



Forstwirtschaft

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 73

Wissenstransfer in die Praxis: „Waldbrand – Katastrophe, Störung oder Chance?“

Tagungsband zum 18. Eberswalder Waldkolloquium
16. Februar 2023 Eberswalde

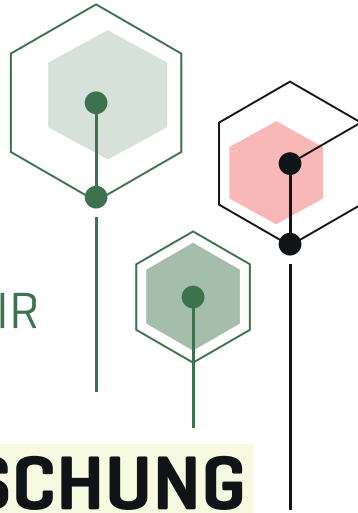


Forstwirtschaft

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 73

Wissenstransfer in die Praxis: „Waldbrand – Katastrophe, Störung oder Chance?“

Tagungsband zum 18. Eberswalder Waldkolloquium
16. Februar 2023 Eberswalde



WALDWISSEN WIR

150 JAHRE

WALDFORSCHUNG

IN BRANDENBURG

Impressum:

Herausgeber	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) Referat Öffentlichkeitsarbeit Henning-von-Tresckow-Straße 2-13, Haus S, 14467 Potsdam Telefon: +49 (0)331 866-7237 E-Mail: bestellung@mluk.brandenburg.de Internet: mluk.brandenburg.de oder www.agrar-umwelt.brandenburg.de
Redaktion	Landesbetrieb Forst Brandenburg Heinrich-Mann-Allee 103 14473 Potsdam Telefon: 0331 97929-301 Fax: 0331 97929-390 E-Mail: lfe@lfb.brandenburg.de Internet: forst.brandenburg.de
Redaktionsleitung:	Dr. Jan Engel
Titelfotos: Fotos:	Danica Clerc Von den Autoren der Beiträge, wenn nicht anders vermerkt.
Satz und Druck	Salzland Druck GmbH & Co.KG Löbnitzer Weg 10 39418 Staßfurt

Gedruckt auf PEFC-Papier

1. Auflage

1.000 Exemplare



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

Potsdam, im September 2023

Diese Veröffentlichung ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht für Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Unabhängig davon, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Broschüre dem Empfänger zugegangen ist, darf sie, auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl, nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Inhalt

Waldbrände in Deutschland – Bedeutung, Stand und Perspektiven <i>Prof. Dr. Michael Müller (Technische Universität Dresden)</i>	5
Stellschrauben und Potenziale zur Reduktion der Waldbrandvulnerabilität <i>Dr. Tanja Sanders (Thünen-Institut für Waldökosysteme)</i>	11
Perspektiven und Grenzen im Umgang mit kampfmittelbelasteten Waldflächen am Beispiel Mecklenburg-Vorpommerns - Erarbeitung von Standards zur Waldbrandvorbeugung <i>Elisabeth Hans (Landesforst Mecklenburg-Vorpommern (AÖR))</i>	19
Fünf Jahre nach dem Großbrand in Treuenbrietzen – Wie sieht es unter der Bodenoberfläche aus? <i>Katharina Pötter Krouse (LFE)</i>	25
Vegetationsentwicklung nach Waldbrand – Erste Ergebnisse aus dem Projekt PYROPHOB <i>Maren Schüle (Universität Potsdam)</i>	35
Umgang mit Waldbrandflächen – Empfehlungen für Waldbesitzende <i>Dr. Ulrike Hagemann et al. (LFE)</i>	43
Publikationen des LFE im Jahr 2022	49
Ausgewählte Posterpräsentationen	
Überlebenschancen der Kiefer nach einem Waldbrand <i>Matthias Wenk, Frank Pastowski</i>	51
PYROPHOB: Strategien zur Entwicklung von pyrophoben und klimawandelresilienten Wäldern auf Waldbrandflächen <i>Danica Clerc, Marina Schirmacher, Prof. Dr. Jens Schröder</i>	52
Bodenfeuchte von Waldstandorten in Brandenburg – Auswirkung aufeinander folgender Trockenjahre <i>Prof. Dr. Winfried Riek, Dr. Daniel Ziche, Dr. Alexander Russ, Dr. Rainer Hentschel</i>	53
Vielfalt im Kiefernwald - Beifänge aus Winterbodensuchen <i>Pascal Ebert, Laetitia Radtke</i>	54
Folgen der Extremjahre in Buchenwäldern Brandenburgs - pathogene Pilze als Schadbegleiter <i>Aline Wenning</i>	55
Bisher erschienen Bände der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe	57

Waldbrände in Deutschland – Bedeutung, Stand und Perspektiven

Michael Müller

Diagnose - Waldbrände vs. Vegetationsbrände

Waldbrände sind nur bedingt Vegetationsbrände, denn im exakten Sinne brennt nicht die Vegetation. Vegetation wird als Gesamtheit der Pflanzengesellschaften eines Gebietes definiert (SCHAEFER 2003). Im Allgemeinen ist Vegetation ein Synonym für „Pflanzendecke“ oder „Pflanzenwuchs“.

Bei Waldbränden sind die Bodenfeuer entscheidend. Bei diesen brennen die Humusaufgabe, die Streu einschließlich kleiner (< 7 cm Durchmesser), toter Holzteile und, so vorhanden und trocken (also tot oder durch das Feuer getötet), die Bodenvegetation. Außerdem brennen neben den Materialien pflanzlichen Ursprungs auch zum Wald gehörende Tiere und Pilze. Der Begriffteil „Wald“ wäre also zur Kennzeichnung von Waldbränden treffender und umfassender als der Begriffteil „Vegetation“.

Zudem gibt es einige Besonderheiten von Waldbränden gegenüber Bränden im Nichtwald (Offenland, Landwirtschaft u. dgl.), die für alle Belange des vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzes entscheidend sind. In Wäldern sind (ohne dessen künstliche Vermeidung) Brandlasten ständig vorhanden und im Wald gibt es neben horizontalen auch vertikale Brandausbreitungsoptionen sowohl nach oben (Vollfeuer) als auch nach unten (u. a. Glutnester in Humusdecke und Tothölzern im Boden).

Waldbrände sind in Deutschland nur sehr selten Naturereignisse, sondern werden fast ausschließlich von Menschen verursacht, am häufigsten durch fahrlässige oder vorsätzliche Brandstiftung. Waldbrände haben bei der natürlichen Entwicklung von Waldökosystemen in Deutschland keine Bedeutung. Das lässt sich sehr einfach beweisen (MÜLLER 2019).

Der Blitzschlag ist die einzige natürliche Ursache für Waldbrände in Deutschland, vergleichsweise selten und sehr kleinflächig, obwohl es in und über Wald im Land Brandenburg, das in Deutschland am meisten von Waldbränden betroffen ist, zwischen 10.000 und 20.000 Blitzereignisse pro Jahr gibt (MÜLLER 2019, Abb. 1).

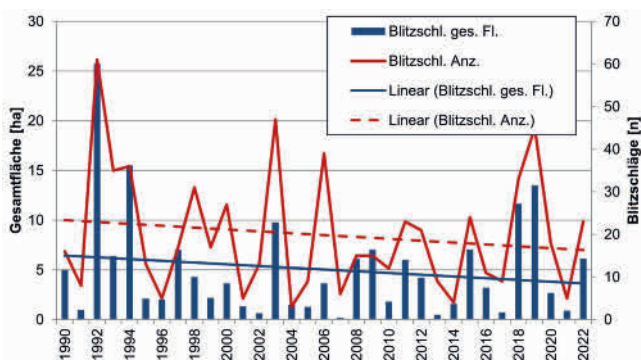


Abb. 1: Wichtige statistische Daten zu Waldbränden im Land Brandenburg von 1990 bis 2022 – nur natürliche Ursachen = Blitzschlag (Daten aus Waldbrandstatistiken des Landesbetriebs Forst Brandenburg)

Waldbrände homogenisieren in Deutschland Ökosysteme und verursachen damit Massenvermehrungen von Organismen, die von den extremen Bedingungen nach dem Feuer und vom Verdrängen von Konkurrenzorganismen profitieren, natürlicherweise jedoch relativ selten wären. Beispiele dafür sind der Schwarze Kiefernprachtkäfer (*Melanophila acuminata*), die Besenheide (*Calluna vulgaris*) oder auch die Aspe (*Populus tremula*). Aus populationsökologischer Sicht sind das Ökosystemreaktionen, die man ebenso bei Massenvermehrungen z. B. von Nonne (*Lymantria monacha*) in monostrukturierten Kiefernwäldern oder Schwammspinner (*Lymantria dispar*) in monostrukturierten Eichenwäldern beobachtet (Abb. 2 bis 4).



Abb. 2: Schwarzer Kiefernprachtkäfer (*Melanophila acuminata*), Seine sehr spezielle Anpassung beweist für Deutschland sehr kleine und sehr seltene Waldbrände.



Abb. 3 und 4: Konkurrenzschwache Pflanzen wie Besenheide (*Calluna vulgaris*), Besenginster (*Cytisus scoparius*), Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) links, Aspe (*Populus tremula*) rechts besiedeln in Brandenburg sehr schnell von Menschen verursachte Waldbrandflächen, würden von Natur aus aber nur sehr seltene und kurze Episoden in der Waldentwicklung sein.

Kiefernwälder gelten wegen ihrer Strukturen in Deutschland als am meisten durch Waldbrände gefährdet und betroffen. In

Brandenburg hat die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) aktuell noch immer einen Anteil von ca. 70 % (im Jahre 1990 noch 80 %) an der Waldfläche. Hintergrund ist die Brandlast, die in Kiefernwäldern heutiger Ausprägung bei gleichen Außenbedingungen brandempfindlicher und brandausbreitungsfördernder ist als in anderen Waldgesellschaften. Zu beachten ist aber, dass die meisten der heutigen Kiefernwälder nicht auf natürlichen Kiefernwaldstandorten stocken und dass deshalb dort erhöhte Brandlasten ausgebildet werden. Natürliche Kiefernwälder haben nur im Falle von Moorkiefernwäldern hohe natürliche Brandlasten, falls der Moorkörper austrocknet. Alle anderen natürlichen Kiefernwälder auf armen und trockenen Sanden, Kalkalpenfelsen und Sandsteinfelsen weisen extrem geringe Brandlasten auf (Abb. 5 und 6).



Abb. 5 und 6: Ausprägungen von Bodenvegetation und Streuauflagen in natürlichen Kiefernwäldern (links) und standortsfremden Kiefernwäldern, also wo natürlicherweise Eichenmischwälder und Rot-Buchenwälder vorkommen würden (rechts).

Waldbrände setzen Unmassen an Feinstaub, Treibhausgasen und Giften frei (IPCC 2007). Aus diesem Grunde sollten zumindest unnatürliche Waldbrände möglichst vermieden bzw. schnellstmöglich gelöscht werden, was ein wesentlicher Beitrag für den Klima- und Gesundheitsschutz ist.

Überwachung und Prognose

Werden Waldbrände im Zuge des Klimawandels in Deutschland nach Anzahl und Fläche zunehmen? Nein, das wird voraussichtlich nicht der Fall sein.

Das gilt zumindest nicht zwangsläufig wegen des Klimawandels, sondern wird aktuell von anderen Faktoren bestimmt. Es gibt zwischen den Waldbrandindizes, also aktuell zwischen den Waldbrandgefahrenstufen, die bei den Klimaänderungsszenarien steigen oder häufiger hoch sind, und den tatsächlich eintretenden Waldbränden keinen ursächlichen Zusammenhang. Die Waldbrandursachen und die Waldstrukturen (Waldalter, Baumarten, Baumhöhen) fließen nicht in die Berechnungen ein. Tatsache und in den Waldbrandstatistiken sichtbar ist, dass die Veränderungen bei den Baumarten, Waldaltern und anderen Waldstrukturen stark dazu beitragen, dass die Brandempfindlichkeiten und Brandausbreitungen sinken, d. h. im Umkehrschluss die Möglichkeiten zur Vermeidung und Bekämpfung von Waldbränden besser werden.

Die Waldbrandstatistik Brandenburgs weist sowohl für die Waldbrandanzahlen als auch für die Waldbrandflächen sinkende Tendenzen aus. Die extremen Ausschläge von hohen Waldbrandflächen nach dem Jahre 2003 sind auf Sondersituationen, insbesondere auf nicht mögliche oder eingeschränkte Brandbekämpfungen auf Kampfmittelverdachtsflächen zurückzuführen (Abb. 7 bis 10).

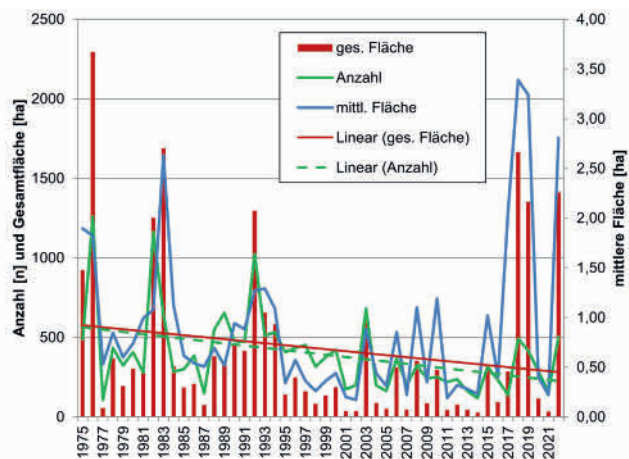


Abb. 7: Wichtige statistische Daten zu Waldbränden im Land Brandenburg von 1975 bis 2022 (Daten aus Waldbrandstatistiken des LBF Brandenburg)

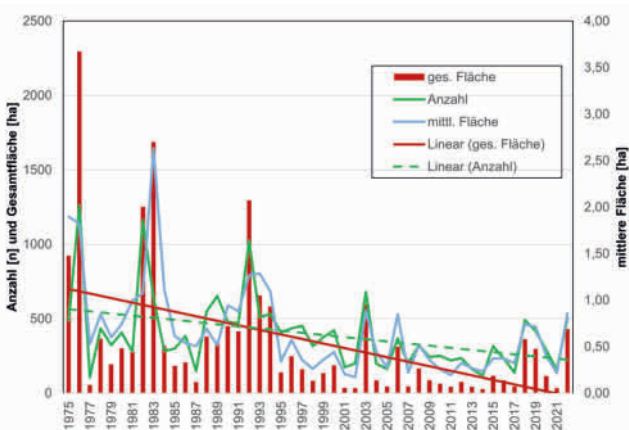


Abb. 8: Wichtige statistische Daten zu Waldbränden im Land Brandenburg von 1975 bis 2022 (nicht unmittelbar angegriffene Brände auf Kampfmittelverdachtsflächen seit 2008 auf 10 ha gesockelt) (Daten aus Waldbrandstatistiken des LBF Brandenburg)

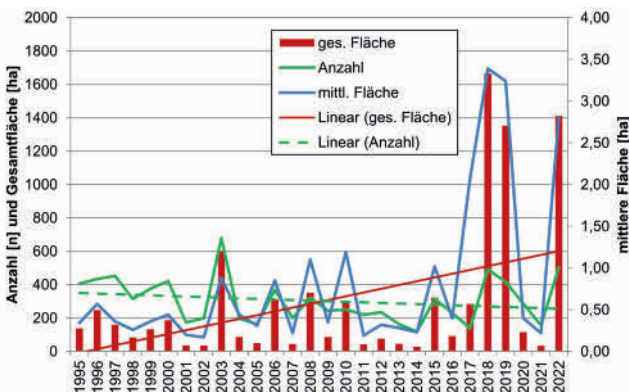


Abb. 9: Wichtige statistische Daten zu Waldbränden im Land Brandenburg von 1995 bis 2022 (Daten aus Waldbrandstatistiken des LBF Brandenburg)

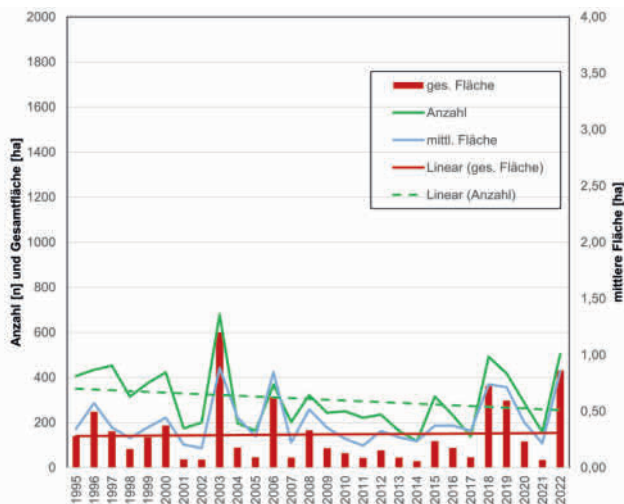


Abb. 10: Wichtige statistische Daten zu Waldbränden im Land Brandenburg von 1995 bis 2022 (nicht unmittelbar angegriffene Brände auf Kampfmittelverdachtsflächen seit 2008 auf 10 ha gesockelt) (Daten aus Waldbrandstatistiken des LBF Brandenburg)

Bei mehr als 99 % aller Waldbrandereignisse in Deutschland:

- werden diese etwa 10 min nach Entstehung/Erkennbarkeit entdeckt,
- wird die Brandbekämpfung ca. 15 min nach Alarmierung aufgenommen,
- werden diese innerhalb von maximal zwei Stunden unter Kontrolle gebracht,
- wird die Waldbrandfläche zumeist auf weniger als einem Hektar begrenzt.

Das ist so, weil

- die Waldbrandüberwachung in Deutschland zur besten der Welt gehört,
- die sich verändernden Waldstrukturen die Brandempfindlichkeit der Wälder zunehmend mindern und die Brandbekämpfung zunehmend erleichtern sowie
- die Feuerwehren, trotz gegebener Erfordernisse für Verbesserungen bei Personal, Ausrüstung und Fortbildung, sehr motiviert und schlagkräftig sind (MÜLLER 2019, 2020, 2022)

Für die größeren (> 10 ha) und von den Medien spektakulär dargestellten Brände in den letzten 25 Jahren gibt es die vier nachfolgend dargestellten Ausnahmesituationen:

- Kampfmittelverdachtsflächen, insbesondere wenn es gleichzeitig so genannte Wildnisgebiete sind, in denen Walderschließung und waldstrukturelle Waldbrandvorbeugung aufgegeben oder stark reduziert wurden,
- Bergbaufolgewälder, wenn diese aus bergrechtlichen Gründen nicht betreten werden dürfen,
- Wälder mit erhöhten Brandlasten, z. B. mit Kohlestaubeinträgen oder ungepflegte junge Kiefernwälder (d. h. flächig vorkommende Vollfeuerbestände) und
- Wälder in Berglagen und Felsenformationen, die infrastrukturell begrenzt zugänglich sind oder beim Betreten Gefahren (Steilhänge, Geröll, Felsspalten, Hohlräume u. dgl.) enthalten.

Anreicherungen mit Totholzern größerer Dimension (Durchmesser > 7 cm) behindern mitunter den Zugang zur Feuerfront und brennen länger am jeweiligen Ort, führen jedoch zumeist nicht zu einer schnelleren Brandausbreitung. Tothölzer werden auch in normal zugänglichen Wirtschaftswäldern weiter zunehmen.

Prophylaxe und Therapie

Beim Schwerpunkt Kampfmittelverdachtsflächen und Wildnisgebiete müssen endlich grundsätzliche Entscheidung getroffen werden. Wollen wir in derartigen Gebieten Waldbrände löschen?

Wenn ja, dann müssen Waldstrukturelle Waldbrandvorbeugung und Infrastrukturen für die Waldbrandbekämpfung im Inneren der Flächen und an deren Außenrändern gewährleistet werden. Ein teilweises Herauslösen oder gesondertes Kennzeichnen bei der Waldbrandstatistik ist dennoch anzuraten.

Wenn nein, dann müssen massive Waldstrukturelle Waldbrandvorbeugung und intensive Infrastrukturen für die Waldbrandbekämpfung an deren Außenrändern geschaffen werden, um das Übergreifen der zu erwartenden Großbrände auf umliegende Gebiete zu verhindern. Solche Brände dürfen dann nicht in die normale Waldbrandstatistik einfließen.

Die Waldstrukturelle Waldbrandvorbeugung stützt sich auf die Walderschließung mit geeigneten Wegesystemen sowie an dafür auszuweisenden Schwerpunkten weiterhin auf Schutz- und Wundstreifensysteme (Abb. 11) zum Aufhalten von Bodenfeuern und möglichst auf bestockte Waldbrandriegel (Abb. 12 und 13) zum Wandeln von Vollfeuern zu kontrollfähigen Bodenfeuern (BENTELE et al. 2023). Das Allesentscheidende ist die möglichst schnelle Branderkennung und Aufnahme der Brandbekämpfung.



Abb. 11: Schutz- und Wundstreifen an gefährdenden Objekten, von denen oft Bodenfeuer ausgehen



Abb. 12: Unbestockte Waldbrandriegel mit ungepflegten Randbeständen, sind nur bedingt geeignet, die Brandausbreitung zuverlässig einzudämmen



Abb. 13: Bestockte Waldbrandriegel am besten mit Rot-Eiche (*Quercus rubra*) wandeln zuverlässig Vollfeuer zu beherrschbaren Bodenfeuern.

Zur Waldstrukturellen Waldbrandvorbeugung gehören auch Löschwasserbevorratungen und -entnahmestellen. Diese sollten in gefährdeten Gebieten möglichst in Abständen von maximal zwei Kilometern vorhanden sein. Geeignet sind prinzipiell bereits vorhandene Gewässer. Künstliche Entnahmestellen können offene Löschwasserteiche, unterirdische oder oberirdische Zisternen, Flachspiegelbrunnen oder Tiefbrunnen (Abb. 14) sein. Die Vielfalt und der Ideenreichtum bei solchen Entnahmestellen sind groß. Was an welchem Ort am besten geeignet ist, muss anhand der örtlichen Bedingungen entschieden werden. Das öffentliche Trinkwassernetz kann einbezogen werden, sollte aber zumindest für den Erstangriff nicht das Rückgrat der Löschwasserversorgung sein. Hinsichtlich der Erschließung ist zu beachten, dass die Löschwasserentnahmestellen für die Lösch- und Wassertransportfahrzeuge infrastrukturell mit sicheren Uferbefestigungen, Wegen und Wendestellen erschlossen sowie gut ausgeschildert sein müssen. Mitunter lassen sich mit Teichen sogar wertvolle Habitate in den ansonsten oft nicht sehr vielfältigen Wäldern herstellen. Es muss aber dennoch gewährleistet werden, dass das Löschwasser entnommen werden kann (Abb. 15).



Abb. 14: Künstliche Löschwasserversorgung – Tiefbrunnen auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz Jüterbog



Abb. 15: Künstliche Löschwasserversorgung – offener Kunstteich mit solarbetriebener Pumpe zum ständigen Füllen, Ufer- und Überlaufzonen im Waldgebiet um Halbe

Grundsätzlich, aber insbesondere für die Brandbekämpfung in Gebieten mit begrenzter Zugänglichkeit und auf Kampfmittelverdachtsflächen sind autonome oder ferngesteuerte Lösungsverfahren zu installieren oder zu entwickeln. Bereits vorhanden sind absetzbare Kreisregner und Sprühschläuche. Diese haben jedoch einen sehr hohen Löschwasserverbrauch. Günstiger wären länger wirksame und wassersparende Schaumbarrieren. Die dafür bereits vorhandenen Grundlagen, insbesondere zu umweltverträglichen Schäumen müssten zur Entwicklung von Standardverfahren genutzt werden.

Nachsorge und Rehabilitation

Waldbrände müssen grundsätzlich nicht vollständig gelöscht werden. Wichtig ist die Sicherung der gehaltenen Waldbrandränder bis in eine hinreichende Tiefe (ca. 30 m), um das erneute Ausbrechen zu verhindern. Auf großen Waldbrandflächen erlöschen die Brände im Inneren der Flächen von selbst durch den Verbrauch des Brennmaterials oder bei den nächsten ausreichenden Niederschlägen. Ein solches Vorgehen ist auch im Interesse der Einsatzkräfte, die zumeist zu Freiwilligen Feuerwehren gehören und schnellstmöglich zu ihren Arbeitsplätzen zurückkehren oder für weitere Einsätze bereit sein sollen.

Zur Flächensicherung sollten neben der Bewachung durch befähigtes und berechtigtes Personal auch Bodenbearbeitungsmaßnahmen z. B. mit Waldstreifenpflügen gehören.

Die betroffenen Bäume auf Waldbrandflächen werden zumeist absterben, weil Waldbrände mit über 1.000 °C brennen können und das Kambium der Bäume bereits ab Temperaturen von 60 °C abstirbt. Nur wenn das Feuer an den Stammfüßen der Bäume nicht oder nicht am gesamten Stammumfang im Kambium 60 °C oder mehr verursacht, haben die Bäume eine Überlebenschance. Das ist nur möglich, wenn an den Stammfüßen eine sehr geringe Brandlast anliegt und die Borke der Bäume die Temperaturen ausreichend puffert. Da unsere einheimischen Bäume nicht an Waldbrände angepasst sind, ist das nur selten und bei älteren Bäumen der Fall. Tote, absterbende und vorgeschädigte Bäume werden von verschiedenen Rinden- und holzbesiedelnden Insekten genutzt, sich erholende Bäume teilweise noch nach Jahren zum Absterben gebracht.

Die Wiederbewaldung ist auf vielfältige Art und Weise möglich, reicht von der Annahme der natürlichen Sukzession bis zur Pflanzung. Die Entscheidungen zur Nutzung des Schadholzes und wie die Wiederbewaldung erfolgen soll, treffen die Waldbesitzer:innen auf der Grundlage ihrer Ziele in der Waldbewirtschaftung und der standörtlichen Bedingungen. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Wege zur Holznutzung und Wiederbewaldung sind gründlich abzuwägen, weil damit teilweise

für Jahrzehnte Bewirtschaftungsoptionen festgelegt werden (Abb. 16). Bei der Wiederbewaldung ist die Waldstrukturelle Waldbrandvorbeugung zu integrieren, weil Waldbrandflächen durch das Belassen von Tothölzern (Laub, Zweige, Äste) und die sich rasch entwickelnde Bodenvegetation (insbesondere im Falle von Land-Reitgras, *Calamagrostis epigejos*) sehr schnell wieder hohe Brandlasten aufweisen können.



Abb. 16: Natürliche Waldentwicklung im Jahre 1998 auf einer nicht beräumten Waldbrandfläche von 1992 bei Oranienburg. Solche Flächen sind für Jahrzehnte nicht oder nur mit großem Aufwand erschließbar.

Fazit: Waldbrände: Katastrophe, Störung oder Chance?

Waldbrände sind in Deutschland mit Vorstellungen von naturnaher Waldbewirtschaftung, Naturwaldentwicklung oder tatsächlichen Wildnisgebieten nicht vereinbar, weil sie natürliche Waldentwicklungen für Jahrzehnte ausschließen und durch extreme menschliche Einflüsse ersetzen. Sie sind, obwohl es viele Erfahrung und Forschungsergebnisse zum Umgang mit Waldbrandflächen gibt, keine Chance, denn Chancen wären definitionsgemäß willkommene, günstige Gelegenheiten, Glücksfälle und günstige Ereignisse. Waldbrände in Deutschland sind jedoch wesentlich schwerwiegendere Wirkungen im Ökosystem Wald als es der gleichzeitige Einsatz nichtselektiver Herbizide und nichtselektiver Insektizide wäre. Die absichtliche Nutzung von Feuer (z. B. Heidebrennen) bei Waldbehandlungen sollte deshalb ohne Ausnahmemöglichkeit verboten werden. In jedem Falle ist es für jegliche naturnahe Waldgestaltung besser, einfacher und naturnäher von einem nichtverbrannten Wald ausgehend, die weitere Waldentwicklung vorzunehmen.

Fazit: Handlungs-, Entwicklungs- und Forschungsbedarf

Forschungsbedarf besteht vor allem hinsichtlich der Analyse der Brandlasten, die sich in Totalreservaten und zukünftig auch in bewirtschafteten Wäldern infolge der natürlichen Entwicklungen bzw. der gesellschaftlich geforderten und geförderten Totholzreicherungen ergeben. Zusätzlich sind Brandlasten in Laub- und Mischwäldern zu untersuchen.

Zu untersuchen ist das Phänomen, dass auffällige Stammbrände an Gemeiner Fichte (*Picea abies*) und Rot-Buche (*Fagus sylvatica*) ggf. auch an Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) auftreten, ohne dass diese von Bodenfeuern energetisch gespeist werden

Für die Waldbrandüberwachung und Kommunikation in Gebirgs-lagen und Felsenformationen wären Verfahren zu entwickeln, die eine temporäre Überwachung und Kommunikationsverbesserung in Waldbrandgefahrenlagen durch Rauchgassensoren, Luftfahrzeuge oder Fesselballone erlauben.

Für die Brandbekämpfung sind dringend Methoden zu entwickeln, die es erlauben, sehr wassersparend zu löschen und insbesondere durch geeignete Schäume lange vorhaltende Barrieren

gegen Bodenfeuer aufzubauen. Zudem sind weitere autonome Löschsysteme wünschenswert.

Es bedarf dringend der Heranbildung von Nachwuchs-Waldbrand-Expert:innen für die Zukunft, indem man für diese wirkliche Berufsperspektiven an Lehr- und Forschungsstätten schafft.

Literatur

BENTELE, M.; RADTKE, R.; SCHRÖDER, J.; MÜLLER, M. (2023): Waldbrandvorbeugung durch Anlegen von Waldstrukturen. AFZ-DerWald 78 (1): 28-33.

IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Eds. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Arquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

MÜLLER, M. (2019): Waldbrände in Deutschland, Teil 1. AFZ-DerWald 74 (18): 27-31.

MÜLLER, M. (2020): Waldbrände in Deutschland - Teil 3. AFZ-DerWald 75 (23): 42-46.

MÜLLER, M. G. (2022): Patient Wald, Ist unser Wald noch zu retten? In: Bemmann, A.; Irslinger, R. und Anders, K. (Hrsg.): Vom Glück der Ressource, Wald und Forstwirtschaft im 21. Jahrhundert. oekom Verlag, München.

SCHAEFER, M. (2003): Wörterbuch der Ökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.

Risikomanagement im Wald - Stellschrauben & Potentiale zur Reduktion der Waldbrandvulnerabilität

Tanja Sanders, Pia Labenski, Michael Ewald und Anne Gnilke

Waldbrandvulnerabilität

Langanhaltende Hitzeperioden und andauernde Trockenperioden haben in den vergangenen Jahren in weiten Teilen Deutschlands zu einer erhöhten Waldbrandgefahr geführt. Es scheint sich eine Veränderung des Feuerregimes abzeichnen (BARTH 2022). Dieser steigenden Gefahr steht sowohl in der Forstpraxis als auch bei Feuerwehr und anderen Organisationen der Gefahrenabwehr ein Mangel an Wissen gegenüber. Neben den klimatischen Bedingungen beeinflussen aber auch Wald- und Standortigenschaften das Waldbrandrisiko. Am Thünen-Institut für Waldökosysteme werden daher kleinräumige, dynamische Vulnerabilitätskarten entwickelt, welche neben den witterungs-basierten Waldbrandgefahrenindizes auch relevante Waldstrukturparameter berücksichtigen. Ziel ist die Entwicklung von Methoden zur räumlich expliziten Erfassung von Brandrisiken. Auf der Grundlage verschiedener Klima- und strukturbasierter Szenarien werden Modelle zur Kartierung der Waldbrandvulnerabilität erstellt, aus denen Empfehlungen für waldbauliche und andere Maßnahmen zur Reduktion des Waldbrandrisikos auf lokaler und regionaler Ebene erarbeitet werden können.

Waldbrandvulnerabilität erstellt, aus denen Empfehlungen für waldbauliche und andere Maßnahmen zur Reduktion des Waldbrandrisikos auf lokaler und regionaler Ebene erarbeitet werden können.

Waldbrandhistorie in Deutschland

In den Jahren 2003, 2018 und 2019 gab es deutlich mehr Waldbrände, die sich auf größeren Flächen ausgebreitet haben. Mit 2.524 Bränden wurden im Jahr 2003 die mit Abstand meisten Waldbrände gezählt (Abbildung 1). Zwischen 2002 und 2021 wurden in Deutschland insgesamt 18.138 Waldbrände mit Schäden auf einer Gesamtfläche von rund 12.068 ha registriert, allein 65 % davon in Nadelwäldern.

Die flächenmäßig bislang größten Waldbrandschäden binnen eines Jahres wurden 2019 auf einer Gesamtfläche von 2.711 ha registriert, wobei der Anteil betroffener Nadelholzbestände bei 73 % (=1.985 ha) lag. Bundesländer mit hohem Nadelwaldanteil

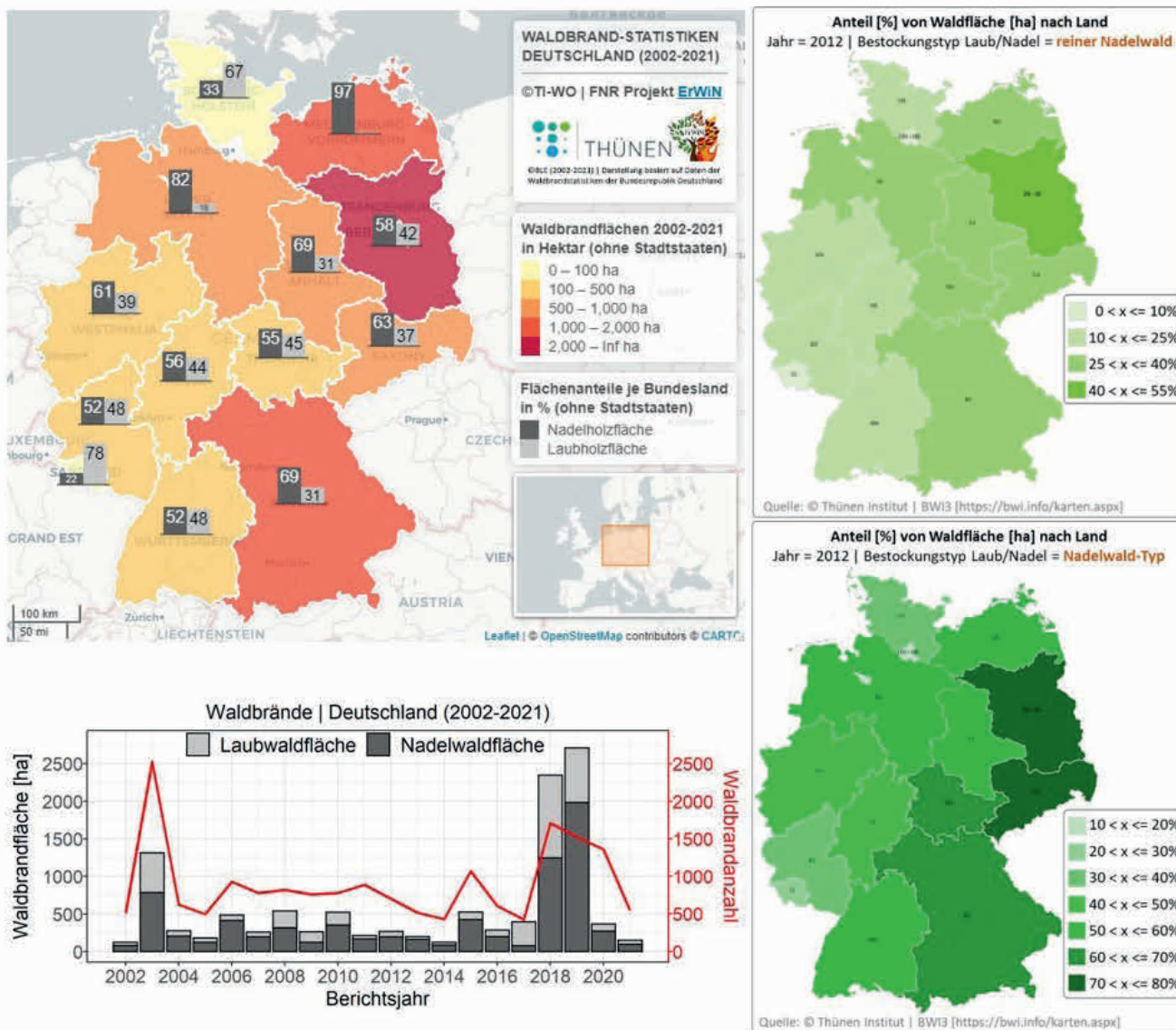


Abb. 1: Angabe der verbrannten Waldflächen für die Jahre 2002 bis 2021 für die einzelnen Bundesländer in Hektar mit dem prozentualen Anteil von Nadel- und Laubholzfläche (oben links), der Zeitreihe der Waldbrandflächen und Anzahl (unten rechts), dem Anteil der Bestockung mit Nadelwald (rechts)

sind demnach stärker von Waldbränden betroffen. Deutlich wird dies am Gradienten zwischen dem nordöstlichen Tiefland und den Bundesländern im Südwesten sowie Schleswig-Holstein im Norden Deutschlands. Während der Trockenjahre 2018/19 lag mehr als die Hälfte der geschädigten Flächen in Brandenburg - 2018 waren es 71 %, 2019 noch 51 %. 20 Brände erreichten dort eine Größe von über 10 ha. Brandenburg ist in der Zeit von 2001 bis 2021 mit insgesamt 5692 Waldbränden (knapp 32 % aller Brände deutschlandweit) und Schäden auf insgesamt 6160 ha Waldfläche (gut 53 % aller Waldbrandflächen bundesweit) das

men auf drei Waldbrandflächen in Südbrandenburg durchgeführt: Treuenbrietzen (2018, 404 ha), Altsorgfeld (2019, 15 ha) und Lieberose (2019, 121 ha).

