberförster Ickler zu Grimmnitz.



Dorfleben
Geog Friedrich Bornst. 1775. Eisenach: H. G. Sauer



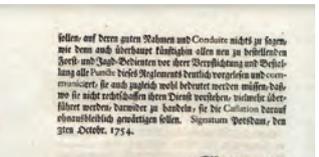
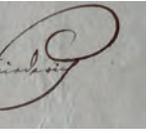
Kontrolle im Revier
Fischer 1764/1765



Arnold 1776



Friedrich II. und der Wald Die Forstordnung von 1754



Seit langer Zeit wird versucht, die Nutzung des Waldes so zu gestalten, dass auf der einen Seite alle wirtschaftlichen und sonstigen Forderungen an den Wald erfüllt werden können, auf der anderen Seite keine Übernutzung und Zerstörung eintritt. Für Brandenburg bedeutsam ist diese Forstordnung von 1754 von Friedrich II.

Oberförsterei Lieberose, Claus Seliger; Ines Höhne, LFE 2012



Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde Publikationen 2011

Forstpolitik, Planung und Betriebswirtschaft

- DUHR, M.; KRABENSCH, M.; LESSNER, C.; MÜLLER, J. (2011):
Testbetriebsnetz Brandenburg – Ergebnisse der Jahre 2007–2009. AFZ-Der Wald 23/2011: 13–15.
- ERLER, J.; GRÜLL, M. (2011):
Für jeden Standort das richtige Holzernteverfahren. AFZ-Der Wald 11/2011: 13–15.
- GROSS, J. (2011):
Auf Klimaveränderungen reagieren – Handlungsrahmen für den Waldumbau unter sich ändernden Klimabedingungen in Brandenburg für den Zeitraum von 2010 bis 2030. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47: 14–19 u. 107.
- GRÜLL, M. (2011):
Den Waldboden schonen – Vorsorgender Bodenschutz beim Einsatz von Holzerntetechnik. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47: 37–44.
- HÖPPNER, K.; KÄTZEL, R.; DEGENHARDT, A.; DOBIAS, K.; HEYDECK, P.; HIELSCHER, K.; KALLWEIT, R.; MÖLLER, K.; NOACK, M.; RIEK, W.; RÜFFER, O.; SCHMIDT, S.; STÄHR, F. (2011):
140 Jahre forstliches Versuchswesen in Eberswalde – Rückblicke und Perspektiven. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe / Wissenstransfer in die Praxis. Band 47: 68–99.
- HÖPPNER, K.; KÄTZEL, R.; DEGENHARDT, A.; DOBIAS, K.; HEYDECK, P.; HIELSCHER, K.; KALLWEIT, R.; MÖLLER, K.; NOACK, M.; RIEK, W.; RÜFFER, O.; SCHMIDT, S.; STÄHR, F. (2011):
140 Jahre forstliches Versuchswesen in Eberswalde – Rückblicke und Perspektiven. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie, Bd. 45 (2): 49–72.
- HÖPPNER, K. (2011):
Zum 150. Geburtstag von Alfred Möller – dem Begründer der Idee vom Dauerwald. Eberswalder Jahrbuch für Heimat-, Kultur- und Naturgeschichte 2011, 220–229.
- KEIL, G. (2011):
Poster: BMELV – Testbetriebsnetz Forstwirtschaft. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47: 109.
- SCHOLZ, C. (2011):
Kleinprivatwald im Fokus – Testbetriebsnetz Forst Brandenburg (TBN Forst-BB): Stand und Ausblick. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47: 45–49 u. 110.

