



**Branddirektion
Karlsruhe**

Dr. rer. nat. Michaela Hofmann
Brandreferendarin
Branddirektion Karlsruhe

Präventives Brennen zur Vermeidung von Waldbränden

Facharbeit gemäß § 21 VAP 2.2 - Feu NRW

Karlsruhe, den 17.12.2021

Aufgabenstellung

Präventives Brennen zur Vermeidung von Waldbränden

Das präventive Brennen vor einer Vegetationsbrand-Saison setzt abgestorbene Pflanzenteile um, so dass in Trockenzeiten das Brandpotential geringer ist. Durch Trockenheit und Schädlingsbefall gibt es viel Totholz in deutschen Wäldern. Untersuchen Sie, ob und wie in Wäldern, wo der Baumbestand großflächig zerstört ist, das präventive Brennen geeignet ist, Totholz zu entfernen und somit das Gefahrenpotential für die Waldbrände zu verringern.

Anmerkung

In dieser Facharbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Bezeichnungen beziehen sich immer auf alle Geschlechter.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Dr. Michaela Hofmann, die vorliegende Arbeit in allen Teilen selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Karlsruhe, den 17.12.2021

.....

Dr. Michaela Hofmann

Abkürzungsverzeichnis

AFAC	Australasian Fire and Emergency Service Authorities Council
ALH	Andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer
ALN	Andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	(ehem.) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
CIPBM	Certified and Insured Prescribed Burn Manager
FSC	Forest Stewardship Council
GFMC	Global Fire Monitoring Center
IMK	Ständige Konferenz der Innenminister und Senatoren der Länder
LWaldG	Waldgesetz für Baden-Württemberg
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes
PflAbfV BW	Verordnung der Landesregierung über die Beseitigung pflanzlicher Abfälle außerhalb von Abfallbeseitigungsanlagen
SCFC	South Caroline Forestry Commission
USDA	United States Department of Agriculture

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	I
Eidesstattliche Erklärung	II
Abkürzungsverzeichnis	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
2 Problemstellung und Herangehensweise	2
3 Grundlagen	3
3.1 Zustand der Wälder in Deutschland.....	3
3.2 Totholz in deutschen Wäldern erhöht das Waldbrandrisiko	4
4 Die Methode des präventiven Brennens	6
4.1 Definition „präventives Brennen“	6
4.2 Vorgehensweise beim präventiven Brennen.....	7
4.3 Entwicklung des präventiven Brennens weltweit	9
4.4 Effekte des präventiven Brennens auf Ökosysteme	10
5 Analyse der Umsetzbarkeit dieser Methode in deutschen Wäldern	11
5.1 Mangelnde Anpassung der deutschen Waldökosysteme an Feuer	11
5.2 Wärme und Glutentwicklung schädigen den Boden.....	12
5.3 Emissionen von Feinstaub und Schadstoffen	13
5.4 Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen und Totholz.....	13
5.5 Rechtslage für das präventive Brennen in Deutschland	14
5.6 Mangelnde Ausbildung und Erfahrung der Brennteams	17
5.7 Öffentliche Wahrnehmung	18
6 Zusammenfassung und Ausblick	19
Literaturverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VIII
Anhang 1 – Beispiel für einen Brennplan.....	IX
Anhang 2 – Beispiel für ein Schulungszertifikat	XV
Datenträger	XVI

1 Einleitung

Der Klimawandel und die damit einhergehenden steigenden Temperaturen gehören zu den drängendsten Problemen unserer Zeit. 2020 ließ sich ein Anstieg von 1,2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit von 1850 – 1900 verzeichnen (World Meteorological Organisation, 2021). Schwankungen im Klima sind erdgeschichtlich nicht unüblich, allerdings lässt sich der derzeitige Temperaturanstieg eindeutig auf den Menschen zurückführen (Masson-Delmotte et al., 2021). Die Nutzung fossiler Brennstoffe für Energiegewinnung und vor allem die Massentierhaltung erhöhen den Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und Methan, was die globalen Temperaturen erhöht. Stürme, Starkregen, aber auch lange Hitzewellen treten häufiger auf (Stott, 2016).