Auf insgesamt 26 Stichproben mit einer Kreisfläche von jeweils 500 m² wurden Stammfuß-Koordinaten, Baumart, Brusthöhen-durchmesser und Baumhöhen sowie Kronenansatz, Nadelverlust und Bestandesgrundflächen erfasst. Die Brandschwere, auch als relative Feuerintensität bezeichnet, wurde mit Hilfe der Verkohlungshöhe – gemessen an der windabgewandten Seite

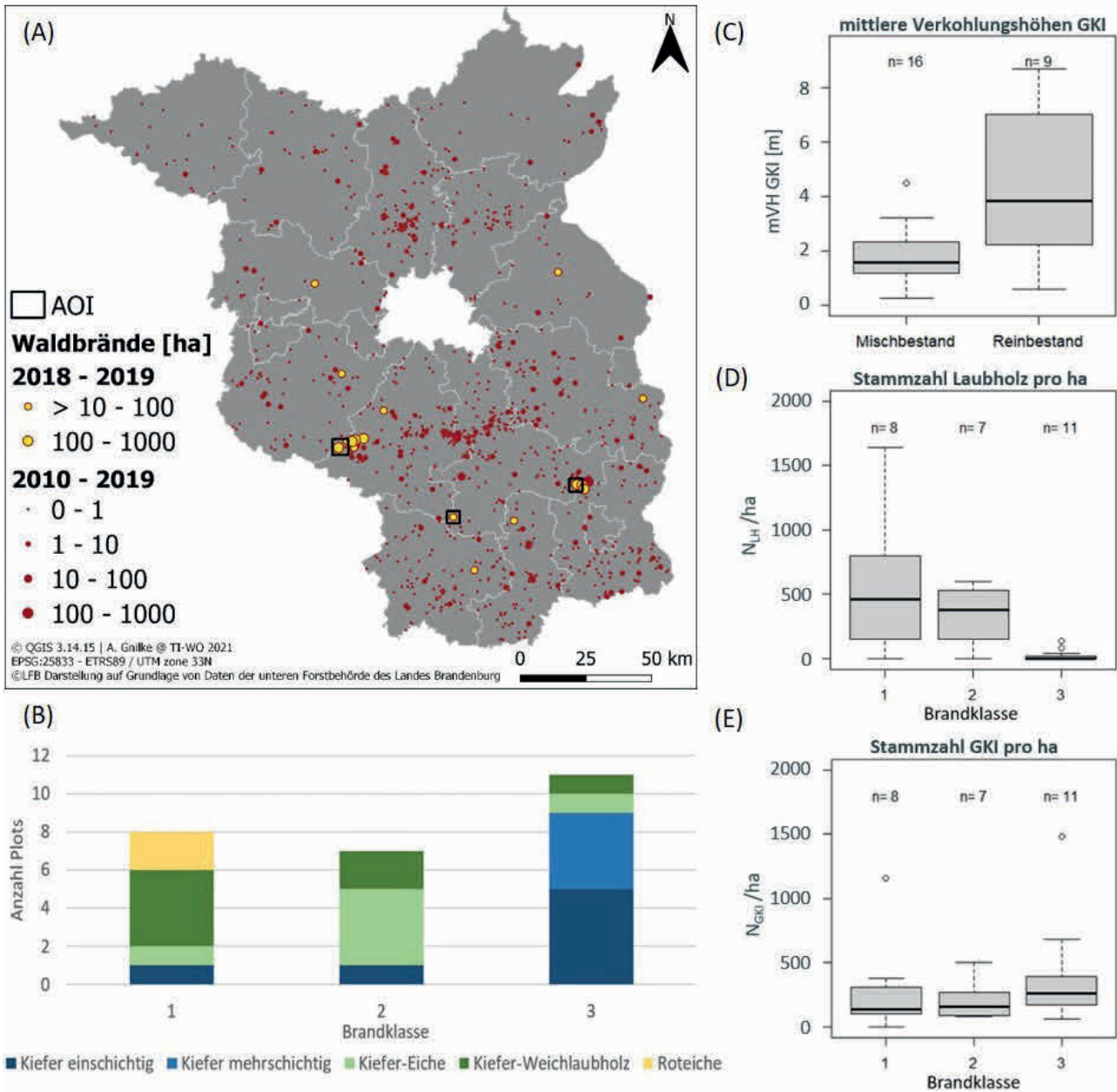


Abb. 2: Waldbrandflächen in Brandenburg für die Jahre 2018 und 2019 in gelb und von 2010 bis 2019 in rot (oben links), Brandklassen für verschiedene Kiefern und Kiefern-mischbestände (unten links) und mittleren Verkohlungshöhen der Kiefer (rechts)

mit Abstand am stärksten von Waldbränden betroffene Bundesland [Waldbrandstatistik 2002–2021]. Waldbrandschwerpunkt ist Brandenburg, das mit 49 % bundesweit den höchsten Bestockungsanteil an reinen Nadelwäldern hat (BWI3, 2012).

Waldstruktur als Einflussgröße bei Waldbrandschäden

Unter der Fragestellung, welchen Einfluss die Waldstruktur und -zusammensetzung auf die Entwicklung und das Schadausmaß von Waldbränden in Kiefernbeständen haben, wurden Aufnah-

des Stammes – ermittelt. Die Analyse von Waldbrandschäden in Kiefernwäldern zeigt, dass Kiefernreinbestände und Bestände, in denen mindestens eine andere Laubbaumart vorkam, zeigten signifikante Unterschiede in der Schwere der Brandschäden, wobei mit zunehmenden Laubholzanteilen die Schwere der Brandschädigungen abnimmt. Ferner zeigen sich auf den untersuchten Flächen klare Unterschiede zwischen den Baumarten: Kiefern wiesen die höchsten Verkohlungsspuren und den stärksten Vitalitätsverlust auf, die Roteiche zeigte dagegen die niedrigsten Verkohlungshöhen.

Waldstruktur als Stellschraube im Risikomanagement

Die Waldbewirtschaftung bestimmt die Baumartenzusammensetzung und Struktur der Bestände und hat damit Einfluss auf die Masse und Feuchtigkeit in der Bodenstreu, der Krautvegetation und des Totholzvorrates (PERINGER et al. 2019). Während Sauerstoffzufuhr und Zündtemperatur erst nach dem Ausbruch eines Brandes durch Löschmaßnahmen reduziert werden können, kann die Menge an brennbarem Material, welche durch die

Aus Horizontal-Fotografien und den forstlichen Bestandesbeschreibungen lassen sich die erfassten Bestände hinsichtlich ihrer Art (Nadel-/Laubholzbestand), ihrer horizontalen und vertikalen Zusammensetzung (Mischungsform, Dichte, Schichtigkeit, Altersstufe etc.) einteilen. Die Bodenraum-Fotografien geben Aufschluss zur Art und Verteilung der Bodenstreu und lebender sowie abgestorbener Biomasse (Feinreisig, Äste, Kronenmaterial und Totholz).

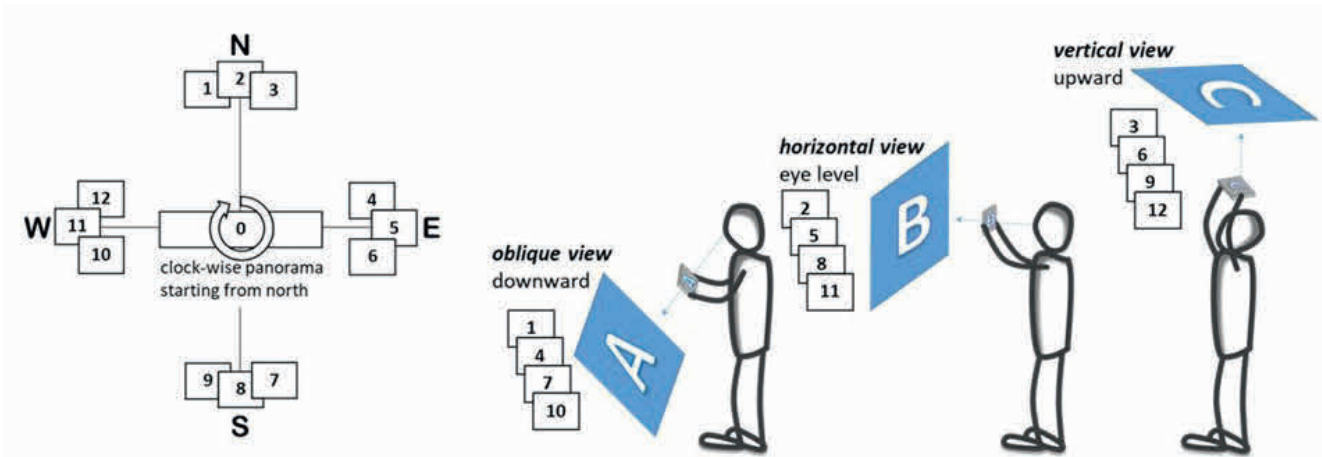


Abb. 3: Schematische Darstellung der Aufnahmen zur Speisung der KI-Algorithmen



Abb. 4: Beispielfotos der unterschiedlichen Aufnahmewinkel

vorhandenen Pflanzen und deren abgestorbene Überreste definiert wird, bereits im Vorhinein beeinflusst werden (OMI 2005).

Zur Erfassung der Waldstruktur auf nicht betroffenen Bestandesflächen wurden in vorselektierten Untersuchungsarealen im Großraum Barnim auf 100 Untersuchungsflächen in Waldbeständen Angaben u. a. zum Bestandes-Typ, zur Schichtigkeit und Mischungsform, der Baumartenkomposition, der natürlichen Altersstufe und zum Schlussgrad zur Bestandesbeschreibung erfasst. Zusätzlich wurde ein einfaches Verfahren zur standardisierten Fotodokumentation entwickelt um die Feldarbeit zu dokumentieren und die Auswertung in Teilen zu automatisieren (Abb. 4).

Aus den Kronenraum-Fotografien wird mit Hilfe von Bildauswertungsalgorithmen die relative Kronenüberschirmung extrahiert.

Felddaten zur Brennmaterialtypisierung

Um ein verbessertes Verständnis für die Auswirkungen von waldbaulichen und Feuer-Präventionsmaßnahmen auf die Ausbreitung von Feuern in mitteleuropäischen Wäldern zu schaffen wurde eine Quantifizierung der, für oberflächennahe Lauffeuer relevanten, brennbaren Biomasse in unterschiedlichen Waldtypen durchgeführt. Auf Untersuchungsflächen in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Brandenburg wurden Daten zu sechs Waldtypen (Buche, Eiche, Douglasie, Kiefer, Fichte, Tanne nach dominierender Baumart in der Baumschicht) erfasst. Auf insgesamt 167 Untersuchungsflächen wurden Streuprobe

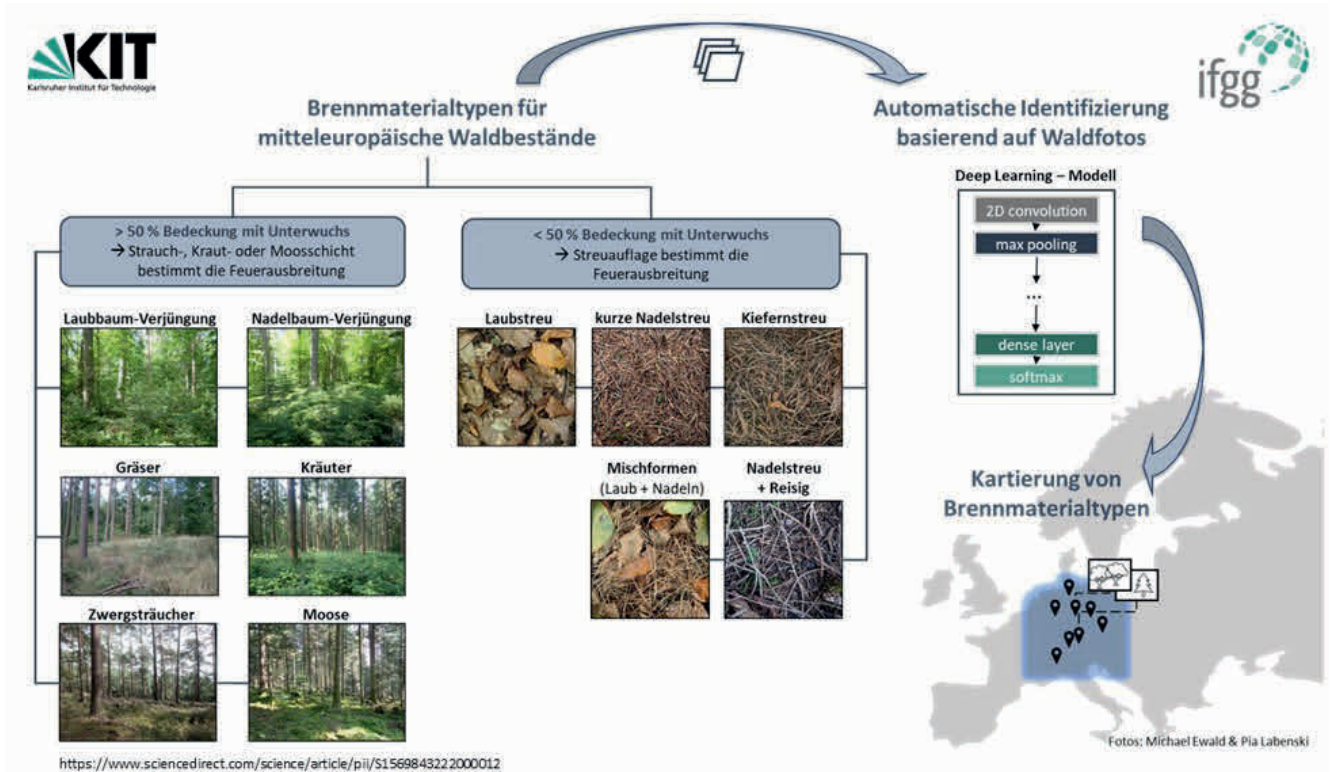


Abb. 5: Darstellung der unterschiedlichen Brennstofftypen für mitteleuropäische Wälder und die darauf basierende automatische Identifizierung der Bilder aus Abb. 3 und Abb. 4

nommen und die Biomasse im Unterwuchs und am Waldboden erfasst. Basierend auf den erhobenen Daten wurde in Zusammenarbeit mit Feuerexperten aus dem Mittelmeergebiet eine Einteilung von Brennstofftypen für mitteleuropäische Waldbestände vorgenommen (Abbildung 1).

Die Erhebung erfolgte getrennt in drei Klassen, welche unterschiedliche Biomassekomponenten repräsentieren (Kraut- und Strauchschicht, Streuauflage, Totholz). Zusätzlich erfolgte die Erfassung von Deckungsgraden in Moos-, Kraut- und Strauchschicht, sowie des prozentualen Kronenschlusses. Ein Brennstofftyp fasst Waldbestände zusammen, für die ein ähnliches Feuerverhalten zu erwarten ist. Basierend auf der Einteilung erfolgte, zusätzlich zu den Biomasseerhebungen, die direkte Bestimmung von Brennstofftypen.

Die Einteilung von Brennstofftypen für mitteleuropäische Waldbestände orientiert sich im wesentlichen an nordamerikanischen und mediterranen Klassifikationssystemen, da für diese Gebiete umfassende Information zum Brandverhalten in unterschiedlichen Vegetationstypen vorliegt. Eine der Grundannahmen ist, dass das Brandverhalten neben dem Wassergehalt insbesondere durch die Form und die Anordnung der Brennstoffmaterialien beeinflusst wird.

Abb. 6 zeigt, dass die Streuauflage mengenmäßig den größten Anteil des verfügbaren Brennstoffs annimmt. Die brennbare Biomasse im Unterwuchs (insb. Gräser, Sträucher, Naturverjüngung) kann das Brandverhalten jedoch auch bei vergleichsweise geringerem Anteil überproportional stark beeinflussen. Die Einteilung von Brennstofftypen berücksichtigt neben dem Streutyp deshalb auch unterschiedliche Unterwuchstypen.

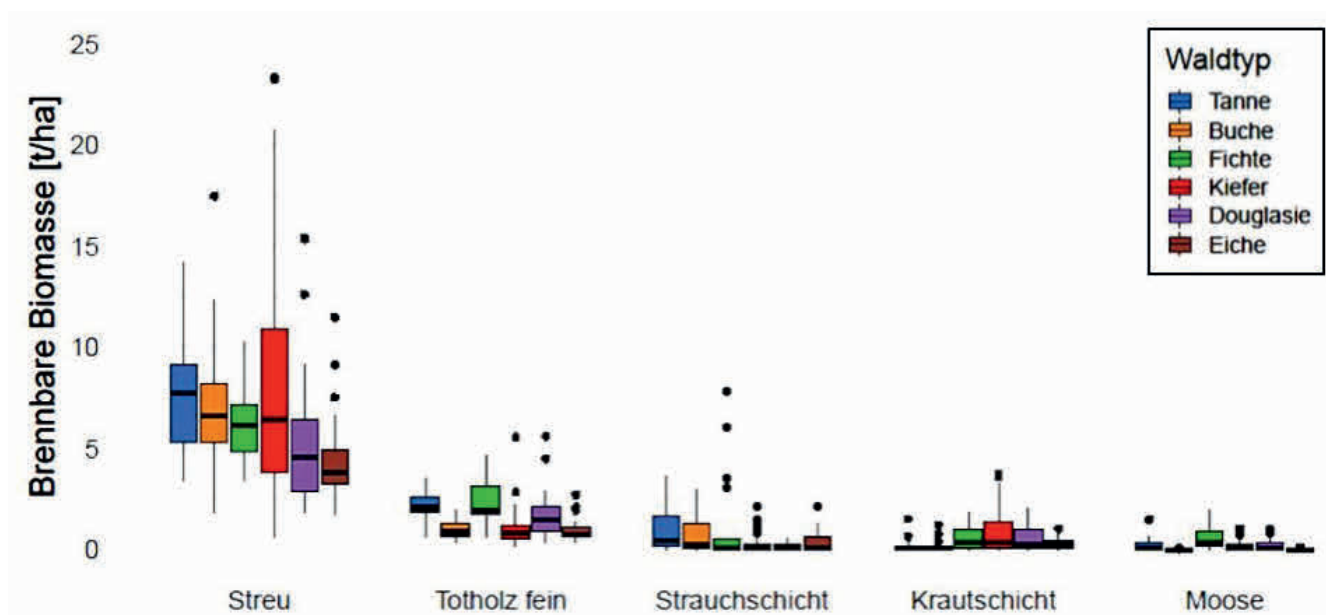


Abb. 6: Brennbare Biomasse in Tonne pro Hektar für unterschiedliche Anteile und Waldtypen

Verbrennungsversuche – Brennbarkeit von Streu

In experimentellen Labor-Untersuchungen wurde das Brandverhalten der Blattstreu forstwirtschaftlich relevanter Baumarten (Douglasie, Gemeine Fichte, Gemeine Kiefer, Rot-Buche, Roteiche, Traubeneiche, Weiß-Tanne) sowie Mischungen unterschiedlicher Streuarten untersucht (Insgesamt 80 Messungen von 16 Streuarten). Mit Hilfe eines Cone-Kalorimeters wurde der zeitliche Verlauf der Wärmefreisetzungsrate während des Verbrennungsvorgangs einer Probe der Fläche 10 cm × 10 cm aufgezeichnet, aus dem sich auch die maximale und die totale Wärmefreisetzungsrate bestimmen lässt. Darüber hin-

aus wurden die Entflammbarkeit (Zeit bis zur Entzündung unter Einwirkung eines konstanten Wärmeflusses von 35 kW/m²), der Verbrennungsrückstand (unverbrannter Massenanteil) sowie die Rauchfreisetzungsrates gemessen.

Die Verbrennungsversuche zeigten starke Unterschiede in den Verbrennungseigenschaften von Blattstreu unterschiedlicher Baumarten, der vor allem durch den Blatttyp (Laub, kurze und lange Nadelblätter) bestimmt wurde (Abb. 10). Lange Nadelstreu der Gemeinen Kiefer war gekennzeichnet durch eine schnelle Verbrennung mit hohen Wärmefreisetzungsraten, welche neben der geringen Lagerungsdichte wohl auf Blattinhaltsstoffe

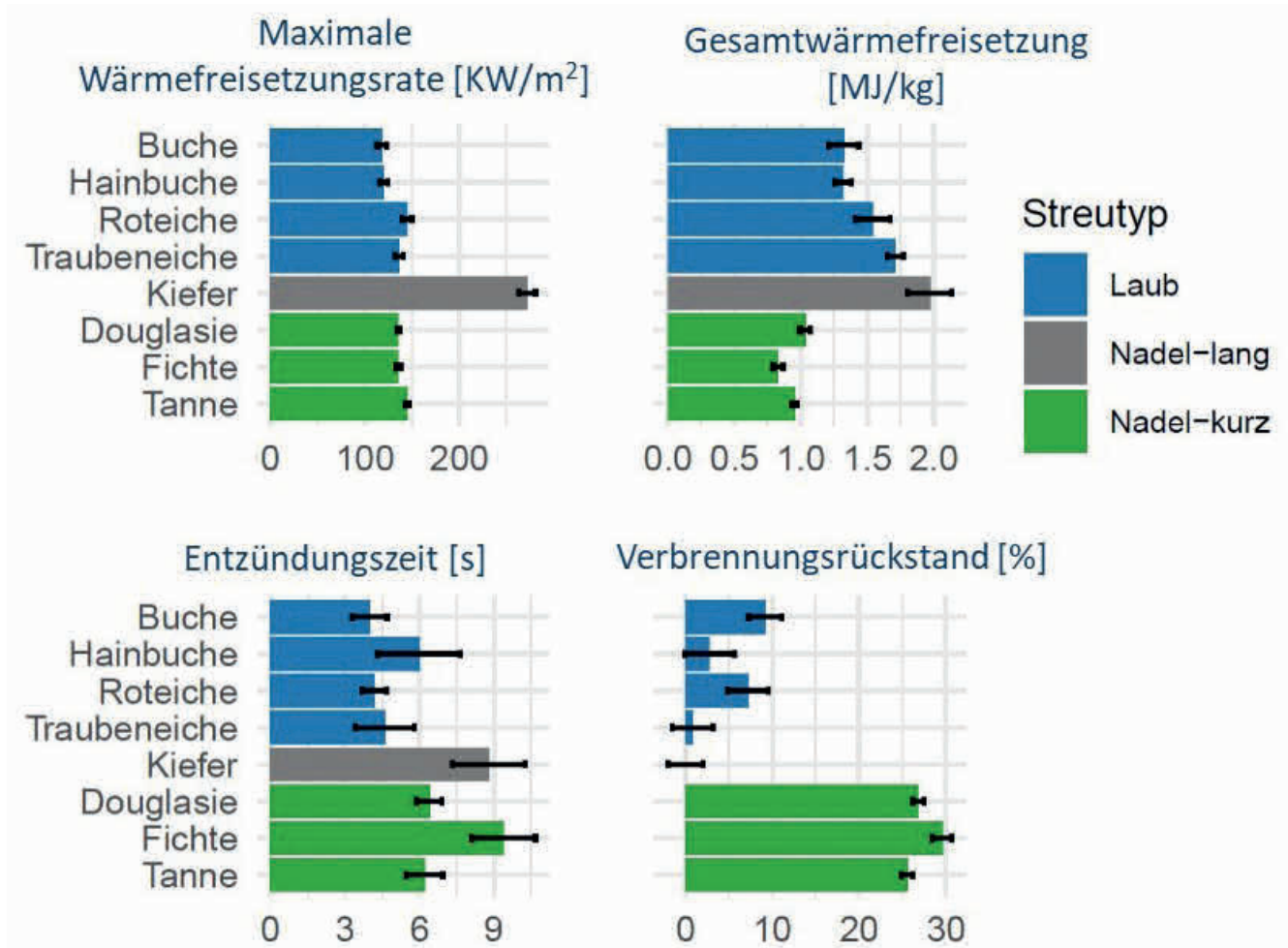


Abb. 7: Ergebnisse der Brandversuche im Labor für verschiedene Streuarten

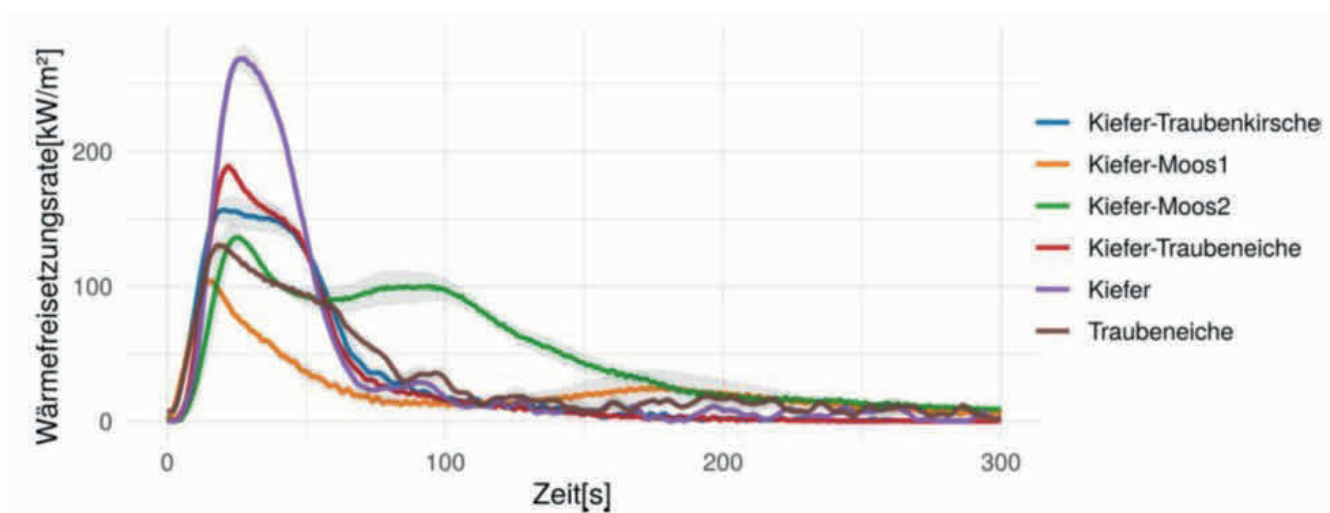


Abb. 8: Wärmefreisetzungsrate der unterschiedlichen Waldtypen im zeitlichen Verlauf

zurückzuführen ist. Kurze Nadelstreu von Douglasie, Gemeiner Fichte und Weiß-Tanne war dagegen gekennzeichnet von langsamer Verbrennung mit geringer Wärmefreisetzungsrate und relativ hohem Verbrennungsrückstand, was vermutlich auf eine schlechte Sauerstoffzufuhr in der dicht gepackten Nadelstreu-schicht zurückzuführen ist. Laubstreu wies im Vergleich zur Kiefernstreu ebenfalls eine deutlich geringere maximale Wärmefreisetzungsrate auf, war jedoch im Vergleich zu den anderen Streutypen leichter entzündlich. Die leichte Entflammbarkeit ist hier auf das hohe Fläche-Volumen Verhältnis zurückzuführen. Für Mischungen verschiedener Streutypen wurden in der Regel auch intermediäre Verbrennungseigenschaften festgestellt (Abb. 10, 11). Alle Kiefern-Laubblatt Mischungen verbrannten demnach mit signifikant geringerer maximaler Wärmefreisetzungsrate im Vergleich zur reinen Kiefernstreu. Gleichmaßen verringerte die Mischung der Kiefernstreu mit Moosen die Höhe der maximalen Wärmefreisetzungsrate. Allerdings stieg im Falle einer Mischung mit dem Moos *Pleurozium schreberi* auch die Entflammbarkeit signifikant an.

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Verbrennungseigenschaften stark vom Streutyp abhängen. Die schnelle Verbrennung mit hohen Wärmefreisetzungsraten der

Kiefernstreu deuten auf Brände mit hoher Intensität und Ausbreitungsgeschwindigkeit hin. Folglich könnte eine Mischung mit Laubstreu das problematische Brandverhalten von reiner Kiefernstreu etwas entschärfen. Allerdings können die Ergebnisse der Verbrennungsversuche aufgrund des stark vereinfachten Versuchsaufbaus nicht ohne weiteres auf größere räumliche Skalen übertragen werden. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass in echten Wäldern der Unterwuchs eine große Rolle bei der Feuer-ausbreitung spielt. Die Ergebnisse sollten daher im Rahmen von Freiland-Verbrennungsversuchen verifiziert werden.

Waldbrandursachen

Ein Blick in die jährliche Waldbrandstatistik zu den häufigsten Waldursachen verrät, dass menschliches Fehlverhalten für die Entstehung eines Großteils aller Waldbrände verantwortlich ist (Abb. 7). Zum Vergleich: unter 4% aller Brände der letzten 20 Jahre konnte auf Blitzeinschläge zurückgeführt werden.

Menschliches Fehlverhalten ist die häufigste Ursache für die Entstehung von Waldbränden in Brandenburg, wobei 46 % (= 5692) aller Waldbrände durch vorsätzliches oder fahrlässiges Handeln entstehen. Lediglich 7 % der Waldbrände entstehen durch Blitz-

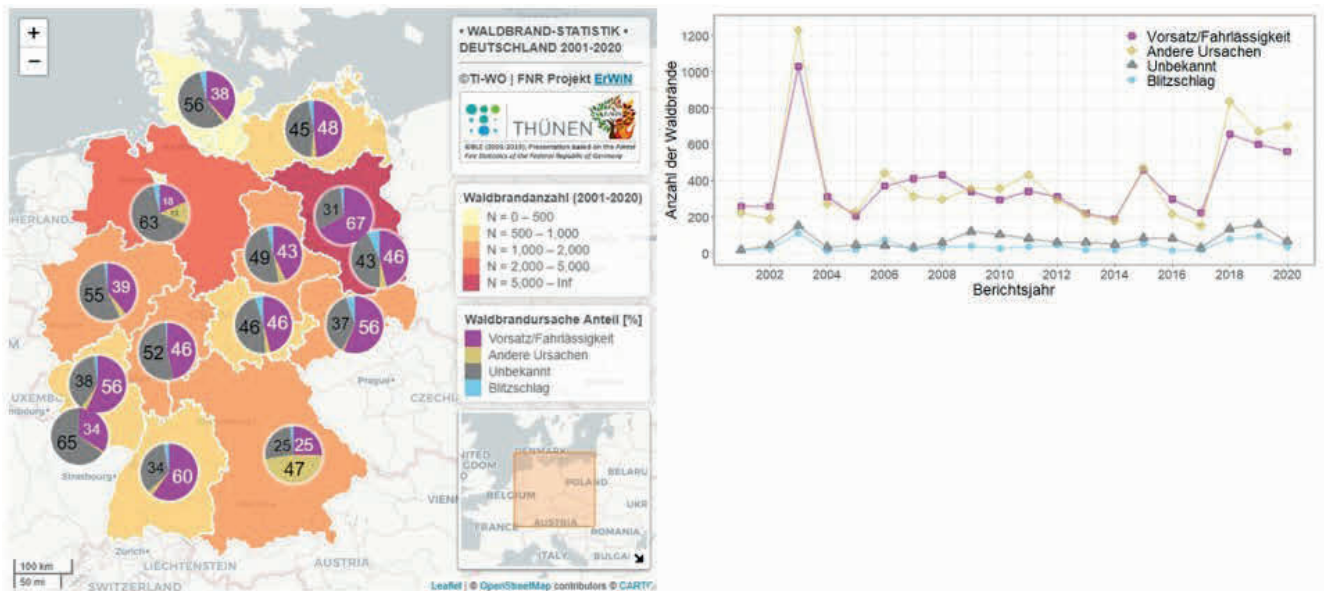


Abb. 9: Ursachen von Waldbränden der Jahre 2001 bis 2020 nach Bundesland (links) und im zeitlichen Verlauf (rechts)

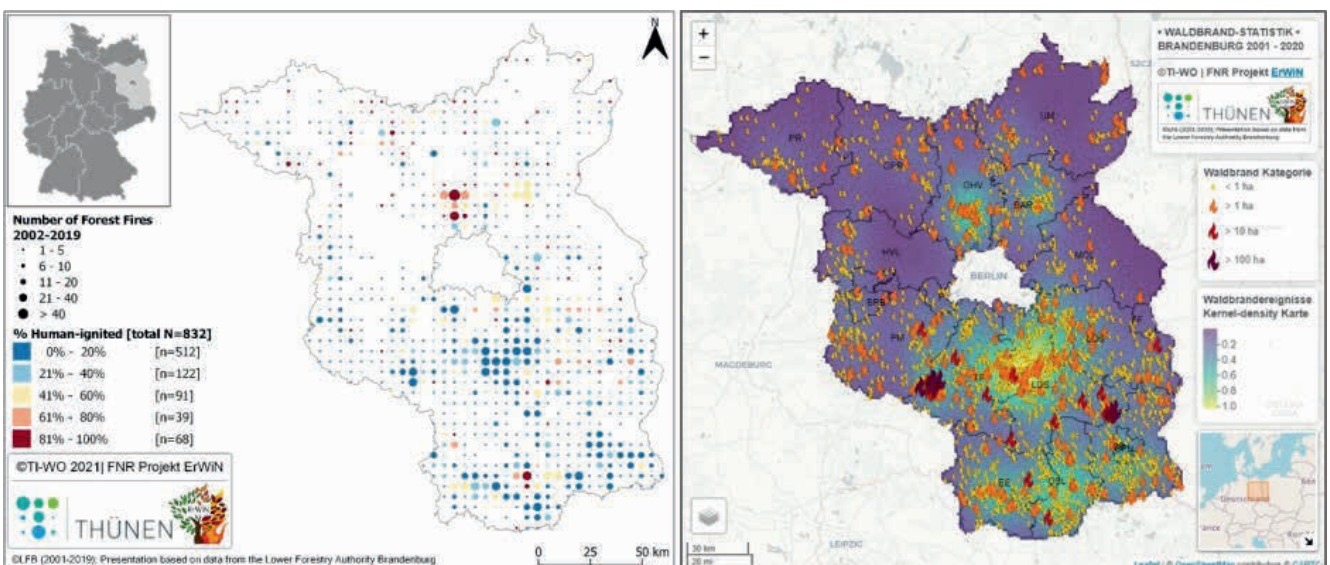


Abb. 10: Übersicht über den prozentualen Anteil von anthropogen verursachten Bränden in Brandenburg von 2002 bis 2019 (links) und der Waldbrandkategorie (rechts)

schlag. Die Geodatenanalyse zeigt, dass Waldbrände in Brandenburg gehäuft in Siedlungsnähe auftreten (Abb. 1 links) – wobei die flächenmäßig größten Brände in Waldgebieten mit Munitionsbelastung, etwa auf ehemaligen Truppenübungsplätzen registriert wurden (Abb. 1 rechts).