Waldbau/Waldwachstum

- DEGENHARDT, A. (2011):
Durchforsten nach Zahlen – Optimale Behandlungsstrategien auf der Basis heuristischer Verfahren. Sektion Ertragskunde, Cottbus, 06.-08.06.2011, Tagungsbericht, 11–20.
- DEGENHARDT, A. (2011):
Mit heuristischen Verfahren zur optimalen Durchforstung. Sektion Forstliche Biometrie und Informatik, Göttingen, 20.-21.09.2010, Tagungsbericht, 1–12.
- ENGEL, J., KNOCH, D. (2011):
Energie aus dem Stock – Zur Bewirtschaftung der Robinie im Schnellumtrieb. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 47, 26–37.
- HÖPPNER, K.; KÄTZEL, R.; DEGENHARDT, A.; DOBIAS, K.; HEYDECK, P.; HIELSCHER, K.; KALLWEIT, R.; MÖLLER, K.; NOACK, M.; RIEK, W.; RÜFFER, O.; SCHMIDT, S.; STÄHR, F. (2011):
140 Jahre forstliches Versuchswesen in Eberswalde – Rückblicke und Perspektiven. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 45 (2), 49–72.
- KNOCH, D.; ENGEL, J. (2011):
Modellprojekt zu Begründungsverfahren der Robinie, (*Robinia pseudoacacia*) zur vordringlich energetischen Nutzung in Brandenburg. AFZ-Der Wald 65(9), 26–28.
- NOACK, M. (2011):
Höchste Douglasie im Land Brandenburg ermittelt. AFZ-Der Wald 66 (3), 53.
- NOACK, M. (2011):
Langfristige forstliche Versuchsflächenforschung in Eberswalde – Erkenntnisquelle für eine nachhaltige Waldwirtschaft. AFZ-Der Wald 66 (9), 29–32.
- NOACK, M. (2011):
Waldökologische Grundlagen für den Trauben-Eichenvoranbau in Kiefernreinbeständen des Nordostdeutschen Tieflandes. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 45 (1), 1–17.
- NOACK, M. (2011):
Waldbau ökologisch – Die Bewirtschaftung der Traubeneiche auf Basis ökologischer Wachstumsmodelle. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 47, 50–59.

NOACK, M. (2011):

Forstliche Langfristforschung für den Zukunftswald – welche Entwicklung vollzogen WIEDEMANN's schlechteste Kiefernbestände Ostdeutschlands. Tagungsband der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten anlässlich der Jahrestagung vom 06. bis 08. Juni 2011 in Cottbus, 38–56.

NOACK, M. (2011):

Der Sauener Wald: Experiment zur Gesundung devastierter Ökosysteme. Vortrag auf der Jahrestagung der Stiftung August Bier in Sauen am 11.09.2011, www.stiftung-august-bier.de.

NOACK, M. (2011):

Waldforschung in Eberswalde – vom Kiefernforst zum Zukunftswald. Einführungsvortrag vom 09.10.2011 zur Ausstellungseröffnung „Waldforschung und Waldvisionäre in Brandenburg“ im Naturkundemuseum Potsdam, www.forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/noack.pdf.

NOACK, M. (2011):

Growth and nutrition of Quercus petraea underplanted in artificial pine stands under conversion in the northeastern German Lowlands. Forest Systems 20 (3), 423–436.

Waldschutz

HABERMANN, M.; BAIER, U.; ELSNER, G.; HIELSCHER, K.; HURLING, R.; IMMLER, T.; KRÜGER, F.; LOBINGER, G.; MÖLLER, K.; PAPE, B.; WEBER, M. (2011):

Wichtige Forstschädlinge – erkennen, überwachen und bekämpfen, Hrsg. aid infodienst Bonn, aid-Merkblatt 1208/2011, 74 S.

HEYDECK, P.; HIELSCHER, K.; SCHUMACHER, J. (2011):

Neuartige Schäden an Gemeiner Esche (Fraxinus excelsior L.). Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 20 (1) 2011, 10-13.

HEYDECK, P.; DAHMS, C. (2011):

20 Jahre Diagnosearbeit im Klimawandel – Auftreten neuer Krankheitserreger. Poster zum 6. Winterkolloquium am 24.02.2011 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47, 102.

HEYDECK, P. (2011):

Pilze in Eichenwirtschaftswäldern. Mitarbeit in: ZIESCHE, T.; KÄTZEL, R. & S. SCHMIDT (2011): Biodiversität in Eichenwirtschaftswäldern. Naturschutz und Biologische Vielfalt 114. Bonn, Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.

HIELSCHER, K. (2011):

Effizienz im Waldschutz – Rationalisierung der Falterflugüberwachung der Nonne. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47, 20–24.

HIELSCHER, K.; KARLSTEDT, K.; WENK, M.; HASS, T. (2011):

Waldschutzmeldewesen: „Mäusemonitoring“ ein WEB-basiertes Programm. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47, 101.

HÖPPNER, K.; KÄTZEL, R.; DEGENHARDT, A.; DOBIÁŠ, K.; HEYDECK, P.; HIELSCHER, K.; KALLWEIT, R.; MÖLLER, K.; NOACK, M.; RIEK, W.; RÜFFER, O.; SCHMIDT, S.; STÄHR, F. (2011):

140 Jahre forstliches Versuchswesen in Eberswalde – Rückblicke und Perspektiven. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 45, 49–73.

HÖPPNER, K.; KÄTZEL, R.; DEGENHARDT, A.; DOBIÁŠ, K.; HEYDECK, P.; HIELSCHER, K.; KALLWEIT, R.; MÖLLER, K.; NOACK, M.; RIEK, W.; RÜFFER, O.; SCHMIDT, S.; STÄHR, F. (2011):

140 Jahre forstliches Versuchswesen in Eberswalde – Rückblicke und Perspektiven. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47, 66–97.

MÖLLER, K.; HEYDECK, P.; HIELSCHER, K.; DAHMS, CH.; SCHULZ, P.-M.; WENK, M. (2011):

Waldschutzsituation 2010/2011 in Brandenburg und Berlin. AFZ-Der Wald 7, 35–38.

MÖLLER, K. (2011):

David gegen Goliath – Wie winzige natürliche Gegenspieler der Forstschadinsekten wirken und Entscheidungen über Insektizideinsätze beeinflussen. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47, 60–65.

MÖLLER, K. (2011):

Formica exsecta Nylander, 1846, die Große Kerbameise – Insekt des Jahres 2011 (Hymenoptera, Formicidae). Entomologische Nachrichten und Berichte 55 (1), 1–3.

MÖLLER, K. (2011):

Hügel bauende Rote Waldameisen in Brandenburg – Vorkommen, Gefährdung, praktische Schutzmaßnahmen. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 20 (1), 4–9.

MÖLLER, K. (2011):

Der Eichenprozessionsspinner. 2. veränderte Auflage, Information für Waldbesitzer, Sonderdruck. Hrsg. MIL, LFE.

Wildökologie und Jagdwirtschaft

BLAŠKO, L.; DOBIÁŠ, K.; KROPIL, R. (2011):

Pohyb zveri na príklade monitoringu zeleného mostu na úseku diaľnice BAB 11 Berlín- Štětín. Acta Facultatis Forestalis Zvolen. 54/2011. ISSN 0231-5785 (slowakisch und englisch).

DEGENHARDT, A.; BLAŠKO, L.; DOBIÁŠ, K.; STÄHR, F. (2011):

Der Einfluss des Wildes auf die Entwicklung der Naturverjüngung im Landeswald Brandenburgs – Ergebnisse aus dem Kontrollzaunverfahren. Archiv für Forstwesen u. Landsch.ökol. 45 (2), 73–81.

GORETZKI, J.; SPARING, H.; AHRENS, M.; DOBIÁŠ, K.; GLEICH, E.; NEUMANN, M.; STUBBE, C.; TOTTEWITZ, F. (2011):

Zur Ökologie des Rotfuchses (Vulpes vulpes L., 1758) auf der Insel Rügen (II). Ergebnisse des Jungfuchsfanges und der Jungfuchsmarkierung. Beitr. z. Jagd- u. Wildforschung 36, 233–245.