Literatur

ADÁMEK, M.; HADINCOVÁ, V.; & WILD, J. (2016): Long-term effect of wildfires on temperate *Pinus sylvestris* forests: Vegetation dynamics and ecosystem resilience. *Forest Ecology and Management*, 380, 285-295.

BARTH, N. (2022): „Der kritische Vegetationsbrand,“ *Brandschutz*, Nr. 9, 2022.

EWALD, M.; LABENSKI, P.; WESTPHAL, E.; METZSCH-ZILLIGEN, E.; GROSSHAUSER, M.; FASSNACHT, F. E. (2023): Leaf Litter Combustion Properties of Central European Tree Species, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad026>.

GNILKE, A.; SANDERS, T. G. M. (2021): Waldbrandhistorie in Deutschland (2001-2020). Project Brief Thünen Institut für Waldökosysteme 2021/32, DOI:10.3220/PB1636642797000 https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn064173.pdf

GNILKE, A.; LIESEGANG, J.; SANDERS T. G. M. (2022): Waldbrandprävention durch waldbauliche Maßnahmen. Project Brief Thünen Institut 2022/24, DOI:10.3220/PB1658237571000 https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn065094.pdf

LABENSKI, P. et al: Classifying and mapping fuels in central European forests, EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-8886, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8886>, 2021.

LABENSKI, P.; EWALD, M.; SCHMIDTLEIN, S.; FASSNACHT, F. E. (2022): Classifying Surface Fuel Types Based on Forest Stand Photographs and Satellite Time Series Using Deep Learning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 109:102799. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102799>.

OMI, PHILIP N. (2005): *Forest fires. A reference handbook*. Santa Barbara, Calif: ABC-CLIO (Contemporary world issues). Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10183957>.

PERINGER, A.; SCHULZE, K. A.; GIESBRECHT, E.; STANIK, N.; ROSENTHAL, G. (2019): „Wildes Offenland“. Bedeutung und Implementierung von „Störungen“ für den Erhalt von Offenlandökosystemen in ansonsten nicht gemanagten (Schutz-)Gebieten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN-Skripten; 526).

STEINFÜHRER, A.; BRAD, A.; (2022): Freiwillige Feuerwehren. In: Neu C (ed) *Handbuch Daseinsvorsorge: ein Überblick aus Forschung und Praxis*. Berlin: VKU; pp 130-14.

Perspektiven und Grenzen im Umgang mit kampfmittelbelasteten Waldflächen am Beispiel Mecklenburg-Vorpommerns – Erarbeitung von Standards zur Waldbrandvorbeugung

Elisabeth Hans

Einführung

Die Gestaltung des vorbeugenden Waldbrandschutzes und der Waldbrandnachsorge ist unter den veränderten klimatischen Voraussetzungen neu zu bewerten und unter Einbeziehung neuer Erkenntnisse und Verfahren zu modifizieren. Dafür wurden im Sommer 2020 mit dem Waldbrandschutzprojekt THOR neue Fachstellen mit unmittelbarer Anbindung an die forstliche Praxis etabliert. Ziele des Drittmittelprojektes sind es, sowohl Defizite herauszuarbeiten und sukzessive abzubauen als auch neue Strategien zu entwickeln. Für verschiedene Bereiche des Waldbrandschutzes werden angepasste Handlungsempfehlungen erstellt. Diese leiten sich auch aus praxisbezogenen Maßnahmen ab. Das Projekt wird über einen Zeitraum von fünf Jahren (Mai 2020 – April 2025) durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz über den Waldklimafonds bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) gefördert.

Im Folgenden soll ein Auszug zum Forschungsvorhaben THOR und den Untersuchungen für ausreichende Waldbrandprävention auf kampfmittelbelasteten Flächen gegeben werden.

Projekthintergrund

Auf Grundlage verschiedener Szenarien belegen Klimamodelle für Mecklenburg-Vorpommern eine Zunahme der Gefährdung der Wälder durch Waldbrände, da die Zündbereitschaft mit steigender Lufttemperatur und sinkender relativer Luftfeuchte steigt (KÖNIG 2007). Mit der konzeptionellen Umsetzung zum vorbeugenden Waldbrandschutz liegt der Fokus des Projektes aber nicht nur in der Ermittlung von Ergebnissen, sondern auch darin, Lösungsansätze im Management mit kampfmittelbelasteten Waldflächen zu finden. Hintergrund ist auch der Großbrand auf der Naturerbfäche Lübtheener-Heide, der sich im Juni 2019 bis auf 944 ha ausdehnte. Der Großbrand hatte die Evakuierung von rund 800 Personen in den umliegenden Ortschaften zur Folge. Die zu dem Zeitpunkt unzureichenden vorbeugenden Waldbrandschutzmaßnahmen sowie die Kampfmittelbelastung begünstigten die Ausbreitung des Feuers auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz. In der wichtigen Phase der Erstbekämpfung schränkte der hohe Sicherheitsabstand von 1.000 m um das Gefahrenobjekt den Einsatz ein (FwDV 500 2012). Insgesamt waren ca. 3.000 Feuerwehrkräfte beteiligt. Auch durch den Einsatz von mehreren Bergepanzern, ermöglicht durch die technische Unterstützung der Bundeswehr im Rahmen der Amtshilfe

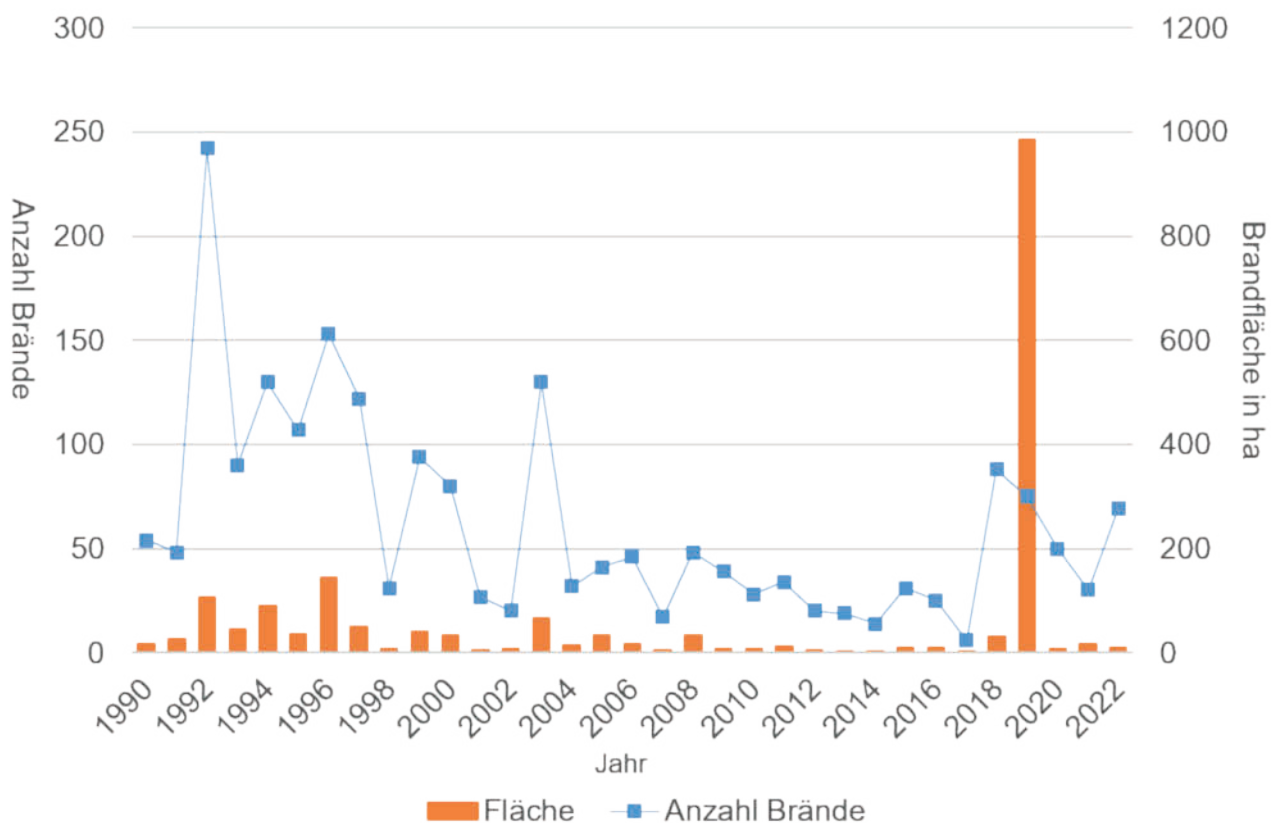


Abb. 1: Waldbrandstatistik Gesamtwald MV 1990 bis 2022 (Stand 01.12.2022, LANDESFORST MV)

zur Bewältigung des ausgerufenen Katastrophenfalles, konnten unverzüglich Wundstreifen auf den stark kampfmittelbelasteten Flächen angelegt werden. Diese erwiesen sich im weiteren Verlauf der Brandbekämpfung als entscheidend zur Eindämmung des Großbrandes.

Aktuelle Waldbrandsituation M-V

Für eine Einschätzung des momentanen Trends zum Waldbrandgeschehen ist in Abb. 1 die Waldbrandstatistik für den Gesamtwald MV 1990 bis 2022 dargestellt.

Die Einschätzung ist durch den Einfluss der Kampfmittelbelastung kritisch zu bewerten. Eine Verzerrung der statistischen Auswertung wird vor allem durch den Großbrand bei Lübbtheen erzeugt. Ohne die Waldflächen mit Kampfmittelaltlasten werden jährlich durchschnittlich 37 Brände auf 13 ha ermittelt. Damit liegt die Flächengröße des Einzelbrandes im Durchschnitt bei lediglich 0,32 ha.

Untersuchungsgebiet

Im Teilvorhaben 1 des Waldbrandschutzprojektes THOR werden Präventions- und Nachsorgestrategien anhand praktischer Anwendungen umgesetzt und durch zielgruppenspezifischen Wissenstransfer zugänglich gemacht. Die Erarbeitung der Fallstudien findet bei der Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern im Forstamt Kaliß statt. Geographisch liegt das Forstamt im Südwesten Mecklenburg-Vorpommerns an der Grenze zu Brandenburg und Niedersachsen. Vielfach prägen Dünenansammlungen die nährstoffarme Modellregion „Griese Gegend“. Mit einer Bestockungsstruktur, welche durch etwa 90 % einschichtige Kiefernwälder gekennzeichnet ist, sind alle Reviere in der Gebietskulisse des hohen Waldbrandrisikos eingeordnet (Abb. 2).

Zudem ist dort ein hoher Anteil an kampfmittelbelasteten Waldflächen ausgewiesen worden. Diese Regionen, die sich schon jetzt durch Trockenheit auszeichnen, werden in der Zukunft bedingt durch den Klimawandel einer extremen Waldbrandgefährdung ausgesetzt sein (BLE 2021).

Forschungsziele und Umsetzung

Die übergeordnete Zielstellung ist die anwendungsbezogene Überführung der Ergebnisse in die Praxis der Waldbrandvorbeugung. Mit dem Projekt werden Handlungsempfehlungen in den Bereichen Waldbrandprävention, praxisbezogene Erforschung und Wissenstransfer erarbeitet. Die Bündelung des Wissens baut auf bisherigen Anleitungen für effektive Waldbrandprävention und vorhandener Fachliteratur sowie den aktuellen Maßnahmen zum Waldbrandschutz der Bundesländer auf. Nach einer Stärken-Schwächen-Analyse werden die vorhandenen Ergebnisse geprüft und anschließend an aktuelle Rahmenbedingungen angepasst. Zudem belegen die Erfahrungen aus dem Waldbrandgeschehen in Lübbtheen die besondere Bedeutung einer engen Verzahnung von theoriebasierter Forschungsarbeit und Wissenstransfer an die handelnden Akteure der Praxis.

Waldbauliche Präventionsmaßnahmen

Vielorts sind die bekannten Elemente des Waldbrandschutzes in den letzten Jahren in Vergessenheit geraten oder nur reduziert angewendet worden.

Im Projekt THOR werden diese Erfahrungen wieder zur Anwendung gebracht. Anhand eines modellhaften Waldbrandriegelkomplexes werden praktische Erfahrungen gesammelt und über den Projektzeitraum hinaus als Anschauungs- und Lehrobjekt verfügbar gemacht. Dafür wird ein kombiniertes System

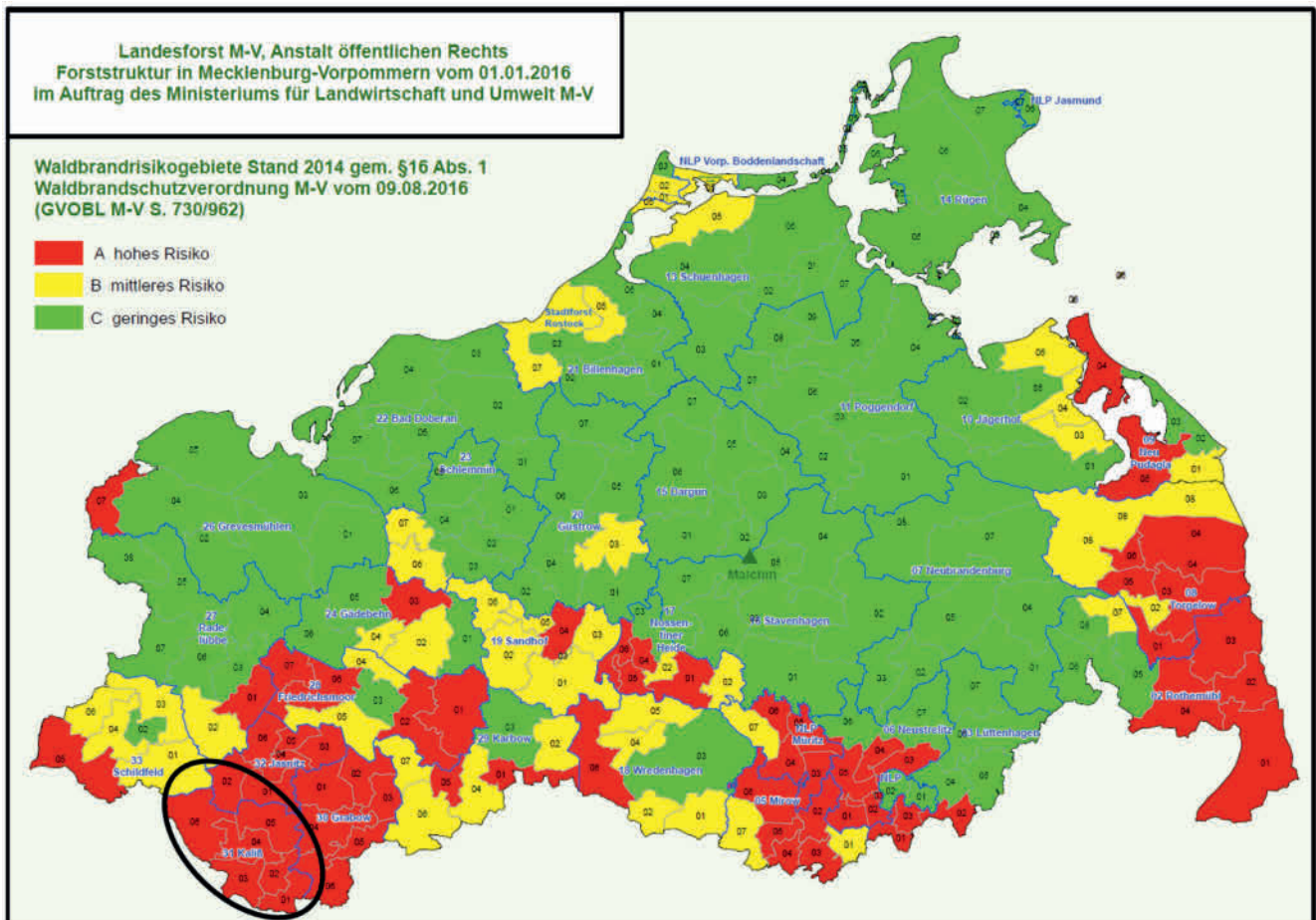


Abb. 2: Waldbrandrisikogebiete gem. WaldBrSchVO M-V – mit Lage der Modellregion Griese Gegend, Forstamt Kaliß (LaFoA M-V 2016)

aus Waldbrandschutzweg, Wundstreifen und Schutzstreifen geschaffen. Ziel ist es, ein Vollfeuer in ein Bodenfeuer zu überführen, sodass dieses durch die Feuerwehreinsatzkräfte leichter bekämpft werden kann. Je nach Hauptwindrichtung (i.d.R. West/Ost) sollte ein Waldbrandriegel senkrecht dazu verlaufen, sodass die Funktionalität der Sperrwirkung vollends greift. Durch Einbeziehen der Expertise von Fachleuten und der Rücksprache mit Vertretern der Feuerwehren werden einzelne Merkmale auf Zweckmäßigkeit geprüft und ggf. angepasst. Schwerpunktmäßig ist das Anwenden der Systeme in Gebieten mit hohem Waldbrandrisiko (v. a. junge, dichte Kieferbestände) zu empfehlen.

Technische Präventionsmaßnahmen

Um Handlungsempfehlungen zu technischen Waldbrandvorgehensmaßnahmen geben zu können, werden Löschwasserentnahmestellen im Wald nicht nur geplant und angelegt, sondern nachfolgend hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile analysiert. Zu beachtende Daten sind bei dem Bau von Tiefbrunnen z. B. Informationen zur Stromerzeugung, zu notwendigen Anschlüssen und Genehmigungen oder zur Fördertiefe. Im Rahmen der Aktualisierung zur Waldbrandeinsatzkarte M-V 2023 wurde eine Inventur der Löschwasserteiche im Forstamt Kaliß durchgeführt. Dabei wurde die Problematik der unzureichenden Tiefe und einsetzender Verlandung der Gewässer festgestellt. Eine Instandsetzung ist vielerorts bereits durch Vorgaben des Biotop- bzw. Artenschutzes nicht ohne Weiteres durchführbar. Demnach werden positive naturschutzfachliche Wechselwirkungen im Zusammenhang mit Modernisierungsmöglichkeiten untersucht, welche sowohl dem Artenschutz als auch dem Waldbrandschutz förderlich sind. Bei dem Bau von unterirdischen Löschwasserbehältern werden Entscheidungshilfen vor allem für DIN-Vorgaben, für Förderungsmöglichkeiten oder auch für entsprechende Informationen zur Frostfreiheit und Entlüftungsmöglichkeiten formuliert. In Abbildung 3 wird beispielhaft der Bau einer Zisterne im Jahr 2022 im Forstamt Kaliß mit einem Nutzvolumen von ca. 79.000 l dargestellt.



Abb. 3: Unterirdischer Löschwasserbehälter Modellregion Forstamt Kaliß (Foto: THOR 2022)

Kampfmittelbelastungssituation des Landes M-V

In Mecklenburg-Vorpommern sind 90.000 ha (3,88 %) der Landesfläche als kampfmittelbelastet beschrieben (rote Markierungen in Abb. 4). 28.400 ha Waldfläche sind besonders stark belastet und werden in die höchste Kategorie 4 (Kat. 4) der Kampfmittelbelastung eingeteilt. Rund 11.500 ha davon liegen im Eigentum der Landesforst M-V.

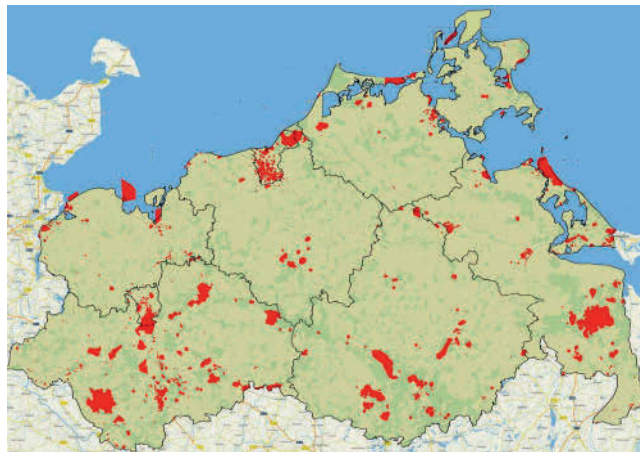


Abb. 4: Kampfmittelbelastung der Wälder in M-V (MOLLITOR 2019)

Die Bewertung der baufachlichen Richtlinie Kampfmittelräumung (BFR KMR, 2018) definiert für Kategorie 4, dass die festgestellte Kampfmittelbelastung eine Gefährdung darstellt und eine Beseitigung erfordert. Das Risiko, dass es auf diesen Flächen durch physische und thermische Einwirkung zu Explosionen und dem Austreten von giftigen Brandgasen kommt, ist erhöht. Die Feststellung von Kampfmitteln, die Bewertung und Gefährdungseinschätzung der Belastung obliegt dem Munitionsbergungsdienst M-V (MBD). Auf Grundlage dieser Einschätzungen setzt die Landesforstanstalt M-V seit Mitte des Jahres 2019 die Bewirtschaftung des Waldes auf Kategorie-4-Flächen aus (MOLLITOR 2019). Dies beeinträchtigt in erheblichem Maße auch die Umsetzung von Waldschutzmaßnahmen. Außerdem ist bei einer Brandbekämpfung der Abstand vom Gefahrenobjekt von mindestens 300 m einzuhalten (FwDV 500 2012). Eine direkte Bekämpfung ist aus dieser Entfernung technisch nicht umsetzbar. Da die belasteten Flächen zu großen Teilen in Kiefernwäldern mit dem höchsten Waldbrandrisiko liegen, sind das Brandpotenzial und die Wahrscheinlichkeit einer flächigen Ausdehnung der Brände erhöht.

Potenziale und Grenzen im Umgang mit kampfmittelbelasteten Waldflächen

Die Realisierung der beschriebenen Waldbrandpräventionsmaßnahmen ist auf Waldflächen mit Kampfmittelbelastung der Kategorie 4 aufgrund der skizzierten Restriktionen nicht ohne Weiteres machbar. Denn auch auf den Flächen, auf denen in den letzten Jahrzehnten reguläre Waldwirtschaft betrieben wurde, sind alle Eingriffe der Holzernte, der Waldpflege und der Waldverjüngung im Landeswald vorerst ausgesetzt.

Etwa 700 ha stark munitionsbelastete Waldflächen sind im Bereich der Modellregion und des Forstamtes Kaliß dokumentiert. Der voraussichtliche Zeitraum zur Beräumung von Kat.-4-Flächen für Landes-, Kommunal- und Privatwaldflächen in einem Radius von bis zu 1.000 m um Ortschaften herum beträgt ca. 20 Jahre (MBD 2022). Alternativlos ist es notwendig, die Gefahren Druckwirkung und Splitterflug, die durch das Einwirken forstlicher Maßnahmen auf Kampfmittel entstehen, zu erkennen. Durch die begrenzte Brandbekämpfung ist auch der Schutz der Bevölkerung bis zur vollständigen Kampfmittelfreiheit eingeschränkt. Es gilt also, die Handlungsmöglichkeiten herauszuarbeiten und praktisch realisierbar zu machen.

Um den Herausforderungen im Umgang mit Kampfmittelbelastung auf Waldflächen zu begegnen, werden von THOR drei Strategien fokussiert:

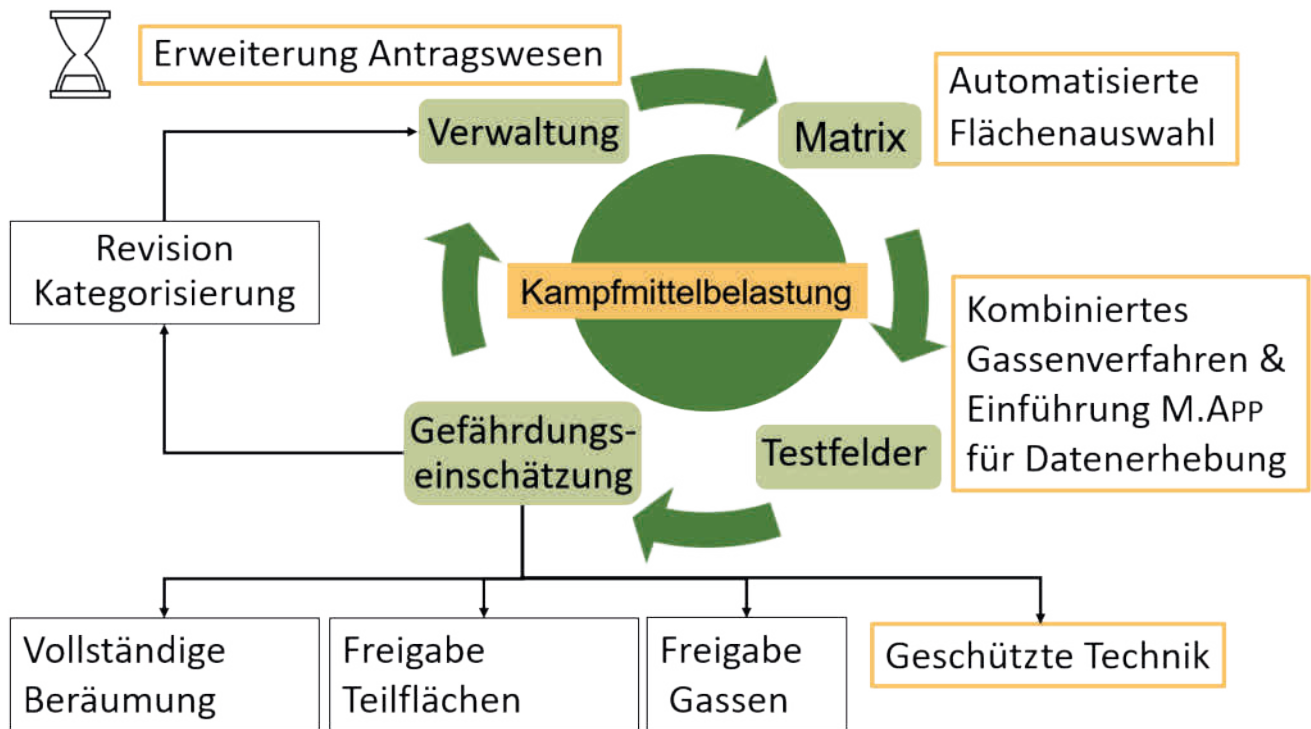


Abb. 5: Handlungsablauf für Räumung kampfmittelbelasteter Flächen (THOR 2023)

Schwerpunkt vollständige Räumung

Da die Fachaufsicht im Land M-V für alle Räumaufträge und Räumstellen beim MBD liegt, spielt die Zusammenarbeit zur Entwicklung effektiver Methoden eine maßgebliche Rolle. Dafür wurde eine Fachstelle der Projektmitarbeit THOR direkt bei der zuständigen Behörde angesiedelt, um zur Unterstützung der Workflows und zur Erarbeitung einer automatisierten Priorisierung aller munitionsbelasteten Flächen beizutragen. Die Abbildung 5 gibt einen Überblick zum Handlungsablauf für kampfmittelbelastete Flächen und die Tätigkeitsfelder des

anschließenden Räummaßnahmen zu einer Revision der Kategorisierung. Im Wesentlichen soll die Abfolge nicht nach dem „First-come-first-served-Prinzip“, sondern nach sinnvollen festgelegten Standards der sogenannten Bewertungsmatrix abgehandelt werden.

Dabei soll die Matrix mit der automatisierten Priorisierungsbildung eine nachvollziehbare Reihenfolge festlegen, um Flächen mit dem höchsten Gefahrenpotenzial zuerst zu beräumen. Die Eingangsvoraussetzung ist die Kampfmittelbelastungskategorie 4 im 1.000 m Radius um Ortschaften.

	Belastungsstufe	Waldfunktion	Waldbrandrisiko	Infrastruktur
Brandbegünstigende Biomasse				
Waldflächenbewertung	↻	↻	↻	
Erschließung				
	Kaum Gefährdung	Gefährdung niedrig	Gefährdung hoch	

Abb. 6: Schematische Darstellung Bewertungsmatrix zur Priorisierung der zu räumenden Waldflächen (THOR 2023)

Räumungsprozesses. Die Impulssetzungen, welche durch die Projektmitarbeit begleitet werden, sind jeweils orange hervorgehoben. Zum einen wird eine Erweiterung im Antragswesen angestrebt. Dafür wird der Entscheidungsbaum zur Notwendigkeit forstlichen Handelns eingeführt, und die relevanten Verfahren werden standardisiert. Zum anderen wird eine EDV-basierte Variante (M. App) zur Anwendung gebracht, mit der die Datenauswertung aus der Testfelddokumentation vereinfacht wird. Die Etablierung der Testfeldpraxis, ausgeführt als Stichprobenverfahren, führt nach Gefährdungseinschätzung und

Ein Algorithmus zur Risikoabwägung anhand von Gefahrenparametern wird erstellt, wobei die einzelnen Bewertungskriterien nicht kontinuierlich, sondern je nach Gewichtung als Ränge und in einem Punktesystem eingestuft werden.

In Abbildung 6 sind auf der x-Achse die Daten dargestellt, welche fixiert aus Datenbanken und Kampfmittelkataster übernommen werden können. Es handelt sich dabei um Informationen zu Art und Herkunft der Kampfmittel. Die Kategorie Infrastruktur bezieht sich auf systemrelevante Anlagen, wie „kritische Infra-

struktur“ mit erhöhtem Störungsrisiko und Störfallanlagen. Aber auch die Bevölkerungsdichte wird miteinbezogen. Ferner werden weitere Kriterien forstlicher Belange evaluiert und anhand der Bewertungsfaktoren einer Gewichtung zugeteilt.

Geordnet werden die Flächen anhand eines Gradienten zur Waldbrandgefährdung. Vorwiegend in Beständen, welche noch nicht erschlossen sind oder bei denen die Phase der Jungwuchs- oder Jungbestandspflege noch nicht durchgeführt werden konnte, besteht ein erhöhtes Brandpotenzial. Die Einschätzungen zur Waldflächenbewertung und der forstlichen Pflegedringlichkeit sollen mithilfe des Prinzips zur Alternativenprüfung in die Priorisierungsmatrix einfließen.

Schwerpunkt Sonderkonzepte

Die meisten Landesforstflächen wurden in der Vergangenheit bewirtschaftet und sind daher bereits feinerschlossen. Nicht immer kann die tatsächliche Kampfmittelbelastung auf Waldflächen der Kategorie 4 eindeutig beziffert werden, sondern sie differiert von Fall zu Fall stark. Durch schnelle Klärung der Gefährdungssituation auf den Gassen sollen Teilflächen ganz oder teilweise wieder in Bewirtschaftung genommen werden können. Dafür wird das Standardverfahren des MBD zur Ermittlung der Belastungsstärke durch Testfeldsondierung erweitert und die Stichproben werden zusätzlich auf Rückegassen gelegt. Nach erneuter Gefährdungseinschätzung können die bereits sondierten Gassentestfelder dann für die Bewirtschaftung der Maschinen freigegeben werden. Für ein unabhängiges Arbeitsverfahren werden weitere Sonderkonzepte geprüft und Spezialforstmaschinen getestet. Durch das Beräumen der Störkörper auf den Gassen können trotz eventueller Fundmunition und ausbleibender Herabstufung die Bewirtschaftung innerbetrieblich freigegeben und der Maschineneinsatz auf Gassen durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang ist die Zielstellung, dass die erforderlichen Waldbrandschutzmaßnahmen, wie z. B. die Anlage von Waldbrandschutzstreifen, auch ohne eine vorherige vollständige Kampfmittelräumung realisiert werden können.

Schwerpunkt Erprobung geschützter Technik

Ein weiterer Ansatz im Forschungsprojekt THOR ist die Recherche, Erprobung und Auswertung der Einsatzmöglichkeiten von geschützten Forstspezialmaschinen. Die Maschinen weisen eine besondere Maschinenführersicherung durch konstruktive

Schutzvorrichtungen auf, sodass das Risiko der schädigenden Wirkung durch Detonation der Kampfmittel verringert wird. So wird beispielsweise der Unterbodenschutz durch Stahlplatten an Fahrwerk, Wanne und Laufwerk erweitert oder die Verglasung der Kabine mit durchschusshemmendem Verbund Sicherheitsglas ausgebaut.

Für eine Fallstudie des THOR-Projektes wurden durch den Holzeinschlag auf kampfmittelbelasteter Fläche Brandlasten gesenkt und Möglichkeiten zur Etablierung weiterer Schutzelemente im Zuge des vorbeugenden Waldbrandschutzes geschaffen. Der gesamte Eingriff verlief ohne Komplikationen.

Durch die praktische Anwendung dieser Technik in der Modellregion können die fachlichen Eignungen und betriebswirtschaftlichen Aspekte auf Übertragbarkeit geprüft werden.

Schlussfolgerung

Die Konzeptentwicklung zur Beräumung der kampfmittelbelasteten Waldflächen auf Landesebene ist ein dynamischer Prozess. Ohne die Eigeninitiative des Flächeneigentümers wird sich allerdings am Status quo mittel- und langfristig vielfach nichts verändern. Deswegen müssen Lösungsansätze zur Bewirtschaftung und Brandbekämpfung gefunden und umgesetzt werden (Abb. 7).