HÖPPNER, K.; KÄTZEL, R.; DEGENHARDT, A.; DOBIÁŠ, K.; HEY-DECK, P.; HIELSCHER, K.; KALLWEIT, R.; MÖLLER, K.; NOACK, M.; RIECK, W.; RÜFFER, O.; SCHMIDT, S.; STÄHR, F. (2011):
140 Jahre forstliches Versuchswesen in Eberswalde – Rückblicke und Perspektiven. Archiv f. Forstwesen u. Landsch. ökol. 45 (2), 49–72.

Bodenkunde

BARITZ, R.; ZIRLEWAGEN, D.; JONES, R.; ARROUAYS, D.; HIEDERER, R.; SCHRUMPF, M.; RIEK, W. (2011):

Carbon in European soils. In: Jandl, R., M. Rodeghiero and M. Olsson (eds). *Soil Carbon in Sensitive European Ecosystems: From Science to Land Management.* John Wiley & Sons, Ltd., 49–84.

HANNAPPEK, S.; RIEK, W. (2011):

Berechnung des Flurabstandes des oberflächennahen Grundwassers der Waldfläche Brandenburgs für hydrologisch typische Zeiträume. Hydrologie und Wasserwirtschaft. 55, Heft 1, S. 4–15.

HANNAPPEL, S., RIEK, W. (2011):

Analyse langjähriger Veränderungen der Flurabstände des oberflächennahen Grundwassers in der gesamten Waldfläche Brandenburgs. In: Materialien zum Fachsymposium „Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel in Deutschland. 22.–24. Juni 2011, Großräschen/Lausitz. GRÜNEWALD, U.; BÜCKER, A.; DAMM, M.; FLEISCHHAMMEL, P.; HÖLZEL, H.; KAISER, K. (Hrsg.). Potsdam. S.26.

HORNSCHUCH, F.; RIEK, W. (2011):

Die Wirkung von Selbstdifferenzierungsprozessen in Naturwäldern auf Bodenheterogenität und Pflanzenartenverteilung. In: *Böden verstehen – Böden nutzen – Böden fit machen.* Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, <http://eprints.dbges.de/824/>.

KONOPATZKY, A. (2011):

Humuszustandsveränderungen (C,N) in Brandenburg seit 1985. BERICHT FREIBURGER FORSTLICHE FORSCHUNG 88 (Tagungsband Bodenzustandserfassung, aktuelle Gefährdungen und Trends): 1–13.

KÜHN, D.; RIEK, W.; RUSS, A. (2011):

Böden und Waldbewirtschaftung in Brandenburg. DBG Mitteilungen. Band 114. Exkursionsführer. 69–83.

RIEK, W. (2011):

Basenausstattung brandenburgischer Waldböden – BZE-Auswertungen zu Status und Dynamik. In: *Bodenzustandserfassung, aktuelle Gefährdungen und Trends.* Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Heft 88, 14–24.

RIEK, W. (2011):

Zinkakkumulation im Waldboden im Nahbereich verzinkter Schutzzäune – Vergleichende Auswertung mit Befunden der Bodenzustandserhebung (BZE-2). Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie, Bd. 45 (4), (im Druck).

RIEK, W. (2011):

Zinkbelastung von Waldböden: BZE-Befunde und Bedeutung der Einträge durch Schutzzäune. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 47, 106.

RIEK, W. (2011):

Zinkbelastung des Waldbodens durch Korrosion verzinkter Wildschutzzäune. Online-Veröffentlichung auf [waldwissen.net](http://www.waldwissen.net) – Informationen für die Forstpraxis. http://www.waldwissen.net/wald/boden/lfe_boden_zinkbelastung/index_DE.

RIEK, W.; RUSS, A. (2011):

Stickstoffzustand nordostdeutscher Waldböden im Vergleich von BZE-1 und BZE-2. In: *Böden verstehen – Böden nutzen – Böden fit machen.* Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft. <http://eprints.dbges.de/554>.

RUSS, A.; RIEK, W. (2011):

Pedotransferfunktionen zur Ableitung der nutzbaren Feldkapazität. Validierung für Waldböden des nordostdeutschen Tieflands. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz, Heft 11, 5–17.

RUSS, A.; RIEK, W. (2011):

Methode zur Ableitung des Grundwasserflurabstandes aus Karten der forstlichen Standortskartierung und digitalen Geländemodellen in Brandenburg. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz, Heft 12, 85–91.

RUSS, A.; RIEK, W. (2011):

Vergleich zweier Ansätze zur Ableitung von Grundwasserflurabständen für die Waldfläche Brandenburgs. In: *Böden verstehen – Böden nutzen – Böden fit machen.* Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, <http://eprints.dbges.de/552>.

RUSS, A.; RIEK, W.; MARTIN, J. (2011):

Zustand und Wandel der Waldböden Mecklenburg-Vorpommerns – Ergebnisse der zweiten bundesweiten Bodenzustandserhebung in Mecklenburg-Vorpommern. Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern, Heft 9, 1–108.

RUSS, A.; RIEK, W.; WESSOLEK, G. (2011):

Benetzungsverhalten und nutzbare Wasserspeicherkapazität brandenburgischer Waldböden – Abschätzung für Waldbewirtschaftung und Regionalisierung. In: *Bodenzustandserfassung, aktuelle Gefährdungen und Trends.* Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Heft 88, 149–152.

Genetik/Ökophysiologie

KÄTZEL, R.; SCHULZE, T.; BECKER, F.; SCHRÖDER, J.; RIEDERER, J.; KAMP, TH.; WURM, A.; HUBER, G. (2011):

Seltene Baumarten in Deutschland – Erfassung und Erhaltung. AFZ-Der Wald 19, 37–39.

KÄTZEL, R.; HÖPPNER, K. (2011):

Waldbewirtschaftung unter den Bedingungen des Klimawandels in Brandenburg. In: Hüttl, R.; Emmermann, R.; Germer, S.; Naumann, M.; Bens, O. (Hrsg.): **Globaler Wandel und regionale Entwicklung – Anpassungsstrategien in der Region Berlin-Brandenburg.** Forschungsberichte der Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Bd. 26, Springer Verlag Heidelberg, 117– 121.

KÄTZEL, R.; HÖPPNER, K. (2011):

Adaptation strategies in forest management under the conditions of climate change in Brandenburg. Forest Forestalia Polonica (Serie A, Forestry) 53 (1), 43– 51.

KONNERT, M.; MAURER, W.; DEGEN, B., KÄTZEL, R. (2011):

Genetic monitoring in forests – early warning and controlling system for ecosystemic changes. iForest 4, 77-81. (<http://www.sisef.it/forest/>).

LANGER, M. (2011):

The effect of native forest dynamics upon the arrangements of species in oak forests-analysis of heterogeneity effects at the example of epigeal arthropods. Uni Potsdam. (Die Auswirkungen natürlicher Walddynamiken auf die Artengefüge in Eichenwäldern: Untersuchung von Heterogenitätseffekten am Beispiel epigäischer Raubarthropoden).

ZIESCHE, T.; KÄTZEL, R.; SCHMIDT, S. (2011):

Biodiversität in Eichenwirtschaftswäldern – Empfehlungen zur Bewirtschaftung von stabilen, artenreichen, naturnahen Eichenwäldern in Nordostdeutschland. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Naturschutz und Biologische Vielfalt Heft 114, 204 S.