Die tatsächliche Belastung sollte zeitnah durch Testfeldverfahren und angepasste Konzepte ermittelt werden, damit die erforderlichen Präventionsmaßnahmen umgesetzt werden können. Die THOR-Recherche bezüglich geschützter Technik konnte deutschlandweit lediglich einige wenige Dienstleistungsunternehmen registrieren. Zur Vereinfachung der Nachrüstungsbedingungen und zur Erarbeitung von Finanzierungsmodellen werden Standardisierungsmechanismen untersucht.

Aufgrund der großen finanziellen Spanne der Einzelverfahren ist es jedoch schwierig, Rentabilitäts- oder Opportunitätskosten zu quantifizieren. Jedoch dienen die Einsätze als Fallstudien für Fortschritt und Innovation auf diesem Gebiet und stellen die Grundlage für weitere Studien dar. Durch Adaption der Arbeitsverfahren und Schutzeinrichtung wird davon ausgegangen, dass aus diesen Voraussetzungen die Betriebsanweisung für maschinelle Holzernte und Holzbringung auf kampfmittelbelasteten Flächen zusammengestellt werden kann.



Abb. 7: Zusammenfassende Darstellung zu Perspektiven und Grenzen im Umgang mit kampfmittelbelasteten Waldflächen (THOR 2023)

Durch die beispielhafte Etablierung von unterschiedlichen Präventionsmaßnahmen in der Modellregion wird über den Projektzeitraum hinaus ein Beitrag für eine zügige und konsequente Umsetzung von wichtigen Waldbrandschutzmaßnahmen in der forstlichen Praxis angestrebt. Dabei wird die Übertragbarkeit der Projektergebnisse auch auf andere waldbrandgefährdete Regionen mit ähnlichen oder abweichenden Rahmenbedingungen durch Optionen für spezifische Modifikationen gewährleistet.

Projektlink

<https://www.thor-waldbrandschutz.de/>

Literaturverzeichnis

BFR KMR (2018): Baufachliche Richtlinien Kampfmittelräumung, Arbeitshilfen zur Erkundung, Planung und Räumung von Kampfmitteln auf Liegenschaften des Bundes. Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat (BMI) und Bundesministerium der Verteidigung (BMVg).

BLE (2021): Waldbrandstatistik 2020. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; Daten, Berichte: https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Wald/wald_node.html, abgerufen am 12.02.23.

FNR (2020): Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V.; Martina Plothe: <https://news.fnr.de/fnr-pressemitteilung/schutzstreifen-loeschwasser-feuerbestaendige-technik-besser-gegen-waldbraende-gewappnet-sein>, abgerufen am 11.02.2023.

FwDV 500 (2012): Feuerwehr-Dienstvorschrift FwDV 500 „Einheiten im ABC – Einsatz“. Empfehlung Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV).

KÖNIG, H.-C. (2007): Waldbrandschutz. Kompendium für Forst und Feuerwehr. Berlin: Fachverlag Matthias Grimm Berlin. 46 S.

LFoA (2016): Waldbrandrisikogebiete Stand 2014 gem. §16 Abs. 1 Waldbrandschutzverordnung M-V vom 09.08.2016 (GVOBL M-V S. 730/962): https://www.wald-mv.de/static/WALDMV/Inhalte/Waldprojekte/Waldbrandschutz/Waldbrandrisikogebiete_nach_Forstrevieren_2017.pdf, abgerufen am 12.01.23.

MOLLITOR, R. (2019): Kampfmittelbelastung der Wälder in Mecklenburg-Vorpommern, https://www.unfallkasse-mv.de/fileadmin/user_upload/Vortrag_Forstamtsleiter_2019a_-_Mollitor__Leiter_MBD_MV.pdf, abgerufen am 01.02.2023.

MBD (2022): Kriegslasten in Wäldern, Ostseezeitung 22.05.2022 Granaten, Bomben, Munition in MV: In 20 Jahren sollen etliche Kampfmittel verschwinden, <https://www.ostsee-zeitung.de/mecklenburg-vorpommern/granaten-bomben-munition-in-mv-in-20-jahren-sollen-kampfmittel-verschwinden-ICQ4V4CR3AL-MOW3GDAS46257J4.html>, abgerufen am 12.03.23.

WALDBRSCHVO (2016): Waldbrandschutzverordnung MV. Verordnung zur Vorbeugung und Bekämpfung von Waldbränden: <https://www.landesrecht-mv.de/bsmv/document/jlr-WaldschutzVMV2016pP16>, abgerufen am 12.02.23.

Fünf Jahre nach dem Großbrand in Treuenbrietzen – Wie sieht es unter der Bodenoberfläche aus?

Katharina Pötter Krouse, Jens Hannemann

Einleitung

Im Jahr 2022 wurden 507 Waldbrände mit einer Gesamtfläche von 1411 ha in Brandenburg erfasst. Sieben dieser Waldbrände können als Großbrände bezeichnet werden und bewegten sich zwischen einer Größe von 30 bis 422 ha (Landesbetrieb Forst Brandenburg). Wärmere, trockenere Sommer erhöhen nicht nur in Brandenburg, sondern auch in ganz Deutschland das Waldbrandrisiko (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung 2023). Dieser steigenden Gefahr steht ein Mangel an Wissen gegenüber, welcher sowohl die Forstpraxis, als auch Organisationen der Gefahrenabwehr betrifft. Im Verbundprojekt ErWiN (Erweiterung des ökologischen, waldbaulichen und technischen Wissens zu Waldbränden) werden wichtige Grundlagen für den wissensbasierten Umgang mit Waldbränden in den Bereichen Waldbau und Brandbekämpfung geschaffen. In Abbildung 1 sind die Arbeitspakete mit den entsprechenden Projektpartnern zusammengefasst.

Versuchsdesign

Versuchsflächen

Nach dem Großbrand von ca. 334 ha im August 2018 in Treuenbrietzen wurde im Mai 2021 im Rahmen des ErWiN Projekts ein Versuchstransect entlang der von Eogreen Analytics GmbH identifizierten Schadstufen bzw. Brandintensitäten etabliert. Transektpunkt 1 liegt im Brand-unbeeinflussten Bestand und ist die Kontrollfläche und Transektpunkte 2 bis 5 liegen in den Brandbereichen mit ansteigender Brandintensität (von sehr gering bis hoch) und auf Flächen, die nach dem Brand komplett beraumt wurden. Die meteorologischen Messstationen mit einem Logger für die Lufttemperatur und -feuchte und einem Niederschlagsmesser nach Hellmann befinden sich an den Transektpunkten 1, 3 und 5.

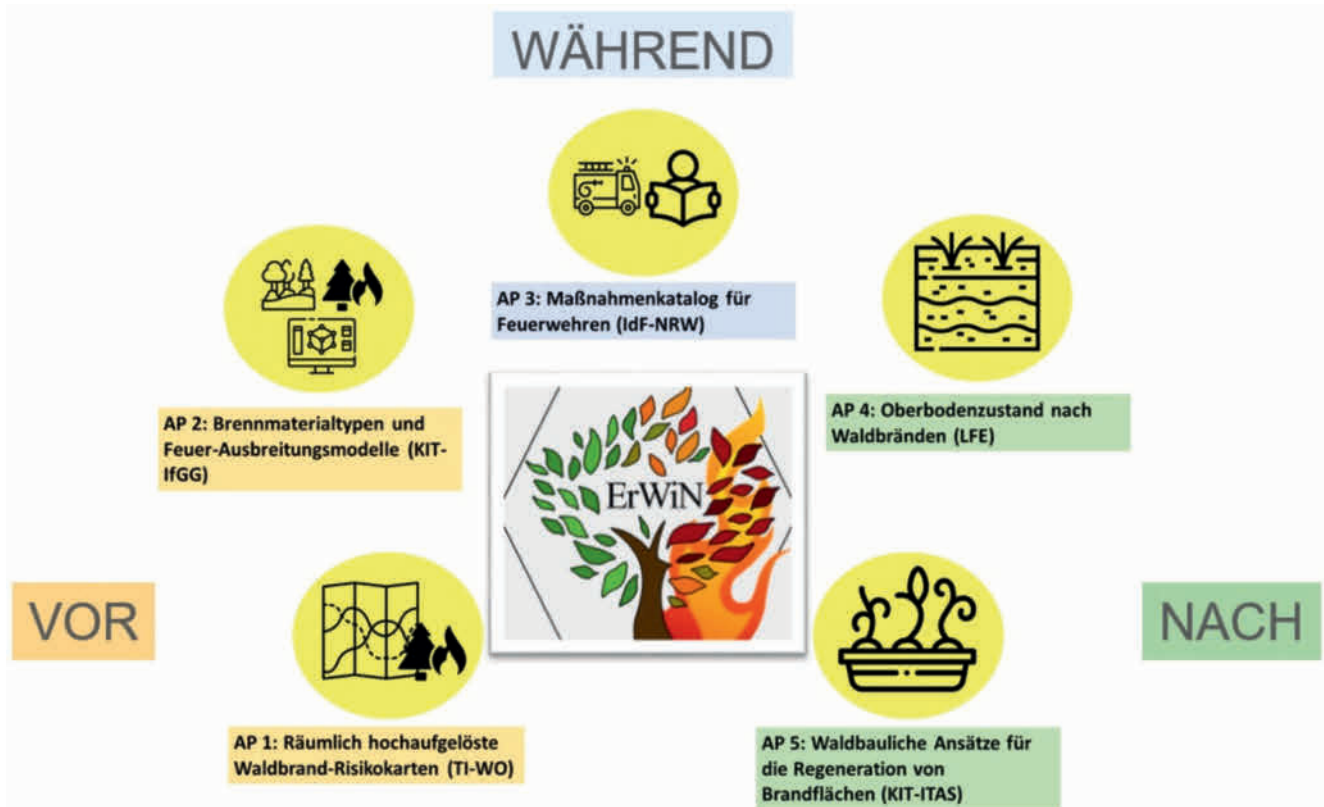


Abb. 1: TI-WO: Thünen-Institut für Waldökosysteme, KIT-IFGG: Karlsruher Institut für Technologie - Institut für Geographie und Geoökologie, IdF-NRW: Institut der Feuerwehr NRW, LFE: Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, KIT-ITAS: Karlsruher Institut für Technologie - Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse

Im Folgenden wird auf das Arbeitspaket 4 (Oberbodenzustand nach Waldbränden), welches vom LFE bearbeitet wird, näher eingegangen. Zunächst wird das Versuchsdesign erläutert, anschließend werden erste Ergebnisse vorgestellt und abgeschlossen wird mit einem Fazit. Die Motivation und Wichtigkeit, sich mit den Bodenveränderungen nach einem Waldbrand zu befassen, liegt darin, dass die Nährstoffsituation und der Wasserhaushalt ausschlaggebend für die Entwicklung einer natürlichen Verjüngung und einer ggf. künstlichen Etablierung feuerresistenterer und klimatoleranter Baumarten sind.

Um die Dynamik der Bodenveränderungen auch direkt nach einem Waldbrand zu erforschen, wurde im Mai 2022 eine zweite Versuchsfläche in Groß Eichholz eingerichtet. Hier hatte es am 10.05.2022 auf 0,25 ha gebrannt und das Schadholz wurde komplett stehen gelassen. Die Fläche konnte innerhalb von zwei Wochen beprobt und mit Messinstrumenten ausgestattet werden. Hier wurden vier Versuchspunkte (einer als Kontrollfläche im Brand-unbeeinflussten Bestand und drei auf der Brandfläche) angelegt. Außerdem wurden acht weitere Beprobungspunkte gleichmäßig verteilt auf der Fläche identifiziert, um regelmäßig

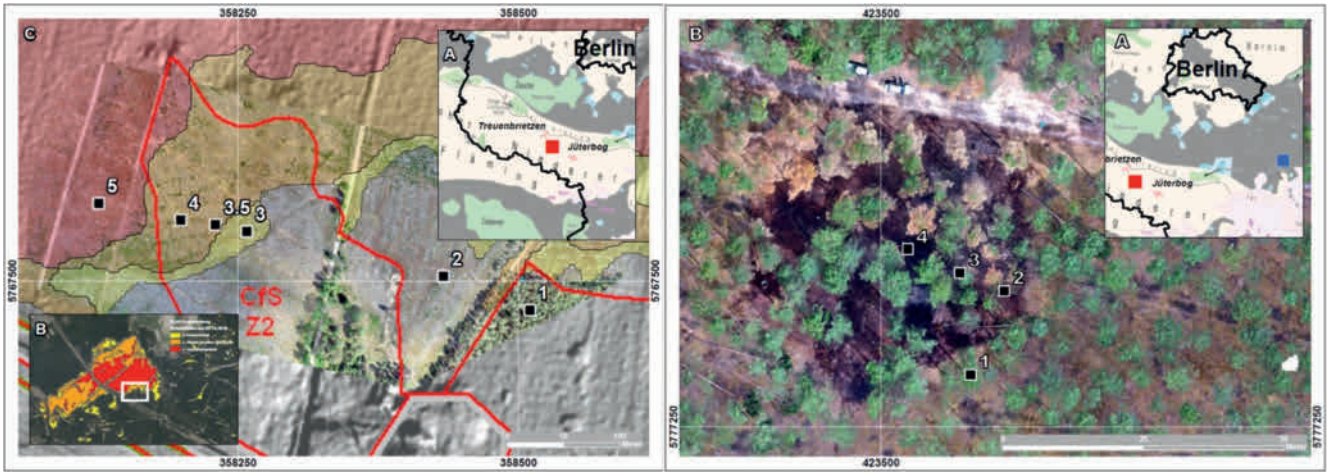


Abb. 2: Links: Versuchstransect in Treuenbrietzen (Orthofoto © F. Becker, LFE; Abbildung B mit Schadstufen © A. Marx, Eogreen Analytics GmbH); Rechts: Versuchsfläche Groß Eichholz (Orthofoto © F. Becker, LFE); Überblickskarte (<https://sgx.geodatenzentrum.de>, WMS-Dienst) mit Lage der Flächen (rot: Waldbrandfläche Treuenbrietzen, blau: Waldbrandfläche Groß Eichholz)

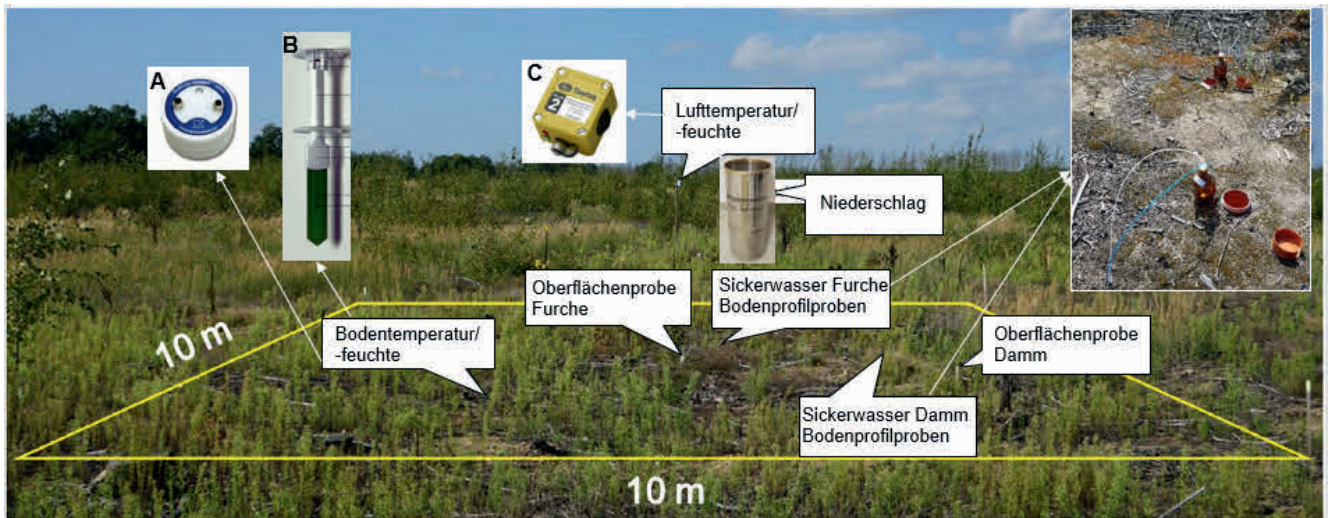


Abb. 3: Transektpunkt 3 und im Hintergrund die meteorologische Messstation an Transektpunkt 3.5 in Treuenbrietzen; A: DK312 ruggedPlus MultiLog White Datenlogger für Bodenfeuchte und -temperatur (Driesen + Kern 2023); B: TMS-4 Datenlogger für Bodenfeuchte und -temperatur (Tomst 2023); C: Tinytag Plus 2 - TGP-4017 Datenlogger für Luftfeuchte und -temperatur (Gemini Data Loggers 2023)



Abb. 4: Bohrkern mit Bodenprofilen der jeweiligen Transektpunkte in Treuenbrietzen

Transektpunkt	Horizont	Mächtigkeit (cm)	Bodenart	Kies/Bemerkung
TRB1	L + Of	-7		
	Aeh	2	Su2	
	rAp	13	Su2	
	Bv	23	Su2	
	ilCv	50	Ss (mSfs)	
TRB2	Ohv	-3		
	Ohv + rAp	4	Su2	
	rAp	16	Su2	
	Bv1	28	Su2	fG2, mG1
	Bv2	53	Sl2	fG3, mG1
TRB3	Ohv	-2		
	jAh	7	Ss (mSgs)	fG2, mG2
	jilCv	11	Ss (fs)	
	Bv + jrAp	28	Ss (mSgs)	fG2, mG2
	jilCv	30	Ss (fSms)	
	fOh	31		
	Ah	35	Ss (fSms)	
	ilCv	57	Ss (fs)	Rostflecken
TRB4	Ohv	-1		
	Ah	3	Su3	
	Bv	14	Su3	
	ilCv1	40	Ss (gSms)	
	ilCbtv	53	Ss (gSms) + Sl2	
	ilCv2	60	Ss (fs)	
TRB5	jAh	-5		
	Of + Oh	3	Su2	
	Aeh	5	Su2	
	Ah	10	Su2	
	Bv	30	Su2	mG1, gG1
	ilCv	53	Ss (fSms)	

Tab. 1: Bodenansprache je Transektpunkt nach KA 5 (Ad-hoc-AG Boden 2005)

Proben von der Bodenoberfläche zu entnehmen. Beide Versuchsflächen sind anhand von orthografischen Fotos in Abbildung 2 dargestellt.

Hypothesen

Der Bearbeitung des Arbeitspaketes 4 wurden folgende Thesen zu Grunde gelegt, die auf HETSCH (1980), RIEK et al. (2012, 2002), SCHRÖDER et al. (2019) UND WOLGEMUTH et al. (2010) zurückgehen:

- Durch einen fast vollständigen Entzug der oberirdischen Phytomasse kommen die waldökosystemaren Stoffkreisläufe fast vollständig zum Erliegen.
- Durch die komplette Beräumung der Waldbrandfläche in Treuenbrietzen entstehen freilandähnliche Verhältnisse, woraus sich eine Erhöhung der Strahlungsintensität und Verdunstungsneigung und eine hohe Gefahr für Trocken- und Spätfrostschäden ergibt.
- Die Mineralisierung von Teilen der organischen Bodensubstanz insbesondere der Humusaufgabe ist verstärkt.
- Es kommt zu einer kurzfristigen Nährstoff-Anreicherung, besonders von Ca, Mg und K.
- Die C- und N-Verluste während des Brandes sind unterschiedlich, da organische C- und N-Formen ein spezifisches Temperaturverhalten besitzen. Ein überproportionaler C-Abbau führt zur Einengung des C/N-Verhältnisses und folglich einer Hemmung der Humusbildung und -mineralisierung sowie der Akkumulation der Biomasse.
- Der Waldbrand führt zu einer lateralen (Wind-Wasser-Erosion: Verhagerung bzw. Anreicherung auf Damm bzw. Furche) und vertikalen Nährstoff-Verlagerung.
- Es kommt zu hohen Nährstoffverlusten auf Grund von fehlender Vegetation (erhöhte Versickerung und Nährstoffauswaschung, fehlende Nährstoffaufnahme, Auflagen-/Humusverlust).
- Stickstoff wird durch Temperaturen über ca. 230 °C in Ammonium (NH_4^+) und Nitrat (NO_3^-) umgewandelt.
- Auf den austauscherarmen Sanden Brandenburgs verringert sich die Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) durch den Humusverlust, was wiederum die Verfügbarkeit von Nährstoffkationen verschlechtert.
- Die Freisetzung pufferwirksamer basischer Kationen führt zur Abnahme der Bodenazidität.
- An der Bodenoberfläche steigt der pH-Wert kurzfristig an, nimmt dann aber durch die Auswaschung der basischen Kationen ab.

Versuchsaufbau und -methodik

An jedem Transektpunkt in Treuenbrietzen wurde eine Versuchsfläche von 10 x 10 m angelegt. In Abbildung 3 sieht man beispielhaft den Transektpunkt 3 und 3.5 (meteorologische Messstation). An den Transektpunkten 1, 3 und 5 wurden Bodenlogger installiert, welche in 15 cm Tiefe die Bodentemperatur und -feuchte aufzeichnen. An jedem Transektpunkt wurden außerdem Saugkerzen zur Sickerwasserentnahme in 10 cm Tiefe in den Pflanzreihen (Furchen) und in 20 cm Tiefe auf den Dämmen installiert. Die Entnahme des Sickerwassers erfolgte in einem 2- bis 3-wöchigen Abstand. Zwischen dem 02.06.2021 und 20.04.2022 wurden 125 Flaschen mit Bodensickerwasser entnommen, wovon 97 Proben genug Volumen für eine chemische Analyse beinhalteten. Des Weiteren wurden Proben der Auflage bzw. der Bodenoberfläche von den Furchen und den Dämmen entnommen. Eine meteorologische Station befindet sich an den Transektpunkten 1 und 3.5. Hier wird in 2 m Höhe die Lufttemperatur und die -feuchte gemessen und in 1 m Höhe ist der Niederschlagsmesser nach Hellmann aufgebaut. Die Übertragung der Luft- und Bodendaten und die Überprüfung der Niederschlagsmengen erfolgte ebenfalls in einem 2- bis 3-wöchigen Turnus.

Im Juni 2021 wurden an den Transektpunkten je zwei Bohrkern bis 60 cm Tiefe entnommen, um die Bodenprofile zu bestimmen.

Abbildung 4 zeigt deutlich, wie heterogen der Boden an den verschiedenen Transektpunkten schon rein visuell ist. In Tabelle 1 sind die Horizonte, Bodenart und Bemerkungen zu Kiesanteil und anderen besonderen Merkmalen für alle Transektpunkte zusammengefasst. Aus jedem Bohrkern wurden einmalig in den Tiefenstufen 0 bis 5 cm, 5 bis 10 cm, 10 bis 15 cm, 15 bis 20 cm, 20 bis 25 cm, 25 bis 30 cm, 30 bis 45 cm und 45 cm bis ca. 60 cm Proben für die chemische Analyse entnommen.

Um das Wasserinfiltrationspotenzial zu bestimmen wurde ein Haubeninfiltrometer der Firma UGT getestet. Die Infiltration wird anhand des Wassers, welches sich unter der geschlossenen Haube auf der Bodenoberfläche befindet, bestimmt. Die Infiltration erfolgt mit voreingestellten Druckhöhen (Differenz U_s und H_s). Außerdem ermöglicht die Methode das Erreichen einer stationären Infiltrationsrate auf einer großen Versickerungsfläche (UGT 2023). Im August 2021 wurde hierzu ein Vorversuch in Treuenbrietzen durchgeführt, um den Aufbau zu testen und weitere Messungen sind für dieses Jahr geplant. Die Ergebnisse sollen mit kleinflächigen Versuchen des Benetzungsvermögens und der hydrophoben Eigenschaften in bestimmten Bodentiefen verglichen werden. Hierfür wurde der *molarity of ethanol droplet* (MED)-Test nach DOERR (1998) ausgewählt. Zunächst wird eine ungestörte Bodenprobe mit dem Wurzelbohrer entnommen.

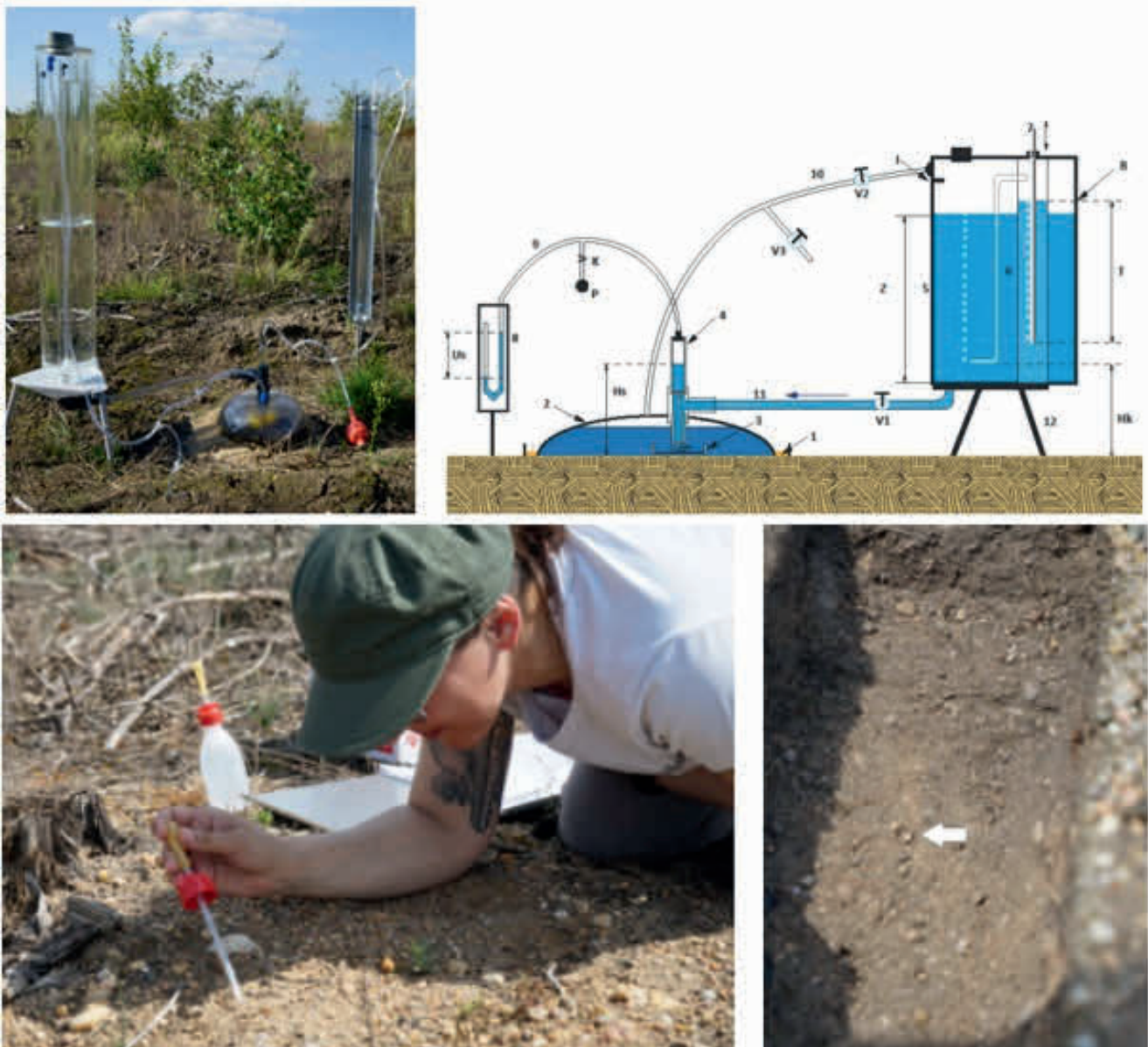


Abb. 5: Oben: Haubeninfiltrometer der Firma UGT (UGT 2023), Unten: MED-Test in Anlehnung an Doerr (1998); weißer Pfeil zeigt auf Tropfen, der Boden auch nach drei Sekunden nicht penetriert hat (Hydrophobie an dieser Stelle)

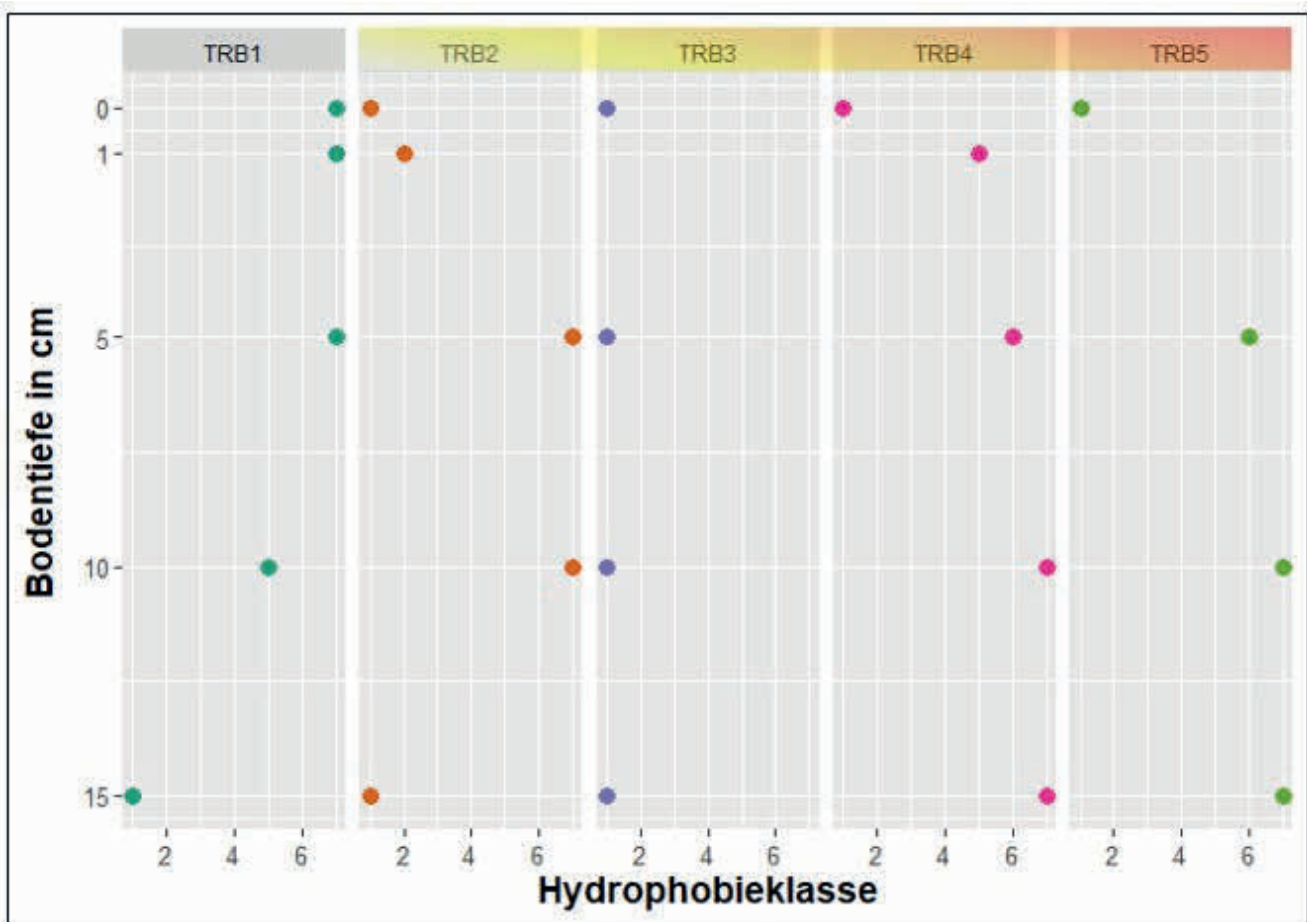
Auf der Bodenoberfläche und in verschiedenen Tiefenstufen bis 15 cm wurde ein Tropfen mit steigender Ethanolkonzentration von 0 bis 36 Vol-% aufgetragen. Wenn der Tropfen innerhalb von drei Sekunden den Boden penetriert, ist die entsprechende Hydrophobieklasse (Abb. 6) identifiziert. Beide Verfahren zur Ermittlung der Wasserinfiltration bzw. Hydrophobie sind in Abbildung 5 dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Hydrophobie

Der MED-Test wurde bisher nur einmal im Mai 2022 in Treuenbrietzen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser ersten Untersuchung sind in Abbildung 6 zusammengefasst. Man sieht, dass der Boden der Kontrollfläche im Brand-unbeeinflussten Bereich (TRB1) im Oberboden extrem hydrophob ist und die Hydrophobie im Tiefenverlauf abnimmt. Transektpunkt 3 zeigte in keiner der Tiefenstufen hydrophobe Tendenzen. An den Transektpunk-

ten 2, 4 und 5 ist der Verlauf umgekehrt zu Transektpunkt 1 mit einer zunehmenden Hydrophobie im Unterboden. Das Ausmaß der Hydrophobie hängt von vielen Faktoren wie der Baum- und Bodenart, der Bodenfeuchte oder der Brandintensität ab. Einige Waldbrandstudien fanden eine Abnahme der Hydrophobie in den tieferen Bodenschichten unabhängig von der Brandintensität (GRANGED et al. 2011, MACDONALD und HUFFMAN 2004, HUFFMAN et al. 2001). RODRÍGUEZ-ALLERES et al. (2012) fanden jedoch heraus, dass bei mittleren bis hohen Brandintensitäten die Hydrophobie zwischen 2 und 20 cm zunahm im Vergleich zum Oberboden. Dies stimmt mit den Ergebnissen aus Treuenbrietzen überein, da sich die Transektpunkte 4 und 5 im Bereich der mittleren und hohen Brandintensität befinden. Da die Veränderung der Hydrophobie jedoch ein so komplexes Thema ist, welches von vielen Faktoren abhängt, und die Stichprobenmenge zu gering für robuste Aussagen ist, werden im Verlaufe des Jahres weitere Untersuchungen in Treuenbrietzen durchgeführt.



Hydrophobicity (MED)		
Class	Descriptive label	Ethanol %
7	Extremely hydrophobic	36
6	Very strongly hydrophobic	24
5	Strongly hydrophobic	13
4	Moderately hydrophobic	8.5
3	Slightly hydrophobic	5
2	Hydrophilic	3
1	Very hydrophilic	0

Abb. 6: Oben: Ergebnisse der ersten Durchführung des MED-Test in Treuenbrietzen, Unten: Hydrophobieklassen nach Doerr (1998)

Bodenfestphase

Die beiden Bodenprofile, welche je Transektpunkt für die Sickerwasserflaschen entnommen wurden, bilden die gesamte Stichprobenanzahl für die Analyse der Bodenfestphase. In Abbildung 7 sind ein paar ausgewählte chemische Eigenschaften dargestellt. In der linken Grafik sieht man, dass die pH-Werte, ob in H_2O oder $CaCl_2$ gemessen, ähnlich sind und sich im Bereich 4 bis 6 bewegen. Der Grund für die viel höheren Werte im Bereich geringer Brandintensität (TRB3) und ab 20 cm Tiefe im Bereich mittlerer Brandintensität (TRB4) ist der natürlich vorkommende Kalk im Boden. Dies sieht man deutlich anhand der blauen Linie in der rechten Grafik. Stickstoff konnte an allen Messpunkten nur in geringen Mengen nachgewiesen werden und die höchsten Kohlenstoffwerte sind im Oberboden aufgrund der organischen Substanz zu finden. Die extrem hohen Kohlenstoffgehalte im Bereich hoher Brandintensität (TRB5) gehen höchstwahrscheinlich auf eine gestörte Schicht mit hohem Anteil an organischer Substanz des ehemaligen Auflagenmaterials (siehe Abb. 4) zurück.