In der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe sind bisher erschienen:

- Band 1** PAUL-MARTIN SCHULZ: „Biographie Walter Pfalzgraf, des ersten Leiters des Zentralforstamtes in der Sowjetischen Besatzungszone von 1945–1948“ ISBN 3-933352-02-9
- Band 2** HORST MILDNER/EKKEHARD SCHWARTZ: „Waldumbau in der Schorfheide, zum Andenken an Oberlandforstmeister Dr. phil. Erhard Hausendorf“ ISBN 3-933352-06-1
- Band 3** DIETER HEINSDORF u. a.: „Forstliche Forschung im Nordostdeutschen Tiefland (1992–1997)“ ISBN 3-933352-07-X
- Band 4** HANS HOLLENDER u. a.: „Planung der Waldentwicklung im Land Brandenburg, Vorträge zur Fachtagung am 4. November 1998 in Eberswalde“ ISBN 3-933352-10-X
- Band 5** RALF KÄTZEL u. a.: „Forstsaatgutprüfung in Eberswalde 1899–1999, Grundlage für eine nachhaltige Forstwirtschaft“ ISBN 3-933352-12-6
- Band 6** DIETER HEINSDORF: „Das Revier Sauen – Beispiel für erfolgreichen Waldumbau“ ISBN 3-933352-22-3
- Band 7** KLAUS HÖPPNER u. a.: „Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte der Waldbewirtschaftung im südlichen Brandenburg“ ISBN 3-933352-24-X
- Band 8** HUBERTUS KRAUT/REINHARD MÖCKEL: „Forstwirtschaft im Lebensraum des Auerhuhns, ein Leitfaden für die Waldbewirtschaftung in den Einstandsgebieten im Lausitzer Flachland“ ISBN 3-933352-23-1
- Band 9** RALF KÄTZEL u. a.: „Die Birke im Nordostdeutschen Tiefland; Eberswalder Forschungsergebnisse zum Baum des Jahres 2000“ ISBN 3-933352-30-4
- Band 10** Sonderband; Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: „Landeswaldbericht 1997 und 1998, mit einem Sonderkapitel zur Naturalplanung in Brandenburg“ ISBN 3-933352-31-2
- Band 11** HANS-FRIEDRICH JOACHIM: „Die Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) in Brandenburg“ ISBN 3-933352-32-0
- Band 12** CHRISTIAN BRUECK u. a.: „Zertifizierung von Forstbetrieben. Beiträge zur Tagung vom 5. November 1999 in Fürstenwalde/Spree (Brandenburg)“ ISBN 3-933352-34-7
- Band 13** DIETER HEINSDORF, Joachim-Hans Bergmann: „Sauen 1994 – ein gelungener Waldumbau ...“ ISBN 3-933352-35-5
- Band 14** Sonderband; 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‘“ ISBN 3-933352-37-1
- Band 15** WINFRIED RIEK u. a.: „Funktionen des Waldes und Aufgaben der Forstwirtschaft in Verbindung mit dem Landschaftswasserhaushalt“ ISBN 3-933352-47-9
- Band 16** JÖRG MÜLLER u. a.: „Privatwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation“ ISBN 3-933352-48-7
- Band 17** AUTORENKOLLEKTIV: „Die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im nordostdeutschen Tiefland“ ISBN 3-933352-52-5
- Band 18** AUTORENKOLLEKTIV: „Zertifizierung nachhaltiger Waldbewirtschaftung in Brandenburg“ ISBN 3-933352-53-3
- Band 19** WINFRIED RIEK, FALK STÄHR u. a.: „Eigenschaften typischer Waldböden im Nordostdeutschen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung des Landes Brandenburg – Hinweise für die Waldbewirtschaftung“ ISBN 3-933352-56-8
- Band 20** AUTORENKOLLEKTIV: „Kommunalwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation“ ISBN 3-933352-57-6
- Band 21** AUTORENKOLLEKTIV: „Naturverjüngung der Kiefer – Erfahrungen, Probleme, Perspektiven“ ISBN 3-933352-58-4
- Band 22** JÖRG MÜLLER u. a.: „Die zweite Bundeswaldinventur (BW12) – Ergebnisse für Brandenburg und Berlin“ ISBN 3-933352-59-2
- Band 23** AUTORENKOLLEKTIV: „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft: Ökologischer Waldumbau im nordostdeutschen Tiefland“