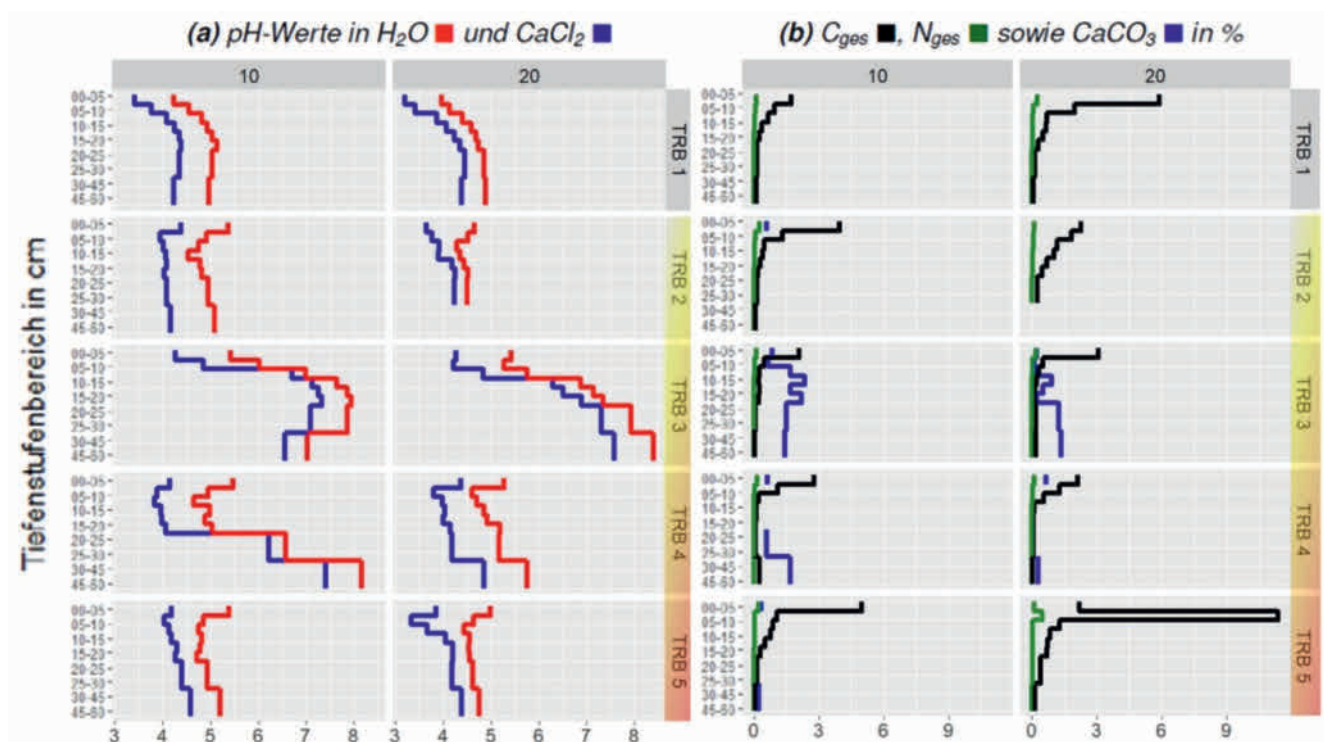


Abb. 7: Links: pH-Werte der Bodenfestphase, Rechts: Kalkanteil und Gesamtanteile für Kohlenstoff und Stickstoff der Bodenfestphase

Sickerwasser

pH

Die pH-Werte des Sickerwassers für die Messzeiträume Juni bis Dezember 2021 (n = 45) und Januar bis April 2022 (n = 35) sind in Abbildung 8 zusammengefasst. Wie bei der Festphase sind die pH-Werte zwischen 4 und 6. Während in 2021 noch kein eindeutiger Trend erkennbar war, so sieht man in 2022 ziemlich deutlich, dass die pH-Werte im Mittel auf der Brandfläche (TRB2-TRB5) höher sind als auf der Kontrollfläche (TRB1). Dieses Ergebnis könnte noch eine Auswirkung des Waldbrandes sein, was auch von anderen Studien bestätigt wird (RIEK et al. 2002, VAN CLEVE und DYRNESS 1983). Wiederum andere Untersuchungen ergaben keine Veränderungen des pH-Wertes in den ersten zehn Monaten nach einem kontrollierten Brand (ELLIOTT und VOSE 2005).

Calcium und Magnesium

Die Werte für Calcium und Magnesiums des Sickerwassers für

2021 (n = 60) und 2022 (n = 39) sind in den Abbildungen 9 und 10 dargestellt. Die Ca-Werte befinden sich zwischen 1 und 8 mg/l und die Mg-Werte zwischen 0,1 und 1,1 mg/l. Der pH-Wert steigt als Folge eines Waldbrandes, weil bei der Verbrennung der organischen Substanz basische Kationen wie Ca und Mg freigesetzt werden. Dies wurde in mehreren Forschungsversuchen nachgewiesen (NÄTHE et al. 2018, RIEK et al. 2002, CHOROVER et al. 1994, STARK 1977, GRIER 1975, LEWIS JR. 1974). ELLIOTT und VOSE (2005) fanden auch in Bezug auf die Ca- und Mg-Gehalte des Sickerwassers keinen Einfluss in den ersten zehn Monaten nach einem kontrollierten Brand. Im Bereich der geringen Brandintensität (TRB3) könnten die Ca-Gehalte aufgrund des geogenen Kalkes so hoch sein. Im Bereich hoher Brandintensität (TRB5) könnten die Ca- und Mg-Gehalte so niedrig sein, da eine erhöhte Adsorption der Kationen an dem hohen Anteil der organischen Substanz erfolgt. Aufgrund der limitierten Datenlage und folglich einer geringen statistischen Aussagekraft, können an dieser Stelle nur Vermutungen geäußert werden.

Fazit

Aufgrund der begrenzten Datenmenge, v.a. bei der Bodenfestphase mit nur zwei Stichproben, und einem stark verzögerten Messbeginn (2,5 Jahre nach dem Brand) ist die Aussagekraft der Ergebnisse sehr begrenzt und eine robuste statistische Auswertung ist momentan nicht möglich. Die weiteren Festphase- und Sickerwasseranalysen aus diesem Jahr werden eine eindeutige Interpretation der Ergebnisse erlauben. Nichtsdestotrotz, ist allgemein bekannt, dass Böden auf kleinstem Raum sehr heterogen sein können. Dies wurde in Treuenbrietzen unumstritten bestätigt. Auch die Effekte des Waldbrandes auf den Boden können sehr verschiedenartig sein, welche die kleinflächige Heterogenität der Bodenbedingung zusätzlich überlagern. Obwohl noch mehrere Jahre nach dem Waldbrand in Treuenbrietzen Bodenveränderungen wie ein erhöhter pH-Wert erkennbar sind, ist nicht eindeutig belegbar, ob diese Eigenschaften durch den Waldbrand beeinflusst wurden. Weiterhin ist die Nutzung einer Kontrollfläche im Brand-unbeeinflussten Bereich als Referenz zum Vor-Feuer-Bodenzustand nur bedingt geeignet und kann

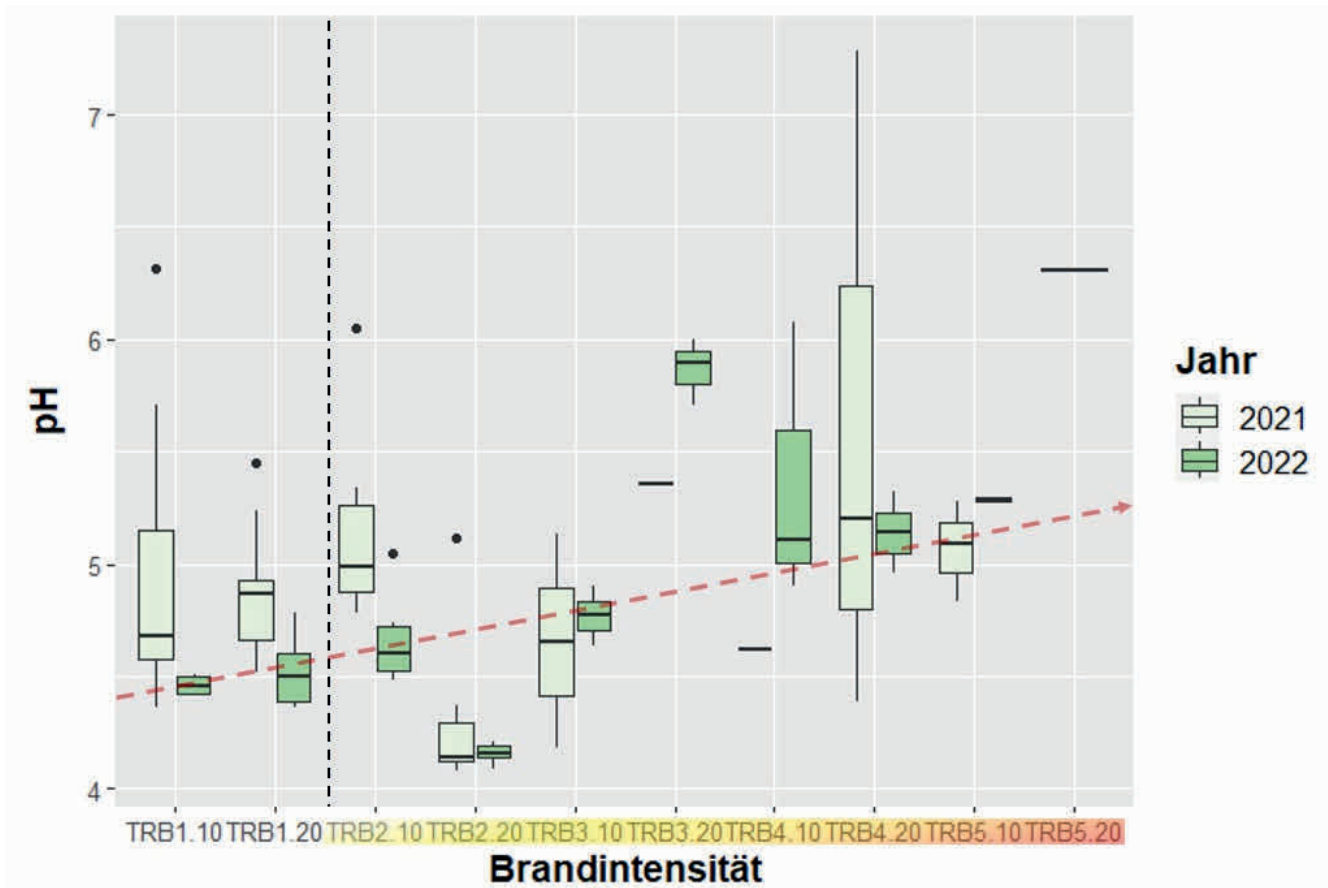


Abb. 8: Vergleich der pH-Werte des Sickerwassers für 2021 und 2022

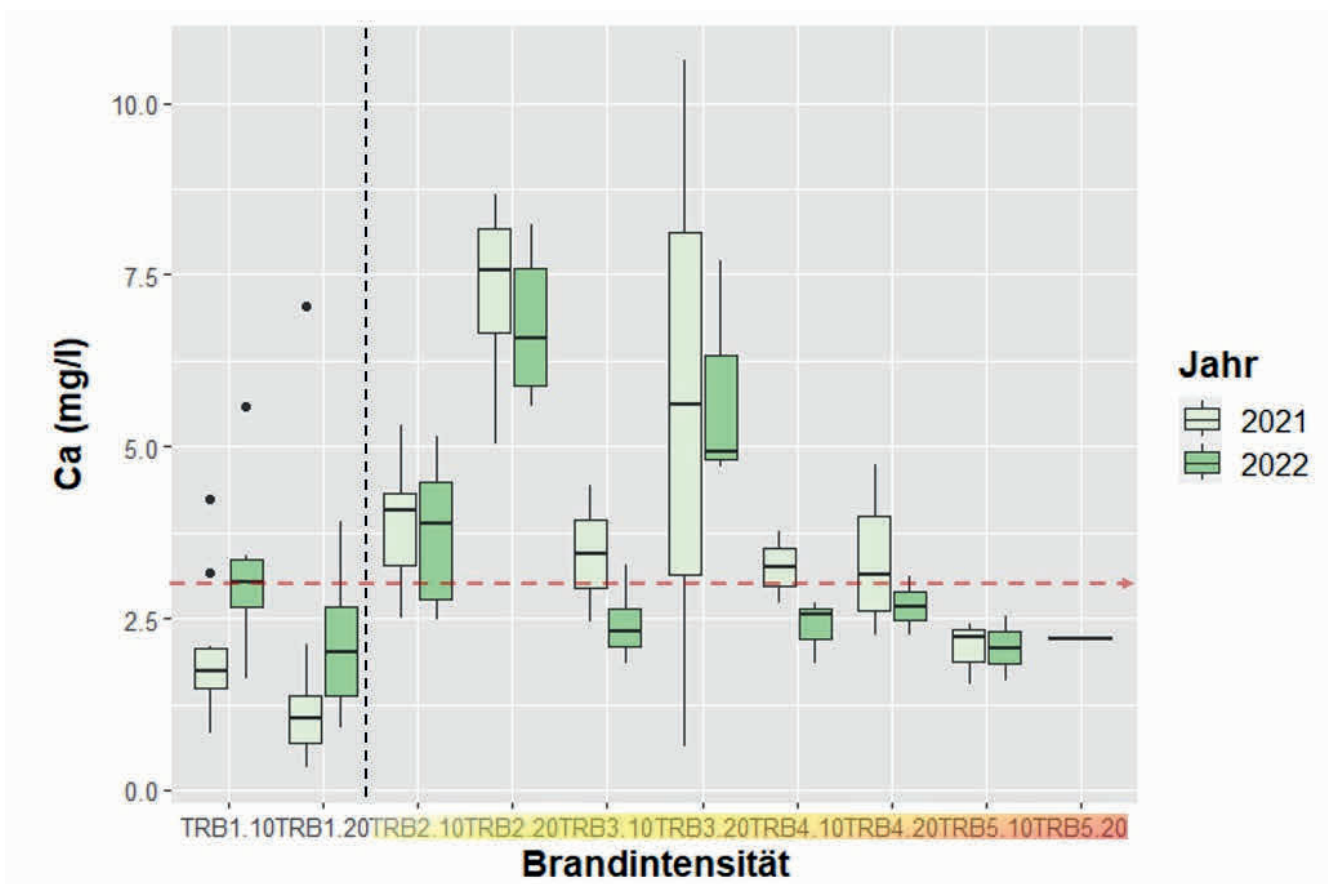


Abb. 9: Vergleich der Ca-Gehalte des Sickerwassers für 2021 und 2022

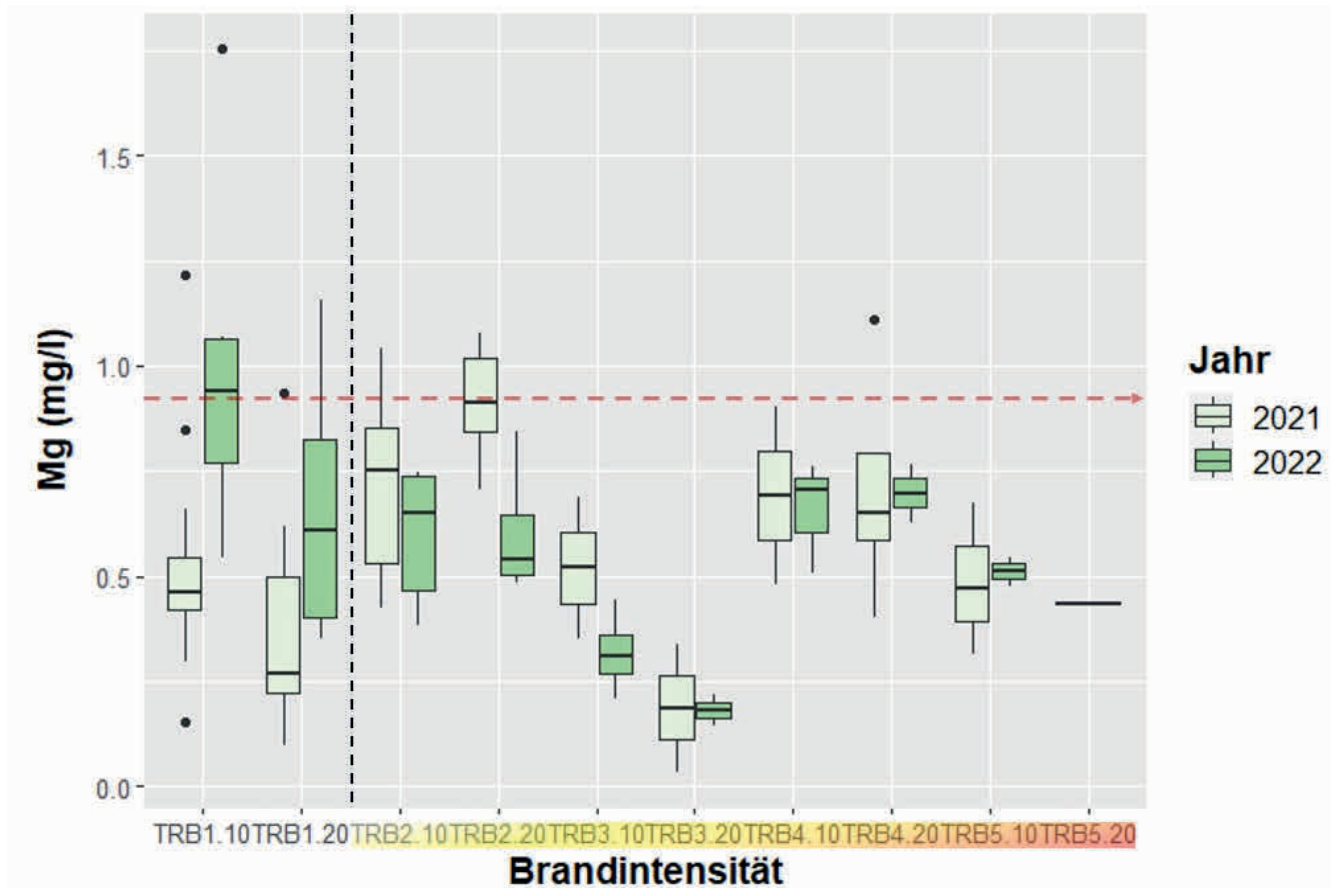


Abb. 10: Vergleich der Mg-Gehalte des Sickerwassers für 2021 und 2022

Daten vor dem Brand nicht vollständig ersetzen. Folglich stellt sich also die Frage, ob eventuell Brandexperimente in der Form von kontrollierten Bränden eine mögliche Option wären, um den veränderten Oberbodenzustand nach Waldbränden besser zu verstehen.

Wie die Entwicklung der Naturverjüngung in Treuenbrietzen jedoch sehr schön zeigt ist, dass egal wie heterogen der Boden ist oder wie intensiv der Brand war, die Natur immer ihre Nischen für die Regeneration findet.

Literatur

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5). – 5. Auflage. Hannover.

CHOROVER, J.; VITOUSEK, P. M.; EVERSON, D. A.; ESPERANZA, A. M.; & TURNER, D. (1994): Solution chemistry profiles of mixed-conifer forests before and after fire. *Biogeochemistry*; 26(2); 115-144.

DOERR, S. H. (1998): On standardizing the 'water drop penetration time' and the 'molarity of an ethanol droplet' techniques to classify soil hydrophobicity: a case study using medium textured soils. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Group*, 23(7), 663-668.

DRIESEN + KERN (2023): DK312 ruggedPlus MultiLog White. <https://www.driesen-kern.de/produkte/datenlogger/datenlogger-fuer-den-ausseneinsatz/dk312-multilog-white-rugged-plus---flex-logger-2-.php> (zuletzt am 17.03.2023 aufgerufen)

ELLIOTT, K. J.; & VOSE, J. M. (2005): Initial effects of prescribed fire on quality of soil solution and streamwater in the southern Appalachian Mountains. *Southern Journal of Applied Forestry*, 29(1), 5-15.

GEMINI DATA LOGGERS (2023): Tinytag Plus 2 - TGP-4017. <https://www.gemindataloggers.com/de/data-loggers/tinytag-plus-2/tgp-4017> (zuletzt am 17.03.2023 aufgerufen)

4017 (zuletzt am 17.03.2023 aufgerufen)

GRANGED, A. J.; JORDÁN, A.; ZAVALA, L. M. & BÁRCENAS, G. (2011): Fire-induced changes in soil water repellency increased fingered flow and runoff rates following the 2004 Huelva wildfire. *Hydrological Processes*, 25(10), 1614-1629.

GRIER, C. C. (1975): Wildfire effects on nutrient distribution and leaching in a coniferous ecosystem. *Canadian Journal of Forest Research*, 5(4), 599-607.

HETSCH, W. (1980): Bodenphysikalische und bodenchemische Auswirkungen eines Waldbrands auf einem Braunerde-Podsol unter Kiefer. In: *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 99, S. 257-273.

HUFFMAN, E. L.; MACDONALD, L. H. & STEDNICK, J. D. (2001): Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine, Colorado Front Range. *Hydrological Processes*, 15(15), 2877-2892.

LANDESBETRIEB FORST BRANDENBURG: Waldschutzmeldewesen (unveröffentlichte Daten).

LEWIS, JR. W. M. (1974): Effects of fire on nutrient movement in a South Carolina pine forest. *Ecology*, 55(5), 1120-1127.

MACDONALD, L. H. & HUFFMAN, E. L. (2004): Post-fire soil water repellency: persistence and soil moisture thresholds. *Soil Science Society of America Journal*, 68(5), 1729-1734.

NÄTKE, K.; LEVIA, D. F.; TISCHER, A.; POTTHAST, K. & MICHALZIK, B. (2018): Spatiotemporal variation of aluminium and micro- and macronutrients in the soil solution of a coniferous forest after low-intensity prescribed surface fires. *International Journal of Wildland Fire*, 27(7), 471-489.

POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (2023): Klimafolgen Online. <http://kfo.pik-potsdam.de/static/countries/ger/tool>

html?sector_id=2&language_id=en&p_id=wbra&timeframe=30&hist=0&futszen=0&season=0&diagram=0&displayed=0,1&absrel=abs&expert=0&year=2020&zoom=1&difference=false (zuletzt am 13.03.2023 aufgerufen)

RIEK, W.; RUDOLPH, J. & BERGMANN, J.-H. (2012): Langfristige Wirkung von Waldbrand auf den Bodenzustand und waldbauliche Schlussfolgerungen. Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/waldbrand/waldbau-nach-waldbrand> (zuletzt am 13.03.2023 aufgerufen)

RIEK, W.; STROHBACH, B. & SIEWERT, C. (2002): Untersuchungen zur Veränderung chemischer Eigenschaften von Waldböden durch Feuereinwirkung – Ergebnisse eines Waldbrandexperimentes in der Lausitz.

RODRÍGUEZ-ALLERES, M.; VARELA, M. E. & BENITO E. (2012): Natural severity of water repellency in pine forest soils from NW Spain and influence of wildfire severity on its persistence. *Geoderma*, 191, 125-131.

SCHRÖDER, J.; STÄHR, F.; HANNEMANN, J.; GRÜLL, M.; DALITZ, B.; PASTOWSKI, F.; HIELSCHER, K.; SELK, U.; RIEK, W. & LUTHARDT, M. E. (2019): Fachliches Gutachten zur Wiederbewaldung der Waldbrandfläche Abschnitt 1 bei Treuenbrietzen. unveröffentlicht, Gemeinsam abgestimmte Endfassung des Arbeitsgruppenprozesses - Stand 13.03.2019.

STARK, N. M. (1977): Fire and nutrient cycling in a Douglas-Fir/Larch forest. *Ecology*, 58(1), 16-30.

TOMST (2023): TMS-4 Datenlogger für Bodenfeuchte und Temperatur. <https://tomst.com/web/en/systems/tms/tms-4/> (zuletzt am 17.03.2023 aufgerufen)

UGT (2023): Haubeninfiltrrometer. <https://ugt-online.de/loesungen/haubeninfiltrrometer/> (zuletzt am 17.03.2023 aufgerufen)

VAN CLEVE, K. & DYRNESS, C. T. (1983): Effects of forest-floor disturbance on soil-solution nutrient composition in a black spruce ecosystem. *Canadian Journal of Forest Research*, 13(5), 894-902.

WOLGEMUTH, T. A.; BRIGGER, A.; GEROLD, P.; LARANJEIRO, L.; MORETTI, M.; MODER, B.; REBETZ, M.; SCHMATZ, D.; SCHNEITER, G.; SCIACCA, S.; SIERRO, A.; WEIBEL, P.; ZUMBRUNNEN, T.; ONEDERA, C. (2010): Leben mit Waldbrand. In: Merkblatt für die Praxis 46, Eidg. Forschungsanstalt WSL, <http://www.wsl.ch/publikationen/>, ISSN : 1422-2876.

Vegetationsentwicklung nach Waldbrand in Südwestbrandenburg: Erste Erkenntnisse aus dem Projekt PYROPHOB

Maren Schüle, Gesa Domes, Christofer Schwanitz und Thilo Heinken

1. Einleitung

In den Rekord-Dürrejahre 2018 & 2019 kam es zu einer Häufung an Waldbränden in Deutschland (BLE 2022). Brandenburg, als Region mit wenig Niederschlägen und hoher Kiefernforstbestockung (LFB 2022) war am stärksten betroffen (BLE 2019, 2020, 2022). Im Gegensatz zu Regionen, in denen Waldbrände eine regelmäßige natürliche Störung des Ökosystems darstellen, gibt es in Mitteleuropa vergleichsweise wenig wissenschaftliche Untersuchungen zu Waldbränden. Da aber im Zuge des Klimawandels das Waldbrandrisiko in Deutschland noch weiter zunehmen kann (UBA 2015), ist es essenziell, zur Schließung dieser Wissenslücke zu beizutragen. Dies ist unter anderem Ziel des Verbundprojekts PYROPHOB (PYROPHOB 2023).

2. Untersuchungsflächen

Beide Untersuchungsgebiete befinden sich im südwestlichen Brandenburg in einer Gegend mit trockenen Sandböden und einer hohen Kiefernbestockung (SCHOLZ 1962). Als potentielle natürliche Vegetation werden bodensaure Eichenwälder angesehen (HOFMANN UND POMMER 2005). Das Untersuchungsgebiet Treuenbrietzen (TB) liegt zwischen den Ortschaften Frohnsdorf, Tiefenbrunn und Klausdorf (Abb. 1). Hier brach am 23.08.2018 südöstlich von Frohnsdorf ein Waldbrand aus, der erst am 31.08.2018 gelöscht werden konnte. Insgesamt waren 334 ha (überwiegend Kiefernforst) betroffen, die teils zum Stadtwald Treuenbrietzen (seit 2022 in Privatbesitz) und teils der Forstgenossenschaft Bardenitz-Pechüle gehören (LFB 2021). Es liegen mäßig nährstoffhaltige bis ziemlich arme Standorte vor. Nach dem Brand wurde mit dem Gebiet unterschiedlich verfahren. Im südlichen Teil des Stadtwaldes erfolgten keine forstlichen Eingriffe, so dass in diesem Bereich allein die natürliche Sukzession beobachtet wird. Andere Bereiche des ehemaligen Stadtwaldes dagegen wurden teilberäumt (Entnahme von 50-75% der ver-

brannten Kiefern). Teilweise wurde anschließend gepflügt oder der Boden oberflächlich durch Rechen verwundet; danach wurden die Flächen bepflanzt oder eingesät. Der Privatwald der Genossenschaft wurde bis auf wenige Bereiche großflächig komplett beräumt (Kahlschlag) und danach teilweise gepflügt und neu bepflanzt. Eine Auflistung der erfolgten forstlichen Maßnahmen ist in Tab. 1 zusammengestellt.

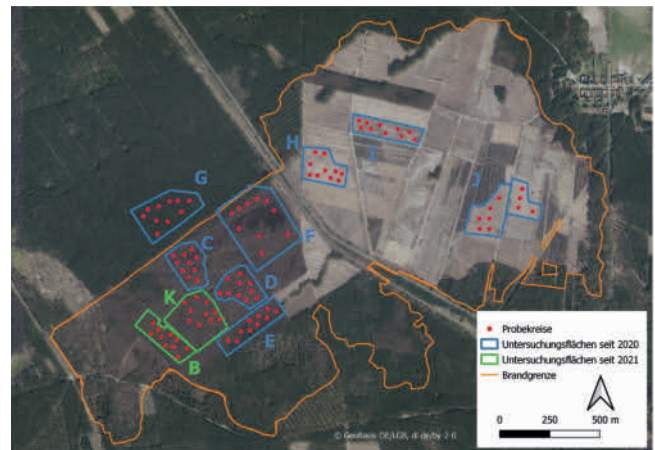


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet Treuenbrietzen mit Lage der zehn Untersuchungsflächen und Probekreise

Bei der Untersuchungsfläche Jüterbog (JB) handelt es sich um einen Teil des ehemaligen Truppenübungsplatzes Jüterbog, der nun als Wildnisfläche im Besitz der Stiftung Naturlandschaften Brandenburg ist (Abb. 2). Hier brannten vom 03.06.2019 bis zur Löschung am 12.6.2019 744 ha Kiefern-, Laub- und Mischbestände (LFB 2021). Nach dem Brand erfolgten keinerlei forstliche Eingriffe.

Untersuchungs-Fläche	Untersuchungs-Gebiet	Brand	Beräumung	Bodenbearbeitung	Kunstverjüngung	Zaun
B	Treuenbrietzen	2018	Nein	Nein	Stadtbäume (Saat)	Nein
C	Treuenbrietzen	2018	Teilberäumt	Nein	Nein	Nein
D	Treuenbrietzen	2018	Teilberäumt	Nein	Nein	Nein
E	Treuenbrietzen	2018	Teilberäumt	Rechen	Roteiche (Saat)	Ja
F	Treuenbrietzen	2018	Teilberäumt	Pflügen	Traubeneiche (Pflanzung)	Ja
G	Treuenbrietzen	Referenz	Nein	Nein	Nein	Nein
H	Treuenbrietzen	2018	Komplett	Pflügen	Traubeneiche (Pflanzung)	Ja
I	Treuenbrietzen	2018	Komplett	Nein	Nein	Nein
J	Treuenbrietzen	2018	Komplett	Pflügen	Kiefer (Pflanzung)	Nein
K	Treuenbrietzen	2018	Nein	Nein	Nein	Nein
U	Jüterbog	2019	Nein	Nein	Nein	Nein
V	Jüterbog	2019	Nein	Nein	Nein	Nein
X	Jüterbog	2019	Nein	Nein	Nein	Nein
Y	Jüterbog	2019	Nein	Nein	Nein	Nein
Z	Jüterbog	Referenz	Nein	Nein	Nein	Nein

Tabelle 1: Übersicht über alle 15 Untersuchungsflächen des PYROPHOB-Projekts mit Angaben zu Untersuchungsgebiet, Brand, Beräumung, Bodenbearbeitung, Kunstverjüngung und Zäunung

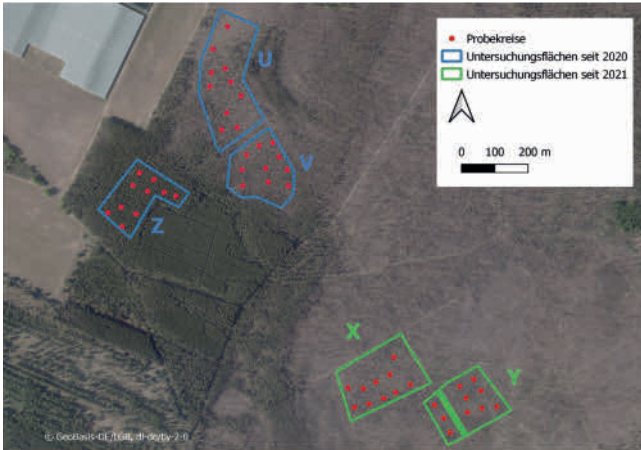


Abbildung 2: Untersuchungsgebiet Jüterbog mit Lage der fünf Untersuchungsflächen und Probekreisen

3. Datenaufnahme

Im Rahmen des Projekts PYROPHOB wurden in den beiden Untersuchungsgebieten 15 Untersuchungsflächen eingerichtet, darunter zwei als Referenzflächen im benachbarten unverbrannten Kiefernforst (BLUMRÖDER et al. 2021) (Abb. 1, 2). In jeder Untersuchungsfläche befinden sich 10 Probekreise. Die Vegetation (Gehölze, Krautige, Moose, Flechten) wurde in einem Radius von 10 m (314,16 m²) jährlich auf allen 150 Probekreisen mit einigen wenigen Ausnahmen erfasst, die Deckungen der einzelnen Arten geschätzt und bei der Verjüngung zusätzlich zur Deckung die Individuenzahl ermittelt. Aufgrund von erforderlicher Kampfmittelbeseitigung konnten die Flächen B, K, X und Y erst ab 2021 beprobt werden. Die Flächen B, K, G und E konnten 2022 aufgrund eines erneuten Waldbrandes nicht erfasst und auf Fläche D nur acht von zehn Probekreisen kartiert werden.

Zusätzlich zu den eingerichteten Projektflächen wurde 2020 (2. Jahr nach dem Brand) in Treuenbrietzen die Vegetation in gleicher Weise auf einem Raster von 100 x 100 m auf Probekreisen mit 10m Radius über die ganze Brandfläche hinweg erfasst (DOMES 2021, SCHWANITZ 2021) (Abb. 3), und nachfolgend wurden potentielle Samenbäume auf und in der Umgebung der Brandfläche kartiert.

Alle statistischen Auswertungen erfolgten durch das Programm R version 4.0.2 (R CORE TEAM 2020).

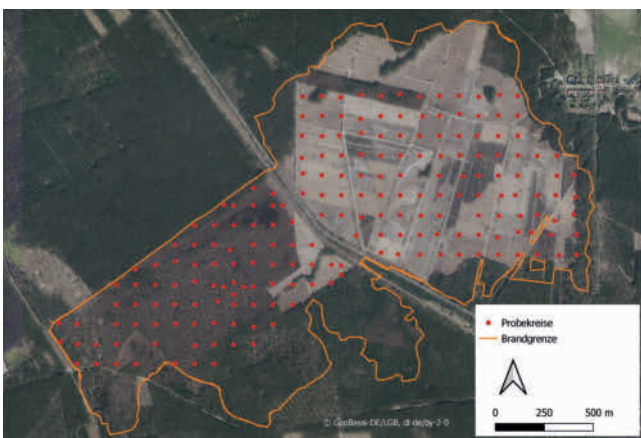


Abbildung 3: Erfassung der Verjüngung auf 200 Probekreisen auf einem Raster im Untersuchungsgebiet Treuenbrietzen

4. Sukzession der ersten Jahre nach Waldbrand

4.1. Entwicklung der Vegetation in den ersten Jahren

Durch ein Waldbrandereignis mit hoher Intensität wird die Vegetation stark verändert. Die meisten heimischen Pflanzenarten überleben sehr hohe Brandintensitäten nicht. Dadurch entstehen Flächen, die von Pionierarten besiedelt werden können. Ein Waldbrand erhöht die Diversität der Vegetation meist stark (MAROZAS et al. 2007, WOHLGEMUTH und MOSER 2018). Auf den Untersuchungsflächen fanden sich auf den Brandflächen häufig 3 - 4 mal so viele Arten wie auf den unverbrannten Referenzflächen, die meisten von ihnen krautige Pflanzen. In den ersten drei Untersuchungsjahren stieg die Anzahl der Arten sukzessive an. Nur auf den Kahlschlägen ist die Diversität bereits wieder im Rückgang (Tab. 2). Die Jüterboger Wildnisflächen waren mit teilweise weit über 40 Arten pro Probekreis im dritten Jahr nach dem Brand besonders divers (Abb. 4).

Flächen	2020	2021	2022
Kahlschlag (TB)	20,3 (n=30)	21,5 (n=30)	18 ↓ (n=30)
Teilberäumt (TB)	28,2 (n=40)	32,2 ↑ (n=40)	32,3 (n=28)
Vollbestockt (TB)	.	31,8 (n=20)	.
Vollbestockt (JB)	28,8 (n=20)	27,8 ↑ (n=40)	34,3 ↑ (n=40)
Referenz	11,8 (n=20)	13,3 ↑ (n=20)	12,6 (n=10)
Brandfläche (total)	25,7 (n=90)	28,3 ↑ (n=130)	28,8 ↑ (n=98)

Tabelle 2: Mittlere Artenzahl der Vegetation pro Probekreis für die Untersuchungsflächen, sowie signifikante Zunahmen (↑) bzw. Abnahmen (↓) im Vergleich zum Vorjahr (gepaarter t.test). Die Anzahl der Probekreise ist in Klammern angegeben.

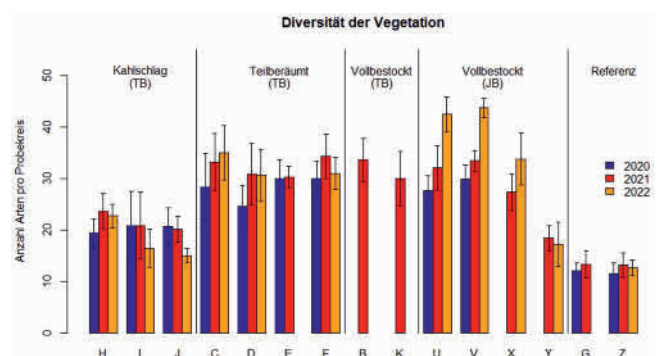


Abbildung 4: Mittlere Artenzahl (Gehölze, Krautige, Moose, Flechten) pro Probekreis (plus Standardabweichung) in den Untersuchungsjahren 2020-2022 für alle 15 Untersuchungsflächen

Auf den Brandflächen in Treuenbrietzen und Jüterbog wurden in den ersten drei Untersuchungsjahren über 200 Moos- und Pflanzenarten gefunden. Darunter waren typische Erstbesiedler von Brandflächen wie die Moose *Ceratodon purpureus*, *Funaria hygrometrica* und *Marchantia polymorpha*, sowie Schmalblättriges Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*), Kanadisches Berufkraut (*Erigeron canadensis*) und Aspe (*Populus tremula*) (BEGHIN et al. 2010, DZWONKO et al. 2018). Wenn die meisten Pflanzenarten auch „Allerweltsarten“ waren, so traten doch einige auf der Roten Liste Brandenburgs gefährdete Arten auf, teilweise auch in größerer Menge.

4.1.1 Besiedlungsstrategien

Brandflächen werden auf unterschiedliche Weise besiedelt. Zum einen gibt es Arten, die aufgrund ihres geringen Gewichts bzw. von Haaren oder Flügeln sehr gut flugfähige Samen haben und mit dem Wind über weite Distanzen ausgebreitet werden können. Dazu zählen viele Arten aus der Familie der Asteraceae (Korbblütler) wie Herbst-Löwenzahn (*Scorzoneroides autumnalis*), Gewöhnliches Ferkelkraut (*Hypochaeris radicata*), Greiskraut (*Senecio spp.*) und Kompass-Lattich (*Lactuca serriola*), aber auch einige Baumarten wie Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Hänge-Birke (*Betula pendula*), Sal-Weide (*Salix caprea*) und Aspe (*Populus tremula*) (KLEYER et al. 2008, DZWONKO et al. 2018). Andere auf den Brandflächen gefundene Arten sind höchstwahrscheinlich aus der Samenbank im Boden gekeimt. Dazu zählen Arten wie Besenheide (*Calluna vulgaris*), Kleiner Vogelfuß (*Ornithopus perpusillus*), Niederliegendes Johanniskraut (*Hypericum humifusum*), Kleiner Sauerampfer (*Rumex acetosella*), sowie Vertreter der Gräser, Binsen und Seggen wie Silbergras (*Corynephorus canescens*), Flatter-Binse (*Juncus effusus*) und Pillen-Segge (*Carex pilulifera*), die zumeist im Offenland vorkommen. Dabei handelt es sich um Arten, deren Samen nicht sonderlich gut flugfähig sind, aber dafür teilweise Jahrzehnte im Boden überdauern können und keimfähig bleiben (KLEYER et al. 2008, DZWONKO et al. 2018, TYLER et al. 2021). Offenbar reichte die Hitze des Feuers nicht so tief in den Boden, dass dieser Samenvorrat nennenswert zerstört wurde.

Bestimmte Arten können nach einem Brand wiederaustreiben wie beispielsweise Birken (*Betula pendula*), Eichen (*Quercus spp.*) und Robinien (*Robinia pseudoacacia*) per Stockausschlag, sowie Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*), Land-Reitgras (*Calamagrostis epigejos*) und Sand-Segge (*Carex arenaria*) durch Wiederaustrieb aus im Mineralboden überlebenden Rhizomen (Abb. 5, 6). Einige wenige Arten überleben den Waldbrand als Ganzes. Teilweise können Kiefern bei niedriger Brandschwere (z.B. nur leichtes Bodenfeuer) zumindest zunächst überleben.



Abbildung 5: Stockausschlag bei einer Birke (*Betula pendula*) nach Waldbrand



Abbildung 6: Wiederaustreibender Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) nach Waldbrand

4.2. Standortsbedingungen

Durch einen Waldbrand ändern sich auch die Standortsbedingungen. Nährstoffe, die zuvor besonders in Vegetation und Humusaufgaben gespeichert sind, werden freigesetzt und sind nun für Pflanzen frei verfügbar. Das führt zunächst zu einem Anstieg an Nährstoff-Kationen, die aber – sofern sie nicht von Pflanzen aufgenommen werden – ausgewaschen werden (CERTINI 2005). Dies ist insbesondere auf den in weiten Teilen des norddeutschen Tieflandes vorherrschenden sauren Sandböden mit ihrer geringen Fähigkeit, austauschbare Nährstoffkationen zu speichern (RODE 1999), zu erwarten. So war der mittlere Ellenberg Zeigerwert für Stickstoff auf den Brandflächen deutlich höher als im unverbrannten Kiefernforst (TukeyHSD, $p < 0,001$). Dieser Wert nimmt aber in den Jahren nach dem Waldbrand sukzessive wieder ab (Tab. 3, Abb. 7). Teilberäumte und vollbestockte Flächen zeigten höhere mittlere Ellenberg-Zeigerwerte für Stickstoff als Kahlschläge (TukeyHSD, $p < 0,001$), was daraufhin deutet, dass dort Nährstoffe schneller ausgewaschen wurden.

Flächen	2020	2021	2022
Kahlschlag (TB)	3.8 (n=30)	4.07 ↑ (n=30)	3.39 ↓ (n=30)
Teilberäumt (TB)	5 (n=40)	4.44 ↓ (n=40)	4.16 ↓ (n=28)
Vollbestockt (TB)	4.37 (n=20)		
Vollbestockt (JB)	5.17 (n=20)	4.15 ↓ (n=40)	3.66 ↓ (n=40)
Referenz	3.12 (n=20)	3.16 (n=20)	2.88 (n=10)
Brandfläche (total)	4.64 (n=90)	4.26 ↓ (n=130)	3.72 ↓ (n=98)

Tabelle 3: Mittlerer gewichteter Ellenberg-Zeigerwert für Stickstoff (mN) pro Probekreis für die Untersuchungsflächen, sowie signifikante Zunahmen (↑) bzw. Abnahmen (↓) im Vergleich zum Vorjahr (gepaarter t.test). Die Anzahl der Probekreise ist in Klammern angegeben.

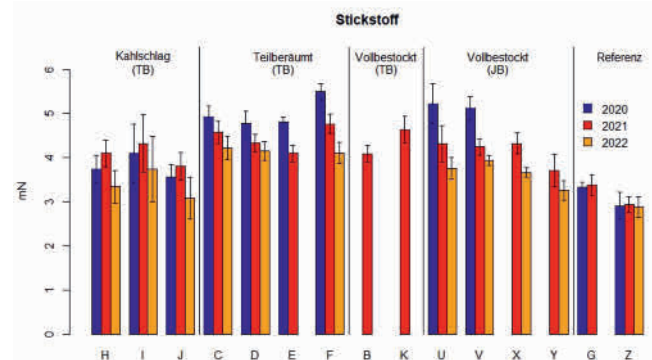


Abbildung 7: Mittlerer gewichteter Ellenberg-Zeigerwert für Stickstoff (plus Standardabweichung) in den Untersuchungsjahren 2020-2022 für alle 15 Untersuchungsflächen

4.3. Entwicklung der Naturverjüngung

Die Brandfläche in Treuenbrietzen zeigte im zweiten Jahr nach dem Brand eine hohe Dichte an Naturverjüngung mit durchschnittlich 14969 Individuen pro ha. Die Individuenzahl an Naturverjüngung war auf den meisten der Probekreise deutlich höher als die mittlere Anzahl an Verjüngung aus Pflanzung bzw. Saat (Abb. 8).

Dominiert wurde diese von Aspen mit durchschnittlich 13590 Individuen pro ha. Häufig fanden sich auch Birken (660/ha), Kiefern (563/ha) und Weiden (104/ha), die allerdings nur punktuell hohe Dichten erreichten. Diese Arten besiedelten die Brandfläche über mit dem Wind ausgebreitete Samen. Birken und Aspen können nach einem Brand auch vegetativ wieder austreiben; allerdings war dies auf den analysierten Probekreisen nicht der Fall. Für die Wiederbesiedlung von Freiflächen mit anemochoren (vom Wind ausgebreiteten) Samen ist es ausschlaggebend, dass Samenbäume in der Umgebung vorhanden sind. Aspen- und Weidensamen können allerdings aufgrund ihrer kleinen, mit langen Haaren ausgestatteten Samen über sehr weite Distanzen fliegen. Birken- und Kiefernverjüngung (beide Arten haben geflügelte Samen bzw. Früchte) fand sich vor allem in der Nähe von potentiellen Samenbäumen (Abb. 9). Diese beiden Arten sind in ihrer Ausbreitungsdistanz deutlich limitierter als Aspen und Weiden mit einer Reichweite von ca. 300 - 400 m (Kiefer) und 600 - 700 m (Birke) (SCHÜLE et al. 2023). Um große Brandflächen flächendeckend gut besiedeln zu können, ist es von Vorteil adulte Kiefern, die das Feuer zunächst überlebt haben, zumindest teilweise als Samenquelle auf den Flächen zu belassen, auch wenn diese langfristig gesehen meist nicht überleben. In großer Nähe zu Kiefern Samenbäumen besteht eine gute Chance auf Naturverjüngung in wirtschaftlich interessanten Mengen (Abb. 10).

Einfluss auf die Naturverjüngung. So wurden im Modell beispielsweise ähnlich hohe Dichten an naturverjüngter Kiefer für vollbestockte Flächen und für Kahlschläge vorhergesagt. Für teilbestockte Flächen wurde eine geringere Kiefernverjüngung vorhergesagt, was sehr wahrscheinlich daran liegt, dass die Teilberäumung erst im Herbst 2019 stattfand und so eine mechanische Störung neu etablierter Keimlinge darstellte (SCHÜLE et al. 2023). Die höchste Aspenverjüngung wurde für Kahlschläge vorhergesagt (SCHÜLE et al. 2023). Bodenbearbeitung erzeugte sehr komplexe Muster, die sich zwischen den Arten unterschieden. Laut Modell profitierte Weide vor allem von Pflügen (insbesondere spätes Pflügen im Herbst 2019), während Aspe in hohen Dichten vor allem auf früh (im Winter/Frühjahr 2018/2019) gepflügten und Flächen ohne jegliche Bodenbearbeitung vorhergesagt wurde. Birke dagegen zeigte im Modell die meiste Verjüngung auf Flächen, die zwar im Zuge von Beräumung mit Maschinen befahren, deren Boden aber nicht weitergehend bearbeitet wurde, gefolgt von Flächen, die früh gepflügt wurden (SCHÜLE et al. 2023). Diese Ergebnisse zeigen, dass es hinsichtlich der Bodenbearbeitung kein einheitliches Muster der Naturverjüngung gibt, sondern sich die Baumarten stark voneinander unterscheiden.

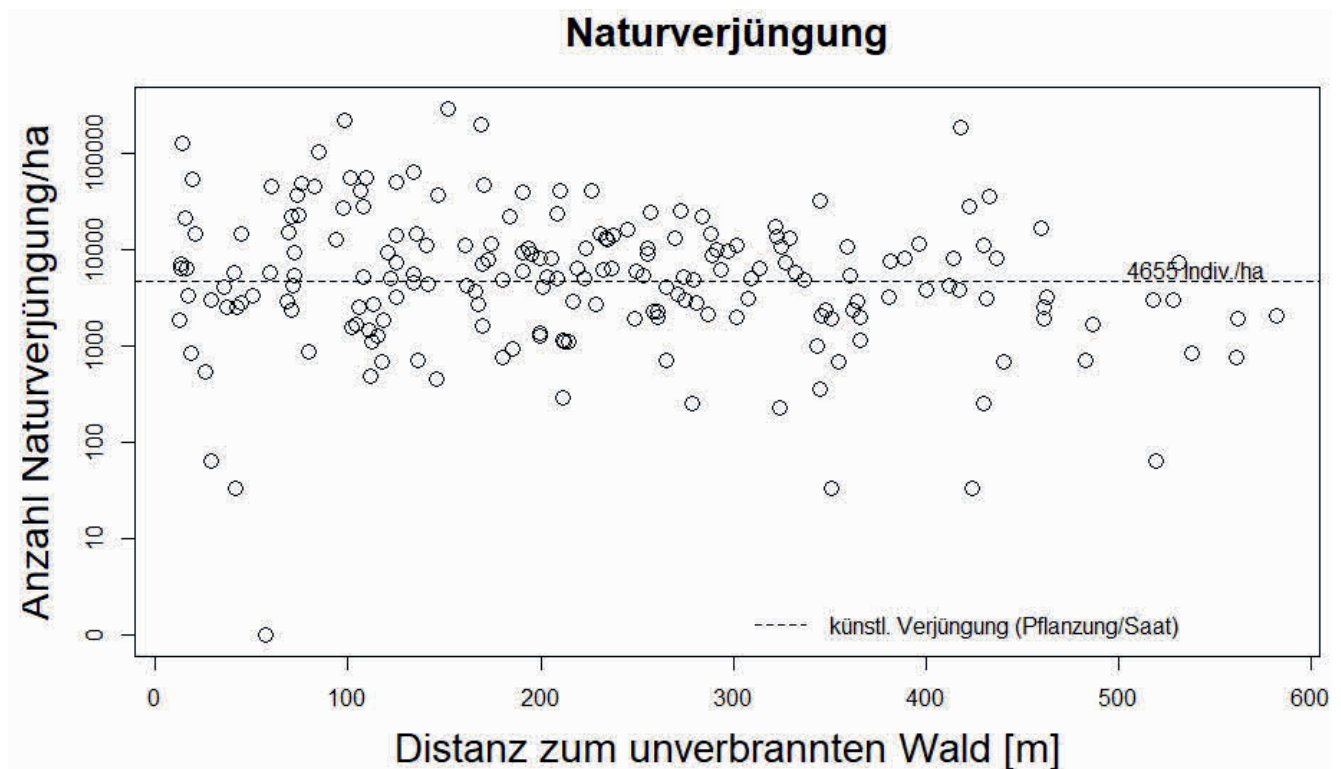


Abbildung 8: Anzahl der naturverjüngten Gehölze pro Probekreis auf 1 ha hochgerechnet auf einer logarithmischen Skala für das Untersuchungs Jahr 2020 (zweites Jahr nach Brand). Die mittlere Dichte an künstlicher Verjüngung aus Pflanzung bzw. Saat im Untersuchungsgebiet ist als gestrichelte Linie dargestellt.

Auch die Schwere des Brandes („fire severity“ sensu (KEELEY 2009)) hatte einen Einfluss auf bestimmte Arten der Naturverjüngung. So wurden in einem Modell weniger Individuen von Aspe, Kiefer und Weide auf stärker verbrannten Probekreisen vorhergesagt (SCHÜLE et al. 2023). In stärker verbrannten Bereichen gibt es weniger überlebende Samenbäume (cf. VACCHIANO et al. 2014) sowie möglicherweise negative Effekte von Asche auf Keimung einzelner Arten (REYES und CASAL 2004) und erhöhte Hydrophobie (wasserabweisende Eigenschaften) des Bodens (MACDONALD und HUFFMAN 2004).

Die forstliche Bearbeitung der Flächen (Beräumung und Bodenbearbeitung) nach dem Brand hatte ebenfalls einen großen

4.5. Entwicklung pflanzlicher Biomasse

Durch starke Brandereignisse kommt es meist zu einem Verlust des Großteils an pflanzlicher Biomasse und Humusaufgabe (KEELEY 2009). Dabei sind Kiefernforste auf sauren Sandstandorten durch besonders starke Humusaufgaben gekennzeichnet, während sie relativ geringe Humusvorräte im – bei einem Waldbrand überwiegend nicht betroffenen – Mineralboden aufweisen (LEUSCHNER et al. 2013). Pflanzliche Biomasse spielt eine große Rolle bei der Kohlenstoffspeicherung, da je nach Art ca. 40-50 % des Trockengewichts an Biomasse aus Kohlenstoff besteht (BOLTE 2006, VASHUM und JAYAKUMAR 2012). Vegetation, die sich nach einem Brand entwickelt, fungiert also auch als Kohlenstoffspeicher. Zusätzlich

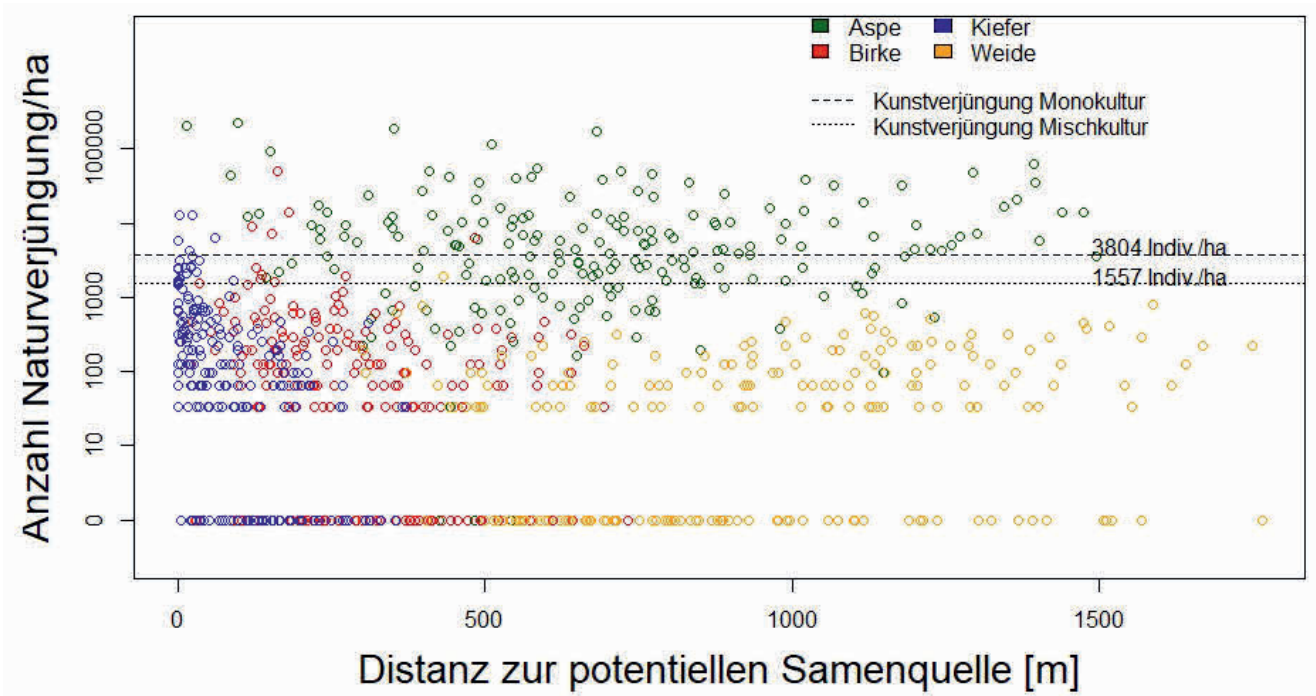


Abbildung 9: Anzahl der Naturverjüngung von Aspe, Birke, Kiefer und Weide pro Hektar in Abhängigkeit von der Distanz zur nächsten potentiellen Samenquelle auf einer logarithmischen Skala für das Untersuchungsjahr 2020 (zweites Jahr nach Brand). Die mittlere Dichte an künstlicher Verjüngung von Birke und Kiefer ist als gestrichelte (Monokultur) bzw. gepunktete Linie (Mischkultur) dargestellt.

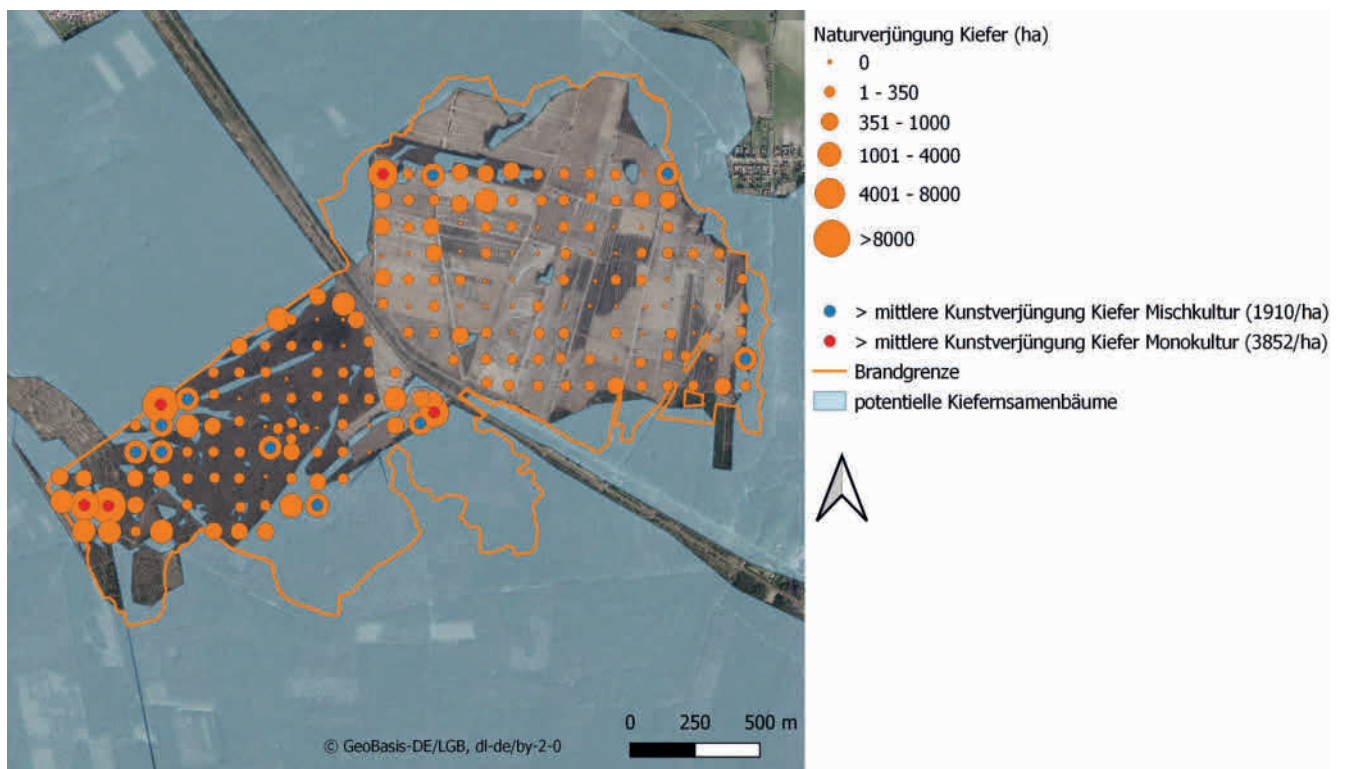


Abbildung 10: Dichte der Naturverjüngung der Kiefer pro Hektar auf der Brandfläche in Treuenbrietzen für das Untersuchungsjahr 2020 (zweites Jahr nach Brand). Höhere Kiefernaturverjüngung als die mittleren Pflanzdichte von Kiefern in Monokultur (rot) und Mischkultur (blau) sind farblich markiert. Flächen mit potentiellen Kiefersamenbäume sind hellblau markiert.

können durch den Brand kurzzeitig frei gesetzte Nährstoffe aufgenommen werden und so kann gerade auf sauren Sandböden mit ihrer geringen Kationenaustauschkapazität (s.o.) einer raschen Nährstoffauswaschung entgegengewirkt werden (CERTINI 2005).

4.5.1. Methodik

Auf den Brandflächen wurde die Biomasse allometrisch mittels des PhytoCalc Modells (BOLTE 2006, WOLFF et al. 2009) geschätzt,

was vorher eigens an die dominanten Arten der Brandflächen angepasst und um eine Schätzfunktion der unterirdischen Biomasse erweitert wurde (SCHÜLE et al. in Vorbereitung). Letzteres war möglich, da Wurzeln und Rhizome in den untersuchten lockeren Sandböden mit vertretbarem Aufwand und ausreichender Genauigkeit ausgegraben werden konnten (s. Abb. 11). Das PhytoCalc Modell berechnet anhand der prozentualen Deckung und der mittleren Sprosslänge (Krautige und Moose) bzw. über den Wurzelhalsdurchmesser und die mittlere Sprosslänge (Jungbäume) das Trockengewicht.



Abbildung 11: Entnahme einer jungen Sal-Weide samt Wurzeln zur Ermittlung der ober- und unterirdischen Biomasse

4.5.2. Allometrische Schätzung der Biomasse

Erste Hochrechnungen der ober- und unterirdischen Biomasse ergaben einen hohen Biomasseanteil der Moose auf den unverbrannten Referenzflächen, aber auch schon auf einigen Brandflächen. Auf Kahlschlagflächen war hingegen recht wenig Moosbiomasse vorhanden (Abb. 12). Bei den jungen Gehölzen war in etwa gleich viel Biomasse ober- und unterirdisch vorhanden, was auf eine große Rolle der unterirdischen Biomasse an der Gesamtbiomasse und damit auch der Kohlenstoffspeicherung hindeutet.

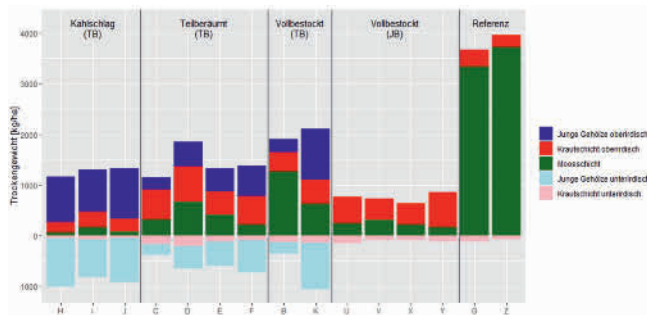


Abbildung 12: Allometrisch geschätzte ober- und unterirdische pflanzliche Biomasse (Trockengewicht in kg/ha) auf den 15 Untersuchungsflächen für das Untersuchungsjahr 2021 für junge Gehölze (dunkelblau: oberirdisch, hellblau: unterirdisch), Krautschicht (dunkelrot: oberirdisch, hellrot: unterirdisch) und Moose (grün) (vorläufige Werte). Es fließen nur Arten in die Berechnung ein, die min. 1 % Gesamtdeckung auf den Probekreisen hatten.

5. Brand 2022

Am 17.06.2022 kam es erneut zu einem Waldbrand bei Treuenbrietzen, der auch die Untersuchungsflächen B, K, C-F, sowie die Referenzfläche G betraf. Bereits wenige Wochen nach dem Brand war zu beobachten, dass viele Aspen, die sich nach dem Feuer 2018 auf der Fläche etabliert hatten, wiederaustrrieben und bis Ende der Vegetationsperiode enorme Wuchshöhen (teilweise mehr als 1,5 m) aufwiesen (Abb. 13, 14).



Abbildung 13: Aspen, Schmalblättriges Weidenröschen und Land-Reitgras treiben ca. 6 Wochen nach dem erneuten Brand aus Wurzeln bzw. Rhizomen wieder aus



Abbildung 14: Nach 4-5 Monaten erreichten die wiederausgetriebenen Aspen Wuchshöhen von teilweise mehr als 1,5m

6. Danksagung

Das Projekt PYROPHOB wird vom Waldklimafonds der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe gefördert (Förderkennzeichen: 2219WK50B4). Besonderer Dank gebührt den Förstern Dietrich Henke (ehemals Stadtwald Treuenbrietzen) und Uwe Honke (Revier Treuenbrietzen; u.a. zuständig für die Forstgenossenschaft

Bardenitz-Pechüle), die Flächen zur Forschung zur Verfügung stellten und Revierdaten an uns weitergaben. Bei der Beprobung der pflanzlichen Biomasse wurden wir von Carolin Frauhammer, Juliana Grün, Reni Hahnke, Gerda Warme und dem Thünen Institut für Forstgenetik unterstützt.

7. Literatur

BEGHIN, R.; LINGUA, E.; GARBARINO, M.; LONATI, M.; BOVIO, G.; MOTTA, R.; MARZANO, R. (2010): *Pinus sylvestris* forest regeneration under different post-fire restoration practices in the northwestern Italian Alps. *Ecological Engineering*; 36: 1365-1372.

BLUMRÖDER, J. B.; IBISCH, P.; BIRKHOFFER, K.; BROSKINSKY, A.; BUBNER, B.; CHMIELEWSKI, J.; CLERK, D.; DOBKOWITZ, S.; FLAGMEIER, M.; FRANKE, T.; GERWIN, W.; HARTONG, H.; HEINKEN, T.; JARLING, R.; JOUY, F.; MEISSNER, A.; RAAB, T.; REPMANN, F.; SCHAFF, W.; SCHIRRMACHER, M.; SCHMITT, T.; SCHRÖDER, J.; SCHÜLE, M.; SCHULZE, K. A.; WELLE, T.; WIEMERS, M. (2021): Projekt PYROPHOB – Strategien zur Entwicklung von pyrophoben und klimawandelresilienten Wäldern auf Waldbrandflächen. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 30: 26-30.

BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG). (2019): *Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2018*. Bonn.

BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG). (2020): *Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2019*. Bonn.

BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG). (2022): *Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2021*. Bonn.

BOLTE, A. (2006): *Biomasse- und Elementvorräte der Bodenvegetation auf Flächen des forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz (BZE; EU Level II)*. Berichte des Forschungszentrums *Waldökosysteme*; Reihe B 72: 4-85.

CERTINI, G. (2005): Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* 143: 1-10.

DOMES, G. (2021): *Muster der Wiederbesiedlung von Pflanzen in einem abgebrannten Kiefernforst bei Treuenbrietzen (Brandenburg)*. Masterarbeit. Universität Potsdam.

DZWONKO, Z.; LOSTER, S.; GAWROŃSKI, S. (2018): Effects of fire severity on understory community regeneration and early succession after burning of moist pine forest. *Tuexenia* 38: 197-214.

GALLEGO ZAMORANO, J.; HOKKANEN, T.; LEHIKONEN, A. (2018): Climate-driven synchrony in seed production of masting deciduous and conifer tree species. *Journal of Plant Ecology* 11: 180-188.

HOFMANN, G.; POMMER, U. (2005): *Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin*. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 14.

KEELEY, J. E. (2009): Fire intensity; fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire* 18:116-126.

KLEYER, M.; BEKKER, R.; KNEVEL, I.; BAKKER, J.; THOMPSON, K.; SONNENSCHIN, M.; POSCHLOD, P.; VAN GROENENDAEL, J.; KLIMEŠ, L.; KLIMEŠOVÁ, J.; KLOTZ, S.; RUSCH, G.M.; HERMY, M.; ADRIAENS, D.; BOEDELTIJE, G.; BOSSUYT, B.; DANNEMANN, A.; ENDELS, P.; GÖTZENBERGER, L.; HODGSON, J. G.; JACKEL, A.-K.; KÜHN, I.; KUNZMANN, D.; OZINGA, W. A.; RÖRMERMANN, C.; STADLER, M.; SCHLEGELMILCH, J.; STEENDAM, H. J.; TACKENBERG, O.; WILMANN, B.; CORNELISSEN, J. H. C.; ERIKSSON, O.; GARNIER, E.; PECO, B. (2008): The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora. *Journal of ecology* 96: 1266-1274.

LEUSCHNER, C.; WULF, M.; BÄUCHLER, P.; HERTEL, D. (2013): Soil C and nutrient stores under Scots pine afforestations compared to ancient beech forests in the German Pleistocene: The role of tree species and forest history. *Forest Ecology and Management* 310: 405-415.

LFB (LANDESBETRIEB FORST BRANDENBURG). (2021): *Waldbrandbericht (unveröffentlichter Bericht)*.

LFB (LANDESBETRIEB FORST BRANDENBURG). (2022) *Waldreiches Land Brandenburg. Bestockungsverhältnisse*. <https://forst.brandenburg.de/lfb/de/themen/wald-nutzen/waldreiches-land/> (letzter Zugriff: 06.03.2022)

MACDONALD, L. H.; HUFFMAN, E. L. (2004): Post-fire soil water repellency: persistence and soil moisture thresholds. *Soil Science Society of America Journal* 68: 1729-1734.

MAROZAS, V.; RACINSKAS, J.; BARTKEVICIUS, E. (2007): Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management* 250: 47-55.

MOSER, B.; TEMPERLI, C.; SCHNEITER, G.; WOHLGEMUTH, T. (2010): Potential shift in tree species composition after interaction of fire and drought in the Central Alps. *European Journal of Forest Research* 129: 625-633.