- Band 24** GERHARD HOFMANN/ULF POMMER: Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin mit Karte im Maßstab 1:200.000 ISBN 3-933352-62-2
- Band 25** AUTORENKOLLEKTIV: Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg ISBN 3-933352-63-0
- Band 26** Wissenstransfer in die Praxis, Tagungsband zum 1. Eberswalder Winterkolloquium am 2. März 2006 ISBN 3-933352-64-9
- Band 27** Die Schwarz-Pappel, Fachtagung zum Baum des Jahres 2006 ISBN 3-933352-63-0
- Band 28** Naturschutz in den Wäldern Brandenburgs Beiträge der Naturschutztagung vom 2. November 2006 in Eberswalde ISBN 3-933352-97-8
- Band 29** Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum zweiten Winterkolloquium am 1. März 2007 in Eberswalde
- Band 30** AUTORENKOLLEKTIV: Waldwachstumskundliche Grundlagen für eine effektive Waldbewirtschaftung Zum 100. Geburtstag von Professor Dr. habil. Werner Erteld
- Band 31** AUTORENKOLLEKTIV: 100 Jahre Naturschutzgebiet Plägefenn. Ein Beispiel für erfolgreiches Zusammenwirken von Forstwirtschaft und Naturschutz. Tagungsband zur Tagungs- und Exkursionsveranstaltung vom 11. – 12. Mai 2007 in Chorin.
- Band 32** AUTORENKOLLEKTIV: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland. Ökologie und Bewirtschaftung.
- Band 33** Wald, Forstwirtschaft, Förster und Gesellschaft – Wälder schaffen Wachstum und sichern Lebensgrundlagen. Tagungsbericht der gemeinsamen Forstpolitischen Jahrestagung vom 14. Juni 2007 in Paaren/Glien.
- Band 34** JOACHIM GROSS: Waldfunktionen im Land Brandenburg
- Band 35** Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum dritten Winterkolloquium am 28. Februar 2008 in Eberswalde.
- Band 36** 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.
- Band 37** Hohenlubbichow: Naturgemäße Waldwirtschaft zwischen Verklärung und Realität– Natur- und Landschaftsschutz im Gebiet um Bellinchen/Bielinek und Hohenlubbichow/Lubiechów Górný.
- Band 38** HEINSDORF, D.; K RAUSS, H.-H.: Herleitung von Trockenmassen und Nährstoffspeicherungen in Buchenbeständen.
- Band 39** HOFMANN, G. et al. Wildökologische Lebensraumbewertung für die Bewirtschaftung des wiederkäuenden Schalenwildes im nordostdeutschen Tiefland.
- Band 40** Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum vierten Winterkolloquium am 26. Februar 2009 in Eberswalde.
- Band 41** LOCKOW, K.-W. Die Hainbuche im nordostdeutschen Tiefland-Wuchsverhalten und Bewirtschaftungshinweise.
- Band 42** AUTORENKOLLEKTIV: Risikomanagement im Forstbetrieb.
- Band 43** AUTORENKOLLEKTIV: Die Douglasie im nordostdeutschen Tiefland. Chancen und Risiken in Klimawandel.
- Band 44** Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum fünften Winterkolloquium am 25. Februar 2010 in Eberswalde.
- Band 45** AUTORENKOLLEKTIV: Aktuelle Beiträge zur Wildökologie und Jagdwirtschaft in Brandenburg.
- Band 46** AUTORENKOLLEKTIV: Naturnahe Waldwirtschaft-Dauerwald heute?
- Band 47** Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum sechsten Winterkolloquium am 24. Februar 2011 in Eberswalde.
- Band 48** AUTORENKOLLEKTIV: Technik für den Wald – Eine Retrospektive zur Entwicklung der forstlichen Verfahrenstechnik und Mechanisierung in der DDR.