PYROPHOB. (2023): <https://www.pyrophob.de/> (letzter Zugriff: 06.03.2023)

R CORE TEAM. (2020): *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna Austria.

REYES O., CASAL M. (2004): Effects of forest fire ash on germination and early growth of four *Pinus* species. *Plant Ecology* 175: 81-89.

RODE, M. W. (1999): The interaction between organic layer and forest growth and forest development on former heathland. *Forest Ecology and Management* 114: 117-127.

SCHOLZ, E. (1962): *Die naturräumliche Gliederung Brandenburgs*.

SCHÜLE, M.; DOMES, G.; SCHWANITZ, C.; HEINKEN, T. (2023): Early natural tree regeneration after wildfire in a Central European Scots pine forest: Forest management fire severity and distance matters. *Forest Ecology and Management* 539: 120999.

SCHWANITZ, C. (2021): *Welche Faktoren beeinflussen die initiale Vegetationsentwicklung nach dem Großbrand im Stadtwald Treuenbrietzen (Brandenburg)?* Masterarbeit. Universität Potsdam.

STÄHR, F. (2012): *Wie Phönix aus der Asche-Sekundärsukzession nach Waldbrand als Grundlage für die Entwicklung von Wirtschaftswald*. Eberswalder forstliche Schriftenreihe 49: 10-22.

TIEBEL, K.; HUTH, F.; FRISCHBIER, N.; WAGNER, S. (2020): Restrictions on natural regeneration of storm-felled spruce sites by silver birch (*Betula pendula* Roth) through limitations in fructification and seed dispersal. *European Journal of Forest Research* 139: 731-745.

TYLER, T.; HERBERTSSON, L.; OLOFSSON, J.; OLSSON, P. A. (2021): Ecological indicator and traits values for Swedish vascular plants. *Ecological Indicators* 120.

UBA (UMWELTBUNDESAMT). (2015): *Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel*. Dessau-Roßlau.

VACCHIANO, G.; STANCHI, S.; MARINARI, G.; ASCOLI, D.; ZANINI, E.; MOTTA, R. (2014): Fire severity residuals and soil legacies affect regeneration of Scots pine in the Southern Alps. *Science of the total environment* 472: 778-788.

VASHUM, K. T.; JAYAKUMAR, S. (2012): Methods to estimate above-ground biomass and carbon stock in natural forests-a review. *Journal of Ecosystem & Ecography* 2: 1-7.

WOHLGEMUTH, T.; MOSER, B. (2018): Zehn Jahre Vegetationsdynamik auf der Waldbrandfläche von Leuk (Wallis). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 169: 279-289.

WOLFF, B.; BOLTE, A.; BIELEFELDT, J.; CZAJKOWSKI, T. (2009): Biomasse- und Elementgehalte im Unterwuchs-erste Ergebnisse für Flächen des Forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz. Beiträge zur Jahrestagung 200-212.

Empfehlungen zum Umgang mit Waldbrandflächen

Ulrike Hagemann, Lars Boge, Danica Clerc, Beate Dalitz, Raimund Engel, Jens Hannemann, Kati Hielscher, Ralf Kätzel, Katrin Möller, Frank Pastowski, Katharina Pötter Krouse, Winfried Riek, Jens Schröder, Ulrike Selk, Falk Stähr, Angela Steinmeyer, Matthias Wenk

Waldbrände sind in mitteleuropäischen Waldökosystemen keine natürlichen Störungsereignisse (MÜLLER 2019). Die großen Waldbrände in Nordostdeutschland in den letzten Jahren sind daher nicht nur mit Blick auf die Waldbrandbekämpfung sondern auch auf die Wiederbewaldung der Brandflächen für die meisten forstlichen Fachleute und Waldbesitzenden Neuland.

Im Vergleich zu anderen Kalamitätsflächen zeichnen sich Waldbrandflächen durch eine Reihe besonderer Herausforderungen für die Wiederbewaldung aus (Abb. 1). Die bei größeren Brandflächen freilandähnlichen Witterungsverhältnisse werden durch die verkohlten Oberflächen von Totholz und Boden zusätzlich verstärkt und können zu extremen Temperaturen in Bodennähe führen (HAGEMANN et al. 2010). Darüber hinaus kann ein Teil der verbrannten Bodenoberfläche hydrophobe, d.h. wasserabweisende Eigenschaften entwickeln, so dass Brandflächen ein besonders hohes Trockenheitsrisiko aufweisen (AGBESHIE et al. 2022).



Abb. 1: Waldbrandfläche in Süd-Brandenburg (Foto: Jens Hannemann)

Um das zentrale Ziel zu erreichen – die Wiederherstellung eines funktionsfähigen Waldökosystems – werden aktuell verschiedene Strategien verfolgt, die sich vor allem durch die Intensität des menschlichen Einwirkens unterscheiden und in verschiedenen Kontexten unterschiedlich erfolgreich sind. So ist beispielsweise das flächige Auflaufen von Aspen-Naturverjüngung abhängig von einer Vielzahl von räumlich und zeitlich heterogener Faktoren (z. B. Verfügbarkeit von Samenbäumen, Hauptwindrichtung, Fruktifikation der Samenbäume, Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Keimung, usw.). Dabei gibt es zwischen der flächigen Bäumung des Totholzes mit anschließender Pflanzung und dem vollständigen Verzicht auf jegliche Eingriffe viele Handlungsoptionen, die in unterschiedlichen Kontexten mehr oder weniger erfolgsversprechend sind. Der vielfach geäußerte Wunsch nach einfachen Handlungsempfehlungen steht dabei im Widerspruch zur ökosystemaren Komplexität. Empfehlungen zum Umgang mit Waldbrandflächen sollten daher in jedem Fall aktiv die **Heterogenität der Bedingungen auf den Brandflächen aufgreifen**.

In diesem Sinne erarbeitete eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde (LFE) und des Landesbetriebs Forst Brandenburg (LFB) unter Einbindung externer Expert/innen aus Brand- und Katastrophenschutz, Waldschutz, Waldökologie und der forstlichen Praxis konkrete Empfehlungen zum Umgang mit Waldbrandflächen (MLUK 2022). Die in einem mehrmonatigen Prozess formulierten Empfehlungen

gründen auf aktuell verfügbaren wissenschaftlichen Untersuchungen, dem Wissen der beteiligten Expert/innen sowie dem im nordostdeutschen Tiefland vorhandenen Erfahrungsschatz im Umgang mit Waldbrandflächen seit den 1970er Jahren.

Die Broschüre umfasst grundsätzliche Informationen zu Rahmenbedingungen und Arbeitsschritten, die vor und während der Planung und Umsetzung von Maßnahmen für die weitere Entwicklung von Waldbrandflächen beachtet werden sollten. Vergleichend werden mögliche Maßnahmen mit ihren jeweiligen möglichen positiven Effekten und den damit einhergehenden Risiken in vier Handlungsfeldern dargestellt:

1. **Waldschutz**
2. **Boden und Bodenschutz**
3. **Wiederbewaldung / Waldverjüngung**
4. **Umgang mit Totholz**

Auch das Unterlassen aktiver Eingriffe in die Entwicklung der Brandfläche ist eine mögliche und in vielen Fällen sinnvolle Maßnahme in den einzelnen Handlungsfeldern.

Eine ökonomische Betrachtung der Maßnahmen erfolgte aufgrund der unzureichenden Datenlage sowie der erheblichen Kostendynamik nicht. Dennoch ist im Zuge der Abwägung möglicher Maßnahmen eine integrierte Betrachtung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen von Maßnahmen bzw. deren Unterlassung zu empfehlen. Dabei sollten auch die meist schwer quantifizierbaren Ökosystemleistungen (z. B. Klimaschutz, Grundwasserneubildung, Erosionsschutz, Luftfilterung und -kühlung, Schutz und Förderung der Biodiversität, etc.) berücksichtigt werden.

Rahmenbedingungen

In Brandenburg verpflichten die Regelungen des § 11 LWaldG die Waldbesitzenden zu einer obligatorischen Wiederbewaldung binnen 36 Monaten, wenn es auf einer Fläche >0,5 Hektar zu freilandähnlichen Verhältnissen gekommen ist. Die fachliche Beurteilung, ob auf einer Waldbrand-, Kalamitäts- oder auch Windwurffläche freilandähnliche Verhältnisse vorliegen, wenn der geschädigte Bestand nicht beräumt wird, oder ob das vorhandene Totholz die Schutzfunktion ausreichend erfüllt, liegt zunächst in der Einschätzung der Waldbesitzenden. In Zweifelsfällen obliegt diese fachliche Beurteilung der unteren Forstbehörde. Spätestens mit der Feststellung des Vorhandenseins von freilandähnlichen Verhältnissen durch die untere Forstbehörde beginnt die Wiederbewaldungsfrist von 36 Monaten, für die Waldbesitzende eine Verlängerung bei der unteren Forstbehörde beantragen können. Brandflächen mit einer Größe <0,5 Hektar können der natürlichen Entwicklung überlassen werden.

Für die Entwicklung des Waldökosystems auf der Brandfläche haben neben abiotischen (darunter Bodenzustand, Klimabedingungen, Witterung) und biotischen Komponenten (z. B. noch vorhandene Vegetation, Samen im Boden, Vielfalt von Bodenlebewesen und Insekten) auch Eigenschaften des direkten Umfelds der Brandfläche eine große Bedeutung. Deshalb sollte als Grundlage für alle Entscheidungen zum Umgang mit der jeweiligen Brandfläche die Ausgangssituation in Bezug auf den Zustand der Vegetation und des Bodens sowie weiteren Rah-

menbedingungen (z. B. Erschließungssystem, Nähe der Brandfläche zu Siedlungen und weiteren Infrastrukturen, Schutzstatus) räumlich differenziert erfasst und skizziert werden.

Die Eigentumsgrenzen auf der Brandfläche und den direkt angrenzenden Flächen sind ggf. gemeinsam mit dem zuständigen Forstamt zu klären. Dies ermöglicht auch eine Abstimmung der Maßnahmenplanung mit benachbarten Waldbesitzenden.

Bei einem Kampfmittelverdacht sollte der Status der betroffenen Bereiche gemeinsam mit dem zuständigen Kampfmittelbeseitigungsdienst abgeklärt werden und ggf. für Randstreifen entlang des Hauptwegenetzes sowie zur Anlage von Waldbrandschutzscheiden oder -riegeln eine Räumung beauftragt werden.

Ablauf der Planung

Grundsätzlich ist die Entwicklung stabiler, anpassungsfähiger und ökologisch vielfältiger Waldökosysteme anzustreben, welche die gewünschten Ökosystemleistungen auch langfristig unter sich ändernden Klimabedingungen erfüllen können. Vor einer Entscheidung über die Auswahl konkreter Maßnahmen sollten die jeweiligen Waldbesitzenden, ggf. mit Unterstützung durch forstliche Fachleute, ihre Ziele für die Entwicklung der Brandfläche definieren.

Dabei sollten unabhängig von den eigentümerspezifischen Entwicklungszielen vier Kernziele in absteigender Priorität berücksichtigt werden.

- 1. Brandschutz** – alle Waldbrandschutzwege sind offen und befahrbar zu halten, um die Erreichbarkeit der Fläche für die Waldbrandbekämpfung sicherzustellen, ein sicheres Vorgehen der Einsatzkräfte zu ermöglichen und das Ausbreitungsrisiko zukünftiger Waldbrände zu minimieren.

- 2. Wiederbewaldung** – alle Maßnahmen zielen auf die Entwicklung einer widerstandsfähigen, anpassungsfähigen und ökologisch vielfältigen Waldvegetation ab.

- 3. Bodenschutz** – zur Vermeidung langfristiger Bodendegradation sind alle Maßnahmen bodenschonend durchzuführen.

- 4. Struktur- und Habitatvielfalt** – bei der Auswahl von Maßnahmen sollte zur Förderung der Biodiversität auf eine Vielfalt an Strukturen, Pflanzenarten, usw. geachtet werden.

In ihrer gesamten inhaltlichen Breite sind diese Ziele bei der Entwicklung der Brandfläche insbesondere durch eine kleinräumige Aufteilung der Brandfläche im Zuge der Maßnahmenplanung sowie eine sinnvolle zeitliche Staffelung der Maßnahmen zu erreichen.

Abhängig von der Gesamtgröße und der Form der jeweiligen Brandfläche sollte bei der **räumlichen Planung** eine kleinräumige Aufteilung in Bereiche mit unterschiedlichen Maßnahmen erfolgen, idealerweise in Abstimmung mit benachbarten Waldbesitzenden. Auf diese Weise kann die räumlich unterschiedliche Ausprägung verschiedener Faktoren (z. B. Waldzustand vor dem Brand, Brandintensität und Schädigungsgrad, Standortseigenschaften, Kampfmittelbelastung, Erschließungssystem, Nähe zu Siedlungen und Infrastrukturen, Schutzstatus sowie Abstand, Zustand und Baumartenzusammensetzung der umliegenden Waldbestände) berücksichtigt werden.

Grundsätzlich sollen durch die kleinflächig umgesetzten Maßnahmen in den verschiedenen Handlungsfeldern möglichst günstige Bedingungen für die Entwicklung vielfältiger und strukturreicher Waldökosysteme geschaffen werden (Abb. 2). Bei Brandflächen $\leq 0,5$ Hektar kann auf aktive Maßnahmen verzichtet werden, wenn angrenzend intakte Waldbestände vorhanden sind und von einer natürlichen Wiederbewaldung der Fläche



Abb. 2: Beispielhafte Zonierung einer großen Waldbrandfläche mit Maßnahmen in vier Handlungsfeldern (Grafik: Ulrike Hagemann, Kerstin Runge)

auszugehen ist. Zu beachten ist ggf. jedoch eine notwendige Beräumung von Totholz aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht und des vorbeugenden Brandschutzes entlang von Wegen, sowie im Umfeld von Siedlungen und Infrastrukturen. Bei Brandflächen >1 Hektar wird eine kleinräumige Aufteilung der Fläche in Bereiche mit unterschiedlichen Maßnahmen empfohlen; bei Brandflächen >5 Hektar sollte diese unbedingt erfolgen.

Die bisherige Waldeinteilung (d. h. Abteilungen, bestehendes Erschließungssystem) ist möglichst beizubehalten und vor Ort auf der Fläche zu markieren. Diesbezügliche Vorgaben sind bei zertifizierten Forstbetrieben verbindlich. So können vorhandene Wege und Fahrlinien weiter genutzt und zusätzliche Bodenverdichtungen minimiert werden.

Bei der **zeitlichen Planung** sind zeitliche Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Maßnahmen und die für bestimmte Prozesse notwendigen Zeiträume zu bedenken. Beispielsweise wird stehend belassenes Totholz in wenigen Jahren umfallen und die Zugänglichkeit der Fläche über viele Jahre hinweg stark einschränken. Gleichzeitig ist mit einer flächig relevanten Etablierung von Naturverjüngung aufgrund der mit dem Klimawandel zunehmend unregelmäßigen Fruktifikation vorhandener Samenbäume im Umfeld der Brandfläche erst im Verlauf mehrerer Jahre zu rechnen.

Handlungsfeld Waldschutz

Aus Waldschutzsicht ist die mögliche gegenseitige Beeinflussung von Waldbränden und Insektenmassenvermehrungen von besonderem Interesse. Auf der einen Seite kann absterbendes Feinstmaterial (z. B. aufgrund von Insektenfraß) kurzzeitig die Brandgefährdung erhöhen; auf der anderen Seite kann eine verringerte Vitalität der brandgeschädigten Bäume zur starken Vermehrung holz- und rindenbrütender Insekten führen. Eine Differenzierung zwischen bruttauglichem Schadholz (d. h. absterbende und frisch abgestorbene Bäume) und ökologisch wertvollem Totholz ist deshalb eine wichtige Voraussetzung für Entscheidungen über den Zeitpunkt und Umfang von Maßnahmen.

Absterbende und frisch abgestorbene Bäume bieten in einem Zeitraum von zwei Jahren nach einem Brandereignis Brutmaterial für Sekundärschädlinge (Abb. 3). Abhängig von Menge und Qualität des vorhandenen Brutmaterials besteht somit in dieser Zeit ein hohes bis sehr hohes Risiko einer Vermehrung von Sekundärschädlingen. Dies stellt für benachbarte vitale Bestände jedoch nur in Kombination mit anderen Schadereignissen (wie z. B. Dürre) ein Risiko dar. In diesem Fall sollte aus Gründen des Waldschutzes das verfügbare frische Brutmaterial durch eine (teilweise) Beräumung des durch den Brand neu entstandenen Totholzes auf der Fläche reduziert werden.

Die neu entstandenen Waldränder, Bauminseln und ggf. geschädigten Einzelbäume sollten in den auf das Brandereignis folgenden 1–2 Jahren wegen erhöhter Risiken durch waldschutzrelevante Insekten regelmäßig kontrolliert werden. Aufgrund der nicht sichtbaren Schäden am Kambium ist davon auszugehen, dass ein großer Teil der äußerlich weniger stark geschädigten Bäume im genannten Zeitraum noch abstirbt.

Aspekte des Waldschutzes sollten auch bei den Überlegungen zur Waldverjüngung berücksichtigt werden, da Jungpflanzen abhängig von ihrer Entstehung aus Naturverjüngung, Saat oder Pflanzung aufgrund der extremen Umweltbedingungen auf Waldbrandflächen z. B. durch Trockenheit, Insekten, Pilze, Mäuse und Wildverbiss erheblich geschädigt oder vollständig ausfallen können.



Abb. 3: Absterbende und frisch abgestorbene Bäume bieten in einem Zeitraum von zwei Jahren nach einem Brandereignis Brutmaterial für Sekundärschädlinge (Foto: Ulrike Selk)

Handlungsfeld Boden und Bodenschutz

Zentrales Ziel in diesem Handlungsfeld ist der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und die Vermeidung einer weiteren Degradation des Standortes. Daher ist auf eine vollständige Räumung der Biomasse zu verzichten, sofern dem nicht Aspekte des Waldschutzes oder der Wiederbewaldung entgegenstehen. Der Fokus sollte darauf liegen, eine effektive Bodenbedeckung zu erhalten bzw. zu entwickeln (z. B. durch Anlage einer Schutzpflanzendecke), um eine weitere Degradation des offenliegenden Bodens durch Wind- oder Wassererosion zu verhindern.

Eine plätze-, reihen- oder streifenweise Bodenverwendung sollte nach Beurteilung des Bodenzustands vor Ort nur dann erfolgen, wenn sich dadurch die Chancen einer natürlichen oder künstlichen Wiederbewaldung verbessern lassen.

Auf eine vollflächige Befahrung der Fläche im Zuge der Entnahme von Teilen des geschädigten Bestands ist grundsätzlich zu verzichten. Stattdessen ist das vor dem Brand existierende Gassensystem zu nutzen (Abb. 4) bzw. ein neues Gassensystem ist anzulegen.



Abb. 4: Durch Hochstubben markierte und aus Gründen des vorbeugenden Bodenschutzes mit Totholz bedeckte Rückegasse

Handlungsfeld Wiederbewaldung

Vorrangiges Ziel ist die Entwicklung stabiler, anpassungsfähiger und ökologisch vielfältiger Waldökosysteme, welche die gewünschten vorrangigen Waldfunktionen auch langfristig unter sich ändernden Klimabedingungen erfüllen können.

Eine Grundvoraussetzung für die Waldverjüngung ist die Sicherstellung angepasster Wilddichten. Dazu sollte die Brandfläche und deren Umfeld als Bejagungsschwerpunkt definiert werden. In Einzelfällen, falls beispielsweise kein Einfluss auf das lokale Jagdregime genommen werden kann, sind gegebenenfalls auch eine Zäunung, Einzelschutzmaßnahmen oder die Anlage von Weisergattern sinnvoll.

Nach Möglichkeit sollte der oft natürlich entstehende Vorwald aus heimischen Pionierbaumarten in die Waldentwicklung auf der Brandfläche integriert werden (Abb. 5). Mit einer Entscheidung über eine zielgerichtete, ergänzende Kunstverjüngung (Saat und/oder Pflanzung) in Bereichen mit ausbleibender Naturverjüngung sollte daher mindestens 2-3 Jahre gewartet werden. Kunstverjüngung ist außerdem sinnvoll, um kleinflächig Baumarten zu etablieren, bei denen aufgrund fehlender Samenbäume in der Umgebung der Brandfläche keine Naturverjüngung zu erwarten ist. Bei Saat und Pflanzung sind die jeweiligen länderspezifischen Baumartenempfehlungen zu beachten.



Abb. 5: Vorwald aus Aspen und Birken-Naturverjüngung auf einer Waldbrandfläche mit Schutzwirkung für die Etablierung weiterer Baumarten

Der Zeitversatz zwischen Naturverjüngung und etwaiger ergänzender Kunstverjüngung hat den Vorteil, dass die etablierte Naturverjüngung ihre bodenverbessernde und schützende Wirkung als Vorwald besser entfalten kann, mehr Strukturvielfalt entsteht, und besser abgeschätzt werden kann, ob und wie die Einbringung weiterer Baumarten zum Erreichen der formulierten Ziele erforderlich ist.

Die Verjüngungsplanung sollte unbedingt in enger inhaltlicher Abstimmung mit dem Totholzkonzept erarbeitet werden, da beim Belassen nennenswerter Mengen von stehendem Totholz die Flächen nachfolgend für ca. 10-15 Jahre für flächige Pflanzungs- und Pflegemaßnahmen schwer bis gar nicht zugänglich sind.

In der Verjüngungsplanung sollte außerdem die Anlage temporärer und zukünftiger, dauerhafter Waldbrandwundstreifen, Waldbrandschutzriegel und Waldbrandschutzstreifen (MLUK 2023) sowie die Anlage von Waldinnen- und Waldaußenrändern mit Krautsaum berücksichtigt werden (MLUK 2020), insbesondere bei größeren Brandflächen.

Handlungsfeld Totholz

Oberste Priorität hat die Beräumung von Wegen, die dem Waldbrand- und Katastrophenschutz dienen. Die dauerhafte Befahrbarkeit dieser Wege ist durch das Herunterschneiden hängender und angeschobener Bäume zu sichern. Beidseitig des Hauptwegesystems zum Katastrophenschutz sowie angrenzend an Siedlungen und anderen Infrastrukturen (z. B. Löschwasserentnahmestellen, Bahnlinien, u. ä.) sind aus Gründen des vorbeugenden Brandschutzes mindestens 30 m breite Pufferstreifen vollständig von Totholz zu räumen, um die Brandlast zu reduzieren und dauerhaft die Zugänglichkeit für Feuerwehr und Katastrophenschutz zu sichern.

Der Erhalt von Totholz auf Brandflächen dient

1. dem Schutz und der Förderung der Waldverjüngung z. B. durch Beschattung, Pufferung von Temperaturextremen, Windschutz und Wasserrückhalt,
2. dem Erhalt möglichst hoher Nährstoffvorräte und
3. der Förderung der Biodiversität im Waldökosystem.

Die Stärke dieser Effekte unterscheidet sich jedoch z. B. nach der Zersetzung, Stärke, Art und Position des Totholzes. Viele der positiven Effekte von Totholz nehmen erst mit fortschreitender Zersetzung zu, zum Ende des Zerfallsprozesses hingegen wieder ab. Liegendes Totholz mit flächigem Bodenkontakt ist besonders förderlich für den Wasserrückhalt und die Geschwindigkeit von Zersetzungsprozessen, während stehendes Totholz schneller austrocknet und langsamer zersetzt wird. Starkes, liegendes, zumindest anfänglich zersetztes und feuchtes Totholz kann im Hinblick auf die Ausbreitung erneuter Waldbrände hemmend wirken. Im Gegensatz dazu stellen große Mengen an trockenem stehenden oder luftig liegenden und unzersetztem Totholz eine temporäre Brandlast dar.

Entscheidungen bezüglich des Umgangs mit dem durch den Brand neu entstandenen Totholz sind daher kleinflächig und unter Berücksichtigung der Nähe zu Wegen, Siedlungen und anderen Infrastrukturen im Sinne eines vorbeugenden Brandschutzes, des Waldschutzrisikos, der standörtlichen Nährkraft sowie der Verjüngungsplanung zu treffen. In Zusammenhang mit der Planung der Waldverjüngung ist zu berücksichtigen, dass bei Belassen nennenswerter Mengen von stehendem oder liegendem Totholz in bestimmten Bereichen der Brandfläche diese nachfolgend für ca. 10-15 Jahre für Pflanzungs- und Pflegemaßnahmen etc. nicht oder schwer zugänglich ist.

Soweit auf der Fläche zu finden, sollte vor dem Brand vorhandenes, bereits teilweise zersetztes und damit ökologisch besonders wertvolles Totholz auf der Fläche belassen werden, unabhängig von Dimension und Baumart. Stehende abgestorbene Laubbäume sollten ebenfalls belassen werden; mit Ausnahme der Pufferstreifen um Hauptwegesysteme, Siedlungen und Infrastrukturen und in Bereichen mit Verkehrssicherungspflicht.



Abb. 6: Räumlich differenziertes Belassen von stehendem und liegendem Totholz auf einer Brandfläche nahe der Stadt Beelitz

Fazit

Die Empfehlungen in der neuen Broschüre (Abb. 7) richten sich an all diejenigen Menschen, die Verantwortung für die Entwicklung von Waldbrandflächen tragen. Sie dient als Grundlage für die Beratung und Begleitung durch forstliche Fachleute bei der Entscheidungsfindung und der nachfolgenden Maßnahmenumsetzung. Aufgrund der heterogenen Ausgangsbedingungen auf Waldbrandflächen sollte die Maßnahmenauswahl nicht nur auf den Zielen der jeweiligen Waldbesitzenden basieren, sondern eine möglichst detaillierte Bewertung der konkreten Rahmenbedingungen vor Ort berücksichtigen. Bei einer räumlich und zeitlich differenzierten Kombination der vorgestellten Maßnahmen tragen die Empfehlungen zur Entwicklung stabiler, anpassungsfähiger und ökologisch vielfältiger Waldökosysteme auf Brandflächen bei.



Abb. 7: Broschüre mit Empfehlungen zum Umgang mit Waldbrandflächen (MLUK 2022)

Quellen:

AGBESHIE, A. A.; ABUGRE, S.; ATTA-DARKWA, T.; & AWUAH, R. (2022): A review of the effects of forest fire on soil properties. *Journal of Forestry Research*, 33(5): 1419-1441; <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01475-4>.

HAGEMANN, U.; MORONI, M. T.; GLEISSNER, J.; & MAKESCHIN F. (2010): Disturbance history influences downed woody debris and soil respiration. *Forest Ecology and Management*, 260(10): 1762-1772; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.018>.

MLUK 2020: Richtlinie zum Erhalt und zur Anlage von Waldrändern im Land Brandenburg. Online verfügbar unter <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Richtlinie-Waldrand-Juli2020.pdf>

MLUK 2022: Empfehlungen zum Umgang mit Waldbrandflächen. Online verfügbar unter <https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Empfehlungen%20zum%20Umgang%20mit%20Waldbrandflaechen.pdf>

MLUK 2023: Handreichung zu Baumarten- und Maßnahmenempfehlungen für Waldbrandschutzriegel und Waldbrandschutzstreifen. (in Bearbeitung)

MÜLLER, M. (2019): Waldbrände in Deutschland, Teil 1. *AFZ-Der Wald*, 18: 27-31.

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Publikationen 2022

WALDBAU/WALDWACHSTUM

ENGEL, J. (2022):

Der Robinien-Lehrpfad SCHWENOW: Waldbauliche Schlussfolgerungen aus einer aktuellen Wiederholungsaufnahme
Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 72: 13-25.

SCHRÖDER, J.; DÜMATZ, C.; KÄTZEL, R.; KÖRNER, M. (2022):

Site matters: Differences in tree-species adaptability as a function of climate and soil

Poster zur Tagung „Tree Rings in Archeology, Climatology, and Ecology (TRACE)“ in Erlangen

SCHRÖDER, J.; KÖRNER, M. (2022): **Buchen-Voranbau aus Sicht des Kieferschirms -Stabilisierung oder Stress? Ergebnisse dendroökologischer Analysen**

Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Rendsburg, Tagungsbericht: 35-46.

SCHRÖDER, J.; VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M.; VAN DER MAATEN, E.; THURM, E. A. (2022):

Wuchsreaktionen der Rot-Buche auf die Witterung: ausgewählte Ergebnisse von Jahrringanalysen in Nordostdeutschland

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 46-55.

WALDSCHUTZ

HAGEMANN, U. (HRSG.), BOGE, L., CLERC, D., DALITZ, B., ENGEL, R., HANNEMANN, J., HIELSCHER, K., KÄTZEL, R., MÖLLER, K., PASTOWSKI, F., PÖTTER KROUSE, K., RIEK, W., SCHRÖDER, J., SELK, U., STÄHR, F., STEINMEYER, A., WENK, M. (2022):

Empfehlungen zum Umgang mit Waldbrandflächen
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK), Landesbetrieb Forst Brandenburg. 30 Seiten.

BAIER, U.; ELSNER, G.; HABERMANN, M.; HIELSCHER, K.; HOPPE, B.; HUBER, S.; HURLING, R.; IMMLER, T.; KRÜGER, F.; LANGER, G.; LOBINGER, G.; MÖLLER, K.; PAPE, B.; PLAŠIL, P.; ROHDE, M.; ROMMERSKIRCHEN, A.; SCHRADER, G.; WEBER, M.; WENZEL, A. (2022):

Wichtige Forstschädlinge - erkennen, überwachen und bekämpfen

FNR, Gülzow-Prüzen, 141 S.

MAASS, O.; MÖLLER, K.; KAPLICK, J. (2022):

Kosten der Überwachung von Kieferschadinsekten in Brandenburg.

AFZ-Der Wald 16: 23-27. Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) Publikationen 2022

MAASS, O.; MÖLLER, K.; KAPLICK, J. (2022):

Kosten von hubschraubergestützten Insektizidanwendungen
AFZ-Der Wald 20: 23-27.

MÖLLER, K. (2022):

Rote Waldameisen.

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK), Landesbetrieb Forst Brandenburg. Informationen für Waldbesitzer. Faltblatt, 12 Seiten.

MÖLLER, K.; HIELSCHER, K.; WENNING, A.; DAHMS, CH. (2022):

Waldschutzsituation 2021 in Brandenburg und Berlin
AFZ-Der Wald 11: 44-47.

MÖLLER, K.; MÜLLER, C.; EBERT, P. (2022):

Klimaextreme mit sichtbaren Folgen – unerwartete Akteure im Waldschutzgeschehen

Geschäftsbericht 2021 - Landesbetrieb Forst Brandenburg: 16-21.

MÜLLER, C.; MÖLLER, K.; JANSEN, M. (2022):

Kleine Dunkle Kiefernbuschhornblattwespe mit Massenvermehrung

AFZ-Der Wald 20: 34-37.

SCHAFELLNER, C.; MÖLLER, K. (2022):

Insect defoliators

In: Wohlgemuth, T.; Jentsch, A.; Seidl, R. (Ed.): Disturbance Ecology. Landscape series Volume 32. Springer: 239-269. Waldökologie

WALDÖKOLOGIE

KÄTZEL, R.; SCHRÖDER, J.:

Zur Zukunft der Rot-Buche im Brandenburger Wald - ein Zwischenfazit

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 71: 129-130.

FERNERKUNDUNG

RÜFFER, O.; BECKER, F. (2022):

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

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 72: 46-51.

GENETIK/ÖKOPHYSIOLOGIE/KLIMAWANDEL

LANGER, J.G.; FUCHS, S.; OSEWOLD, J.; PETERS, S.; SCHREWE, F.; RIDLEY, M.; KÄTZEL, R.; BUBNER, B.; GRÜNER, J. (2022):

FraxForFuture—research on European ash dieback in Germany

Journal of Plant Diseases and Protection. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00670-z> Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) Publikationen 2022

MÜLLER, J.; KÄTZEL, R. (2022):

Die historische Versuchsstation auf dem Drachenkopf in Eberswalde

AFZ-Der Wald 13.

BODENKUNDE

JOCHHEIM, H.; LÜTTSCHWAGER, D.; RIEK, W. (2022):

Stem distance as an explanatory variable for the spatial distribution and chemical conditions of stand precipitation and soil solution under beech (*Fagus sylvatica* L.) trees

Journal of Hydrology. 608(6). 127629. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127629>.

ZICHE, D.; GRÜNEBERG, E.; RIEK, W.; WELLBROCK, N. (2022):

Comparison of the LUCAS 2015 inventory with the second National Forest Soil Inventory: Comparability and representativeness of two soil inventories conducted in Germany

Johann Heinrich von Thünen Institut, Thünen-Report 94, 62 S. https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_94.pdf

WELLBROCK, N., MAKOWSKI, V., BIELEFELDT, J., DÜHNELT, P.E., GRÜNEBERG, E., BIENERT, O., BLUM, U., DRESCHER-LARRES, K., EICKENSCHIEDT, N., FALK, W., GREVE, M., HARTMANN, P., HENRY, J., JACOB, F., MARTIN, J., MILBERT, G., RIEK, W., RÜCKKAMP, D., SCHILLI, C. (2022):

Arbeitsanleitung für die dritte Bodenzustandserhebung im Wald (BZE III): Manual on the third Soil Inventory in Forests
Johann Heinrich von Thünen-Institut, 237 p, Thünen Working Paper 195, DOI:10.3220/WP1655205829000

WOHLGEMUTH, L., RAUTIO, P., AHRENDTS, B., RUSS, A., VESTERDAL, L., WALDNER, P., TIMMERMANN, V., EICKENSCHIEDT, N., FÜRST, A., GREVE, M., ROSKAMS, P., THIMONIER, A., NICOLAS, M., KOWALSKA, A., INGERSLEV, M., MERILÄ, P., BENHAM, S., JACOBAN, C., HOCH, G., ALEWELL, C., AND JISKRA, M. (2022):
Physiological and climate controls on foliar mercury uptake by European tree species
Biogeosciences, 19, 1335–1353, <https://doi.org/10.5194/bg-19-1335-2022>, 2022.

FORSTLICHE UMWELTKONTROLLE

MLUK (2022):

Waldzustandsbericht 2022 des Landes Brandenburg
Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK), Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Eberswalde.

RUKH, S., T. SCHAD, M. STRER, M. NATKHIN, I. KRÜGER, S. RASPE, N. EICKENSCHIEDT, R. HENTSCHEL, A. HÖLSCHER, P. REITER AND T.G.M. SANDERS. (2022):
Interpolated daily temperature and precipitation data for Level II ICP Forests plots in Germany
Annals of Forest Science 79 (1), DOI:10.1186/s13595-022-01167-3
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) Publikationen 2022

SALOMÓN, R.L., R.L. PETERS, R. ZWEIFEL, U.G.W. SASS-KLAASSEN, A.J. STEGEHUIS, M. SMILJANIC, R. POYATOS, F. BABST, E. CIENCIALA, P. FONTI, B.J.W. LERINK, M. LINDNER, J. MARTINEZ-VILALTA, M. MENCUCINI, G.J. NABUURS, E. VAN DER MAATEN, G. VON ARX, A. BÄR, L. AKHMETZANOV, D. BALANZATEGUI, M. BELLAN, J. BENDIX, D. BERVEILLER, M. BLAŽENEC, V. ČADA, V. CARRARO, S. CECCHINI, T. CHAN, M. CONEDERA, N. DELPIERRE, S. DELZON, L. DITMAROVÁ, J. DOLEZAL, E. DUFRÈNE, J. EDVARDSSON, S. EHEKIRCHER, A. FORNER, J. FROUZ, A. GANTHALER, V. GRYC, A. GÜNEY, I. HEINRICH, R. HENTSCHEL, P. JANDA, M. JEŽÍK, H.P. KAHLÉ, S. KNÜSEL, J. KREJZA, Ł. KUBERSKI, J. KUČERA, F. LEBOURGEOIS, M. MIKOLÁŠ, R. MATULA, S. MAYR, W. OBERHUBER, N. OBOJES, B. OSBORNE, T. PALJAKKA, R. PLICHTA, I. RABBEL, C.B.K. RATHGEBER, Y. SALMON, M. SAUNDERS, T. SCHARNWEBER, Z. SITKOVÁ, D.F. STANGLER, K. STERENČZAK, M. STOJANOVIĆ, K. STŘELCOVÁ, J. SVĚTLÍK, M. SVOBODA, B. TOBIN, V. TROTSIUK, J. URBAN, F. VALLADARES, H. VAVRČÍK, M. VEJPUŠTKOVÁ, L. WALTHERT, M. WILMKING, E. ZIN, J. ZOU AND K. STEPPE. (2022):

The 2018 European heatwave led to stem dehydration but not to consistent growth reductions in forests
Nature Communications 13 (1): 1–11, DOI:10.1038/s41467-021-27579-9

FORSTPOLITIK, PLANUNG UND BETRIEBSWIRTSCHAFT

JANDER, A. (2022):

Auswertung des Testbetriebsnetzes des BMEL 2020 für Brandenburg
Hrsg.: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde.

Ausgewählte Posterpräsentationen



Forstwirtschaft

Überlebenschancen der Kiefer nach einem Waldbrand

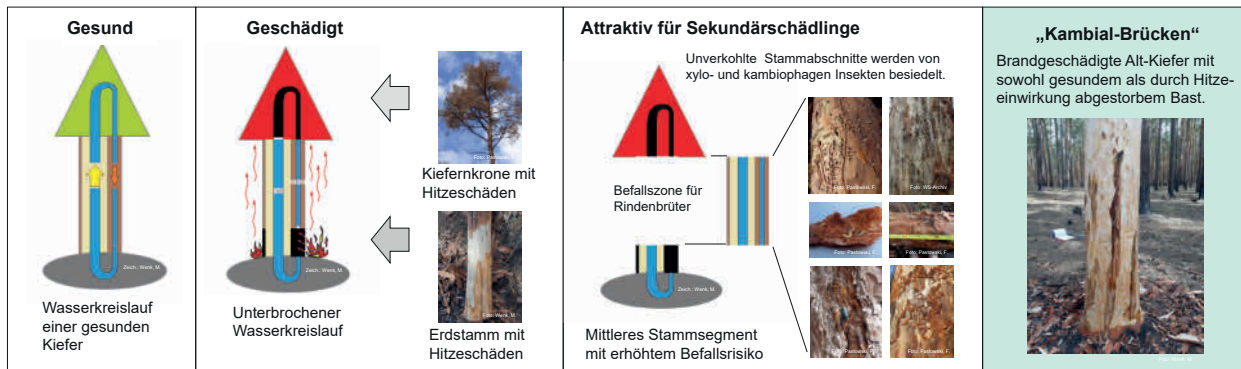
Kann die Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) Feuer widerstehen? Sie hat keine Anpassungs- und Überlebensstrategien für Feuer entwickelt. Dafür hätte im Laufe der Evolution der Selektionsdruck in Form von Feuerintensität, -frequenz und -typ (Feuerregime) höher sein müssen. Das ist beispielsweise bei der im Mittelmeerraum heimischen Aleppo-Kiefer (*Pinus halepensis*) der Fall. In der Regel sterben heimische Kiefern-Arten nach einem Großbrand. Einzelne Kiefern überleben aber auch Brandkatastrophen. Unter welchen Voraussetzungen ein Überleben möglich ist, zeigen die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse von der Waldbrandfläche (2018) bei Treuenbrietzen.



4 Jahre nach dem Großbrand - überlebende Kiefern

Warum sterben die meisten Kiefern nach einem Waldbrand?

Die bei der Verbrennung der Humusschicht freigesetzte Hitze zerstört die Bastschicht im Erdstammbereich sowie Nadeln, Zweige und Äste - sichtbar durch verdorrte, rot verfärbte Kronen. Dadurch werden Wasser- und Stoffkreislauf des Baumes unterbrochen.



Warum überleben einzelne Kiefern einen Waldbrand?

Kiefern können überleben, wenn für die Aufrechterhaltung von Wasser- und Stoffkreislauf ausreichende Bast- und Kronenanteile erhalten bleiben.

Überwallung

Intakte Bastbereiche (partielles Dickenwachstum) sind äußerlich an hellen Rindenaufreizungen erkennbar.

1 Jahr nach dem Brandereignis
2 Jahre nach dem Brandereignis
4 Jahre nach dem Brandereignis

Überwallende brandgeschädigte Bast-Zone (1 Jahr nach dem Brandereignis)

Regenerationschancen

Regeneration von brandgeschädigtem starken Stangenholz und Altholz mit voll verkohitem Stammumfang, 4 Jahre nach einem Großbrand

Überwallung (%)

Nadelprozent

● Überwallungsanteil (%) an "gesunden" Kiefern
● Überwallungsanteil (%) an kranken/toten Kiefern

Eine Überlebenschance besteht, wenn

1. der überwiegende Humus-Anteil nicht verbrennt und
2. mindestens 1/3 der kambialen Mantelfläche sowie 50 % der Nadelmasse gesund bleiben, somit der Wasser- und Stoffkreislauf zwischen Wurzel und Krone nicht unterbrochen wird.

min. 1/3 gesunde Stammantelfläche + 50 % grüne Nadelmasse



Matthias Wenk und Frank Pastowski
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde
Matthias.Wenk@ifb.brandenburg.de





PYROPHOB

Strategien zur Entwicklung von pyrophoben und klimawandelresilienten Wäldern auf Waldbrandflächen

Forschen für den Wald von morgen

Ziel des Forschungsprojekts ist es herauszufinden, wie sich Waldbrandflächen im Rahmen unterschiedlicher Managementstrategien entwickeln, um daraus Handlungsempfehlungen für den zukünftigen Umgang mit Wäldern bzw. Waldbrandflächen abzuleiten. Dabei geht es auch darum, eine Entwicklung von Waldökosystemen zu fördern, die das Feuerrisiko senken und bestmöglich im Klimawandel bestehen.



Als Untersuchungsgebiet dienen Flächen in Südbrandenburg, die nahezu ausschließlich mit Kiefern bestockt waren und auf denen es 2018 (Treuenbrietzen, insg. 334 ha) und 2019 (Jüterbog, insg. 744 ha) zu großflächigen Bränden kam. Die Kombination verschiedener forstlicher Behandlungen, die von den Waldbesitzern nach den Bränden durchgeführt wurden, bietet dabei eine einzigartige Forschungsumgebung. Insgesamt wurden 150 Probekreise eingerichtet, 20 davon befinden sich auf angrenzendem, unverbranntem Gebiet und dienen als Referenz.

DAS PROJEKT

Fördermittel: Waldklimafonds, im Rahmen des Förderaufrufs „Waldbrände – Herausforderungen bei der Vermeidung und Bewältigung angehen“

Zeitraum: 05/2020 – 04/2025

Finanzierung: Förderung von insgesamt rund 5 Mio. €

Forschungsflächen: Treuenbrietzen (Waldbrand 2018 sowie 2022), Jüterbog (Waldbrand 2019)

Themen im Projekt: Bodeneigenschaften, Bodenphysik, Bodenchemie, Humusaufgabe, Sickerwasser, Bodenlösung, Grundwasserchemie, Bodenfeuchte, Niederschlag, Flora & Vegetation, Invertebrata, Xylobionte Arten, Nachtfalter, Wildtier-Monitoring, Fernerkundung, Oberflächentemperatur, Mikroklima & Kronenschlussgrad, **LFE: Baumverjüngung, liegendes und stehendes Totholz, Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit**

GEFÖRDERT DURCH

Geändert durch:

 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



DIE PARTNER



INFOS

Weitere Informationen zum Projekt

www.pyrophob.de





Forstwirtschaft

Bodenfeuchte von Waldstandorten in Brandenburg – Auswirkung aufeinander folgender Trockenjahre

1. Einführung

Im bundesweiten Vergleich gehört Brandenburg zu den am meisten infolge des Klimawandels durch Trockenheit gefährdeten Regionen Deutschlands. Erhöhte potenzielle Verdunstungsraten und reduzierte sommerliche Niederschläge fördern die Bodenaustrocknung und damit auch die potenzielle Ausbreitung von Waldbränden. Grundlage für die vorliegende Betrachtung der Bodenfeuchte im Zeitverlauf sind Wasserhaushaltsmodellierungen an 6 Intensivmessflächen des Level-II-Programms und darauf aufbauende Simulationsrechnungen an grundwasserfernen Inventurpunkten der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE).

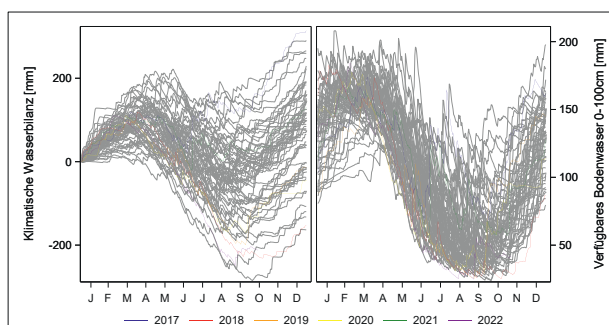
2. Methodik

Die Modellierung des Wasserhaushaltes erfolgte mit dem Model LWF-Brook90 (Hammel & Kennel 2001) für den Zeitraum 1.1.1961 – 31.10.2022. Die Modellparametrisierung geht von Wasserhaushaltsuntersuchungen des Level-II-Programms aus (Russ et al. 2016, Ziche et al. 2021) und wurde für den Einsatz an BZE-Punkten weiterentwickelt. Die Simulation des Wasserhaushaltes erfolgte bis 4 m Tiefe. Klimadaten lagen von 1996 bis Anfang 2022 durch Messung auf den Level-II-Flächen vor. Die Daten für 1961 - 1995 wurden durch Interpolation von Tageswerten des DWD-Stationsdatensatzes (DWD 2019, Ziche & Seidling 2010) und Anpassung an das Niveau der gemessenen Zeitreihen mittels Quantile-Mapping (Lange et al. 2019) generiert. Für die BZE-Flächen wurde die gesamte Klimazeitreihe interpoliert.

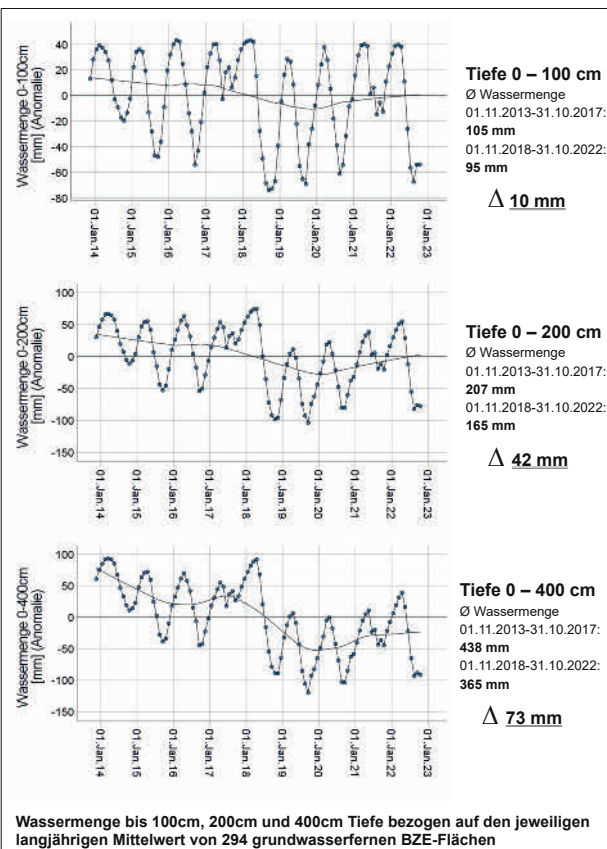
3. Ergebnisse

Das Zusammentreffen mehrerer Dürrejahre (2018, 2019, 2020, 2022) führt jahresübergreifend zu einer kumulierten Austrocknung der tiefer liegenden Bodenschichten. Die Kompensation der vegetationszeitlich erzeugten Wasserdefizite durch die Winterniederschläge ist für den Tiefenbereich 0-1m zwar selbst nach Trockenjahren weitgehend gegeben; bezogen auf die Wassermenge bis 4m Tiefe besteht jedoch seit 2018 ein anhaltendes Defizit, das sich nur langsam abbaut. Der Vergleich von vier hydrologischen Jahren vor und nach dem Extremtrockenjahr 2018 (01.11.2013 – 31.10.2017 sowie 01.11.2018 – 31.10.2022) zeigt Unterschiede der Wassermenge bis 4m Tiefe in Höhe von 73 mm (Mittelwerte aller grundwasserfernen BZE-Punkte; n = 294). Die mittlere Wassermenge bis 4 m hat bis Ende des hydrologischen Jahres 2022 das langjährige Mittel noch nicht ganz erreicht. Für die Tiefen 0-100cm und 0-200cm ist dies hingegen gegeben.

Literatur kann auf Wunsch bei den Autoren angefordert werden.



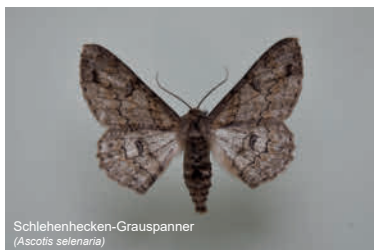
Jahresgänge von Klimatischer Wasserbilanz und verfügbarem Bodenwasser bis 100cm Tiefe auf der Intensivmessfläche Kienhorst (Zeitreihen 1961 bis 2022)



Wassermenge bis 100cm, 200cm und 400cm Tiefe bezogen auf den jeweiligen langjährigen Mittelwert von 294 grundwasserfernen BZE-Flächen



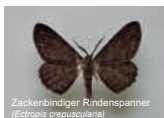
Vielfalt im Kiefernwald - Beifänge aus Winterbodensuchen



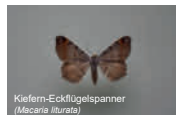
Schlehenhecken-Grauspanner
(*Ascotis selenaria*)



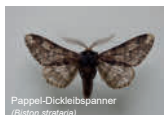
Heidespanner
(*Emsarga atomaria*)



Zackenbindiger Rindenspanner
(*Ectopis crepuscularia*)



Kiefern-Eckflügelspanner
(*Macaria liturata*)



Pappel-Dickleibspanner
(*Biston strataria*)

Ziel der Winterbodensuchen ist die Prognose der Gefährdung der Kiefer durch den Fraß nadelfressender Insekten. Dazu werden jedes Jahr Raupen-, Puppen- sowie Kokondichten von Forleule, Kiefernspinner, Kiefernspanner und Kiefernbuschhornblattwespen ermittelt. Die Untersuchung der Funde im Labor am LFE ermöglicht die Einschätzung der Vitalität der Schädlingspopulationen.

Da auch viele andere Insekten in der Bodenstreu überwintern, finden sich immer wieder interessante „Beifänge“.

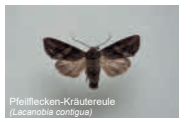
Diese Auswahl zeigt Falter aus den Familien Eulen, Zahnspinner, Schwärmer, Glucken und Spanner. Deren Puppen wurden in den Jahren 2014 bis 2022 bei den Winterbodensuchen gefunden und die Falter im LFE zum Schlupf gebracht. Deutlich wird sowohl die Vielfalt der in Kiefernwäldern vorkommenden Schmetterlingsfauna als auch die Bedeutung der Pflanzenartenvielfalt. Die Raupen ernähren sich von verschiedenen Laubgehölzen oder krautigen Pflanzen. Eine Gefährdung für die Bestände besteht nicht.



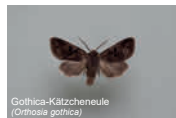
Flohkraut-Eule
(*Melanchra persicariae*)



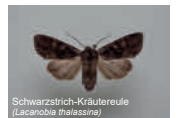
Doppelzahnspanner
(*Odontopera bidentata*)



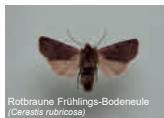
Pfeilflecken-Kräutereule
(*Lacanobia contigua*)



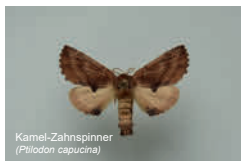
Gothica-Kätzcheneule
(*Orthosia gothica*)



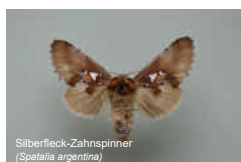
Schwarzstrich-Kräutereule
(*Lacanobia theaessina*)



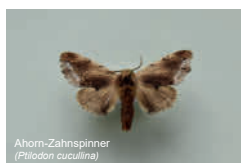
Rotbraune Frühlings-Bodeneule
(*Cerasia rubricosa*)



Kamel-Zahnspinner
(*Ptilodon capucina*)



Silberfleck-Zahnspinner
(*Spatalia argentina*)



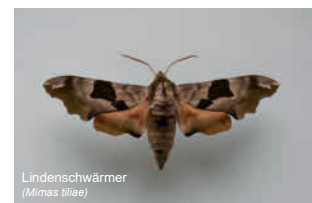
Ahorn-Zahnspinner
(*Ptilodon cucullina*)



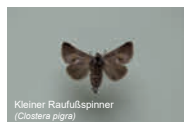
Mondvogel
(*Phalera bucephala*)



Brombeerspanner
(*Macrothylacia rubi*)



Lindenschwärmer
(*Mimas tiliae*)



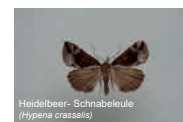
Kleiner Raufußspanner
(*Clostera pigra*)



Kiefernprozessionsspinner
(*Thaumetopoea pinivora*)



Pfeileule
(*Atrionicta spec.*)



Heidelbeer-Schnabeleule
(*Hypena crassalis*)

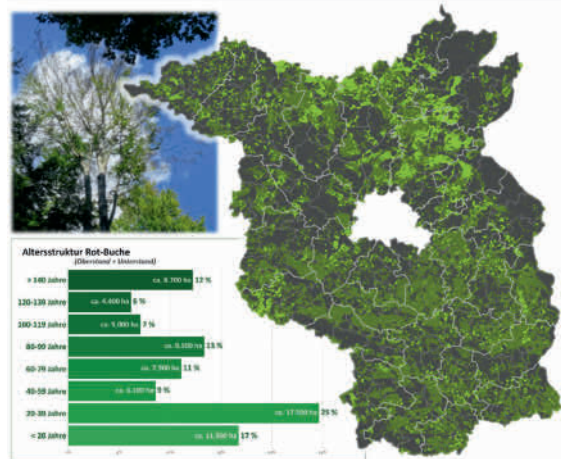


Hasелеule
(*Colocasia coryli*)

Folgen der Extremjahre in Buchenwäldern Brandenburgs – pathogene Pilze als Schadbegleiter

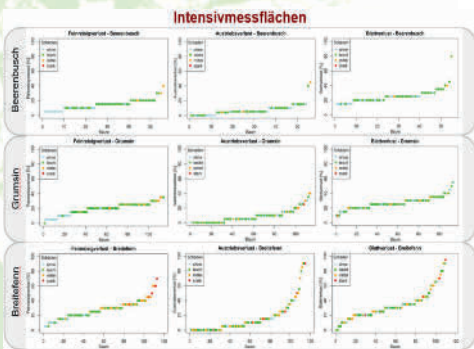
1. Ausgangssituation und Hintergrund

Lange Zeit galt die Rot-Buche (*Fagus sylvatica* L.), eine der bisher in Mitteleuropa konkurrenzstärksten Baumarten, als weitgehend unempfindlich gegenüber Schäden. Die Entwicklung des Vitalitätszustand der Rot-Buche hat sich in Folge der Sommertrockenheit der vergangenen Jahre drastisch verschlechtert. Die Rot-Buche benötigt mindestens 500 - 600 mm Jahresniederschlag sowie ein relativ mildes Klima im Winter. Vorrangig die aufeinanderfolgenden Dürrejahre 2018–2020 mit deutlich höheren Jahresmitteltemperaturen und ausgeprägten Niederschlagsdefiziten, mit jährlichen Summen von 400-500 mm Niederschlag, konnte den Wasserbedarf nicht oder nur unzureichend decken. Als Ergebnis haben sich seit 2019 die Flächen mit Absterbeerscheinungen an Rot-Buchen in Brandenburg mehr als verhundertfacht. Die Waldzustandserhebung verzeichnete im Jahr 2019 den Beginn eines drastischen Vitalitätseinbruchs der Rot-Buche in Brandenburg (MLUK 2020, Wenning & Hentschel 2021).

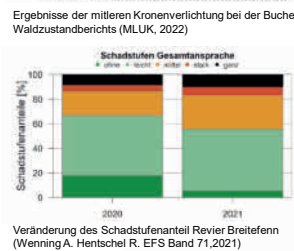
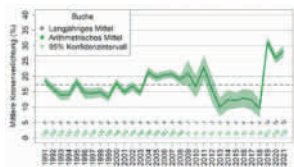


Verteilung und Altersstruktur der Buchenbestände in Brandenburg – Schwerpunkt im Nord- Osten des Landes

2. Untersuchungen zum Vitalitätszustand der Rot - Buche



Im Nachgang der 2019 gemeldeten massiven Schäden an Altbuchenbeständen wurden auf 10 Flächen im Land Brandenburg 2020 und 2021 Vitalitätsuntersuchungen an insgesamt knapp 400 Buchen durchgeführt. In die Flächenauswahl wurden 3 Level I – Flächen und 3 Intensivmessflächen aufgenommen. Um Aussagen über den Schadverlauf wurden 90 Buchen in den Jahren 2020 und 2021 wiederholt begutachtet, Schäden dokumentiert und der Vitalitätszustand anhand von Feinreisigverteilung (Winteransprache), Austriebprozent (Frühjahrsansprache) und Kronenverlichtung (Sommeransprache) beurteilt. Zudem wurden weitere Schadmerkmale wie Blattvergilbung, Krallenbildung, Schleimfluss und das Auftreten von Pilzen und Insekten dokumentiert. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen einen deutliche Abnahme Buchenvitalität jedoch ist der Schadverlauf nicht anhand von Feinreisigverlust oder Kronenverlichtung abzuschätzen.



3. Biotische Schadbegleiter mit pilzlichem Schwerpunkt

Im Vordergrund des aktuellen Schadesgeschehens bei der Rot-Buche stehen einheimische Schwächeparasiten, die an gestressten und in der Vitalität herabgesetzten Bäumen zu starken Schäden bis hin zu deren Absterben führen können.

Biscogniauxia nummularia
Der Pilz lebt endophytisch, tritt als Schwächeparasit und Saprobiont an geschwächten Rot-Buchen auf und führt zu einer partiellen Holzerzörung. Die Art steht in Verbindung mit Grünastabbrüchen bei erkrankten Buchen und ist daher gerade im Hinblick auf die Verkehrssicherheit kritisch zu betrachten.



Schizophyllum commune
Der Gemeine Spaltblätling lebt als Saprobiont und Wundparasit an Stämmen und Ästen der Rot-Buche. Auf Grund seiner hohen Toleranz gegenüber Trockenheit gedeiht er an sonnennahen Standorten und gilt als typischer Erstbesiedler an Sonnenbrand geschädigten Buchen. Der Pilz verursacht der Pilz eine intensive Weißfäule und kann beträchtliche Schäden verursachen.

Der kleiner Buchenborkenkäfer (**Taphrorychus bicolor**) galt lange als forstlich Unbedeutend.

In der Regel besiedelt die rindenbrütende Borkenkäferart abgestorbenen und absterbenden Ästen und Stämmen sowie liegendes Holz. Nach den trockenen und heißen Sommern 2018 – 2021 wurde ein deutlicher Populationsanstieg und die Besiedelung auch lebende vorgeschädigter Rot-Buchen beobachtet. Dies führt zur weiterführenden Schädigungen der Bäume und senkt somit die Regenerationsfähigkeit der Rot – Buchen.



In der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe sind bisher erschienen:

SCHULZ, P. M.: Biographie Walter Pfalzgraf, des ersten Leiters des Zentralforstamtes in der Sowjetischen Besatzungszone von 1945–1948. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 1. ISBN 3-933352-02-9

MILDNER, H.; SCHWARTZ, E.: Waldumbau in der Schorfheide, zum Andenken an Oberlandforstmeister Dr. phil. Erhard Hausendorff. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 2. ISBN 3-933352-06-1

HEINSDORF, D. et al.: Forstliche Forschung im Nordostdeutschen Tiefland (1992–1997). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 3. ISBN 3-933352-07-X

HOLLENDER, H. et al.: Planung der Waldentwicklung im Land Brandenburg, Vorträge zur Fachtagung am 4. November 1998 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 4. ISBN 3-933352-10-X

KÄTZEL, R. et al.: Forstsaatgutprüfung in Eberswalde 1899–1999, Grundlage für eine nachhaltige Forstwirtschaft. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 5. ISBN 3-933352-12-6

HEINSDORF, D.: Das Revier Sauen – Beispiel für erfolgreichen Waldumbau. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 6. ISBN 3-933352-22-3

HÖPPNER, K. et al.: Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte der Waldbewirtschaftung im südlichen Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 7. ISBN 3-933352-24-X

KRAUT, H.; MÖCKEL, R.: Forstwirtschaft im Lebensraum des Auerhuhns, ein Leitfaden für die Waldbewirtschaftung in den Einstandsgebieten im Lausitzer Flachland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 8. ISBN 3-933352-23-1

KÄTZEL, R. et al.: Die Birke im Nordostdeutschen Tiefland; Eberswalder Forschungsergebnisse zum Baum des Jahres 2000. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 9. ISBN 3-933352-30-4

Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Landeswaldbericht 1997 und 1998, mit einem Sonderkapitel zur Naturalplanung in Brandenburg. (Sonderband) Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 10. ISBN 3-933352-31-2

JOACHIM, H. F.: Die Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 11. ISBN 3-933352-32-0

BRUECK, C.: Zertifizierung von Forstbetrieben. Beiträge zur Tagung vom 5. November 1999 in Fürstenwalde/Spree (Brandenburg). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 12. ISBN 3-933352-34-7

HEINSDORF, D.; BERGMANN, J.H.: Sauen 1994 – ein gelungener Waldumbau Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 13. ISBN 3-933352-35-5

Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: Landeswaldbericht 1999 mit einem Sonderkapitel „Regionaler Waldbericht für die Zertifizierung der Waldbewirtschaftung in

Brandenburg. (Sonderband) Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 14. ISBN 3-933352-37-1

RIEK, W. et al.: Funktionen des Waldes und Aufgaben der Forstwirtschaft in Verbindung mit dem Landschaftswasserhaushalt. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 15. ISBN 3-933352-47-9

MÜLLER, J. et al.: Privatwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 16. ISBN 3-933352-48-7

AUTORENKOLLEKTIV: Die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 17. ISBN 3-933352-52-5

AUTORENKOLLEKTIV: Zertifizierung nachhaltiger Waldbewirtschaftung in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 18. ISBN 3-933352-53-3

RIEK, W.; STÄHR, F. et al.: Eigenschaften typischer Waldböden im Nordostdeutschen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung des Landes Brandenburg – Hinweise für die Waldbewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 19. ISBN 3-933352-56-8

AUTORENKOLLEKTIV: Kommunalwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 20. ISBN 3-933352-57-6

AUTORENKOLLEKTIV: Naturverjüngung der Kiefer – Erfahrungen, Probleme, Perspektiven. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 21. ISBN 3-933352-58-4

MÜLLER, J. et al.: Die zweite Bundeswaldinventur (BW12) – Ergebnisse für Brandenburg und Berlin. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 22. ISBN 3-933352-59-2

AUTORENKOLLEKTIV: Zukunftsorientierte Waldwirtschaft: Ökologischer Waldumbau im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 23.

HOFMANN, G.; POMMER, U.: Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin mit Karte im Maßstab 1 : 200 000. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 24. ISBN 3-933352-62-2

AUTORENKOLLEKTIV: Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 25. ISBN 3-933352-63-0

Wissenstransfer in die Praxis, Tagungsband zum 1. Eberswalder Winterkolloquium am 2. März 2006. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 26. ISBN 3-933352-64-9

Die Schwarz-Pappel, Fachtagung zum Baum des Jahres 2006. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 27. ISBN 3-933352-63-0

Naturschutz in den Wäldern Brandenburgs Beiträge der Naturschutztagung vom 2. November 2006 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 28. ISBN 3-933352-97-8

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum zweiten Winterkolloquium am 1. März 2007 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 29.

AUTORENKOLLEKTIV: Waldwachstumskundliche Grundlagen für eine effektive Waldbewirtschaftung, Zum 100. Geburtstag von Professor Dr. habil. Werner Erteld. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 30.

AUTORENKOLLEKTIV: 100 Jahre Naturschutzgebiet Plagefenn. Ein Beispiel für erfolgreiches Zusammenwirken von Forstwirtschaft und Naturschutz. Tagungsband zur Tagungs- und Exkursionsveranstaltung vom 11. – 12. Mai 2007 in Chorin. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 31.

AUTORENKOLLEKTIV: Die Kiefer im Nordostdeutschen Tiefland. Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 32.

Wald, Forstwirtschaft, Förster und Gesellschaft - Wälder schaffen Wachstum und sichern Lebensgrundlagen. Tagungsbericht der gemeinsamen Forstpolitischen Jahrestagung vom 14. Juni 2007 in Paaren/Glien. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 33.

GROSS, J.: Waldfunktionen im Land Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 34.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum dritten Winterkolloquium am 28. Februar 2008 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 35.

Biodiversität-Lebensversicherung des Waldes–Tagungsband zur gemeinsamen Jahrestagung des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz und des Brandenburgischen Forstvereins e. V. am 24.04.2008. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 36.

Hohenlubbichow: Naturgemäße Waldwirtschaft zwischen Verklärung und Realität– Natur- und Landschaftsschutz im Gebiet um Bellinchen/Bielinek und Hohenlubbichow/Lubiechów Górný. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 37.

HEINSDORF, D.; KRAUSS, H.H.: HYPERLINK "<http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.4595.de/efs38.pdf>" \o "Herleitung von Trockenmassen und Nährstoffspeicherungen in Buchenbeständen(PDF-Datei, 1,25 MB)" Herleitung von Trockenmassen und Nährstoffspeicherungen in Buchenbeständen. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 38.

HOFMANN, G. et al.: Wildökologische Lebensraumbewertung für die Bewirtschaftung des wiederkäuenden Schalenwildes im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 39.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum vierten Winterkolloquium am 26. Februar 2009 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 40.

LOCKOW, K. W.: Die Hainbuche im nordostdeutschen Tiefland-Wuchsverhalten und Bewirtschaftungshinweise. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 41.

AUTORENKOLLEKTIV: Risikomanagement im Forstbetrieb. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 42.

AUTORENKOLLEKTIV: Die Douglasie im nordostdeutschen Tiefland. Chancen und Risiken in Klimawandel. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 43.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum fünften Winterkolloquium am 25. Februar 2010 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 44.

AUTORENKOLLEKTIV: Aktuelle Beiträge zur Wildökologie und Jagdwirtschaft in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 45.

AUTORENKOLLEKTIV: Naturnahe Waldwirtschaft-Dauerwald heute? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 46.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum sechsten Winterkolloquium am 24. Februar 2011 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 47.

AUTORENKOLLEKTIV: Technik für den Wald–Eine Retrospektive zur Entwicklung der forstlichen Verfahrenstechnik und Mechanisierung in der DDR. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 48.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum siebten Winterkolloquium am 23. Februar 2012 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 49.

Nachhaltige Waldbewirtschaftung – Realität oder visionärer Anspruch? Tagungsband zur gemeinsamen Jahrestagung mit dem Brandenburgischen Forstverein e. V. am 10. Mai 2012 in Rangsdorf. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 50.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum achten Winterkolloquium am 21. Februar 2013 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 51.

HEINSDORF, D.: Zur Entwicklung und waldökologischen Bedeutung von neun Baumarten bei unterschiedlicher Nährstoffversorgung auf trockenen Sandstandorten Ergebnisse einer Langzeitstudie (1968-2012) im Süden Brandenburgs (Forstrevier Preschen). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 52.

Die Eiche – Chancen und Risiken einer Charakterbaumart im nordostdeutschen Tiefland. Tagungsband zur gemeinsamen Vortrags- und Exkursionsveranstaltung mit dem Brandenburgischen Forstverein am 23. Mai 2013 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 53.

HOFMANN, G. et al.: Die Waldvegetation Nordostdeutschlands. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 54.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum neunten Winterkolloquium am 27. Februar 2014 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 55.

Biomasseschätzung für Wälder mittels Fernerkundung und Modellierung - Ergebnisse des deutsch-polnischen Verbundprojekts "ForseenPOMERANIA" - Szacowanie biomasy leśnej za pomocą teledetekcji i modelunku - Wyniki projektu zrealizowanego w ramach współpracy polsko-niemieckiej "ForseenPOMERANIA". Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 56.

Wald-Monitoring-Konzeption des Landes Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 57.

Erhaltung und nachhaltige Nutzung forstlicher Genressourcen. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 58.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 10. Winterkolloquium am 19. Februar 2015 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 59.

Waldbodenbericht Brandenburg. Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebungen BZE-2 und BZE-2a (Band 1). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 60.

Maßnahmen zur Abwehr des Kiefern-Wurzelschwammes (Heterobasidion annosum) in der Bergbaufolgelandschaft Südbrandenburgs. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 61.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 11. Winterkolloquium am 25. Februar 2016 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 62.

30 Jahre forstliches Umweltmonitoring in Brandenburg. Beiträge zur Fachtagung am 6. und 7. Juli 2016 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 63.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 12. Winterkolloquium am 23. Februar 2017 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 64.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 13. Winterkolloquium am 22. Februar 2018 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 65.

Ergebnisse der ersten Landeswaldinventur 2013 im Land Brandenburg im Kontext mit der dritten Bundeswaldinventur 2012 und der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2012-2052. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 66.

Wissenstransfer in die Praxis-Beiträge zum 14. Winterkolloquium am 21. Februar 2019 in Eberswalde. Die Auswirkungen des Dürrejahres 2018 auf den Wald in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 67.

Waldbodenbericht Brandenburg. Zustand und Entwicklung der brandenburgischen Waldböden. Weitere Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebung und Folgerungen für die nachhaltige Waldnutzung (Band 2). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 68.

Wissenstransfer in die Praxis- Beiträge zum 15. Winterkolloquium am 20. Februar 2020 in Eberswalde. „Wald im Wandel – Risiken und Lösungsansätze.“ Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 69.

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

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

Wissenstransfer in die Praxis- Beiträge zum 17. Winterkolloquium am 7. Juli 2022 in Eberswalde. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 72.

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

Landesbetrieb Forst Brandenburg

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

**WALDWIRTSCHAFT
ABER NATÜRLICH**