Mit den Phasen langanhaltender Trockenheit geht ein erhöhtes Risiko für Waldbrände einher. Insbesondere wenn die Wälder bereits durch Sturmschäden oder Schädlingsbefall geschwächt sind, enthalten sie eine Menge gut brennbaren Totholzes. So kommt es mehr und mehr zu Waldbränden von bisher ungekannten Ausmaßen. Extreme Waldbrände waren beispielsweise 2009 die Brände am Schwarzen Samstag im australischen Bundesstaat Viktoria oder 2013 der Brand des Yosemite-Nationalpark in Kalifornien. 2020 brannten weite Teile der Ostküste Australiens. 2021 beherrschten Berichte von Waldbränden aus Russland, Griechenland und der Türkei die Medien.

Feuerwehren reagieren im Rahmen des abwehrenden Brandschutzes europaweit auf diese Bedrohung. Sie entwickeln Konzepte zur Waldbrandbekämpfung und konzipieren Fahrzeuge speziell für den Löscheinsatz in unwegsamem Gelände. Seit der Mitte der 2000er Jahre beschäftigt sich beispielsweise der Arbeitskreis Waldbrand des Deutschen Feuerwehrverbandes und der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren mit dem Thema¹. 2019 erschien ein Entwurf der Ständigen Konferenz der Innenminister und Senatoren der Länder (IMK) zum Thema „Nationale Vegetationsbrandbekämpfungsstrategie“ (IMK, 2019).

Auch im Bereich Forst reagiert man auf die zunehmende Waldbrandgefahr. Fichtenmonokulturen sind im Hinblick auf die derzeitige klimatische Entwicklung in Deutschland vielerorts nicht zukunftsfähig. Deshalb wurde schon vor Jahren begonnen, Wälder auf Mischwaldkulturen umzustellen. Solch ein Umbau dauert aber mehrere Jahrzehnte und stellt keine schnelle Lösung für die bestehende Waldbrandproblematik dar.

Als kurzfristige Waldbrandpräventionsmaßnahme an der Schnittstelle zwischen Feuerwehr und Forst wird immer wieder das präventive Brennen genannt. Durch das gezielte Abbrennen von abgestorbenem Material in Zeiten eines geringen Waldbrandrisikos soll die Brandlast im Wald reduziert werden. Ziel ist es, dass ein Waldbrand weniger heftig verläuft, da er durch weniger Brennstoff gespeist wird. Die Methode des präventiven Brennens wird unter anderem in Nordamerika und Australien, sowie in Skandinavien oder Sibirien schon erfolgreich eingesetzt.

¹ Unter <https://www.feuerwehrverband.de/fachliches/ak/ak-waldbrand/> (zuletzt aufgerufen am 19.11.2021) wird die Arbeit des Arbeitskreises näher dargestellt und eine Fachempfehlung zum Thema Sicherheit und Taktik im Vegetationsbrandeinsatz bereitgestellt.

2 Problemstellung und Herangehensweise

In Deutschland wird der Ansatz des präventiven Brennens bisher kaum verfolgt und es gibt nur wenige Arbeiten, die sich mit der Umsetzbarkeit dieser Methode in deutschen Wäldern beschäftigen. Um das Thema präventives Brennen umfassend bewerten zu können, müssen die Perspektiven unterschiedlichster Akteure betrachtet werden. Im Rahmen dieser Facharbeit wurden daher folgende Expertengespräche geführt:

- Forstbehörde:
 - Sebastian Waidmann: Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg sowie Fachberater Wald bei der Feuerwehr Karlsruhe
- Feuerwehr:
 - Dr. Ulrich Cimolino: Vorsitzender des Arbeitskreises Waldbrand
 - Birgit Süssner: Dipl. Forstingenieurin (FH), Autorin des Buches „Wald- und Vegetationsbrände: Prävention, Einsatzvorbereitung, Bekämpfung“
 - Lisa Hammermeister: Landesfeuerweherschule Baden-Württemberg
- Wissenschaft:
 - Prof. Dr. Johann Goldammer: Leiter der Arbeitsgruppe Feuerökologie der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg
 - Dr. Tanja Sanders: Leiterin des Arbeitsbereiches Waldökologie und Biodiversität des Thünen-Instituts
 - Alexander Held: Leiter des Waldbrand-Klima-Resilienz-Projekts und Sachverständiger am European Forest Institute
- Vereine:
 - Tobias Hallas: Stellvertretender Fachbereichsleiter Vegetationsbrandbekämpfung des Vereins @fire
 - Detlef Maushake: Waldbrandteam e.V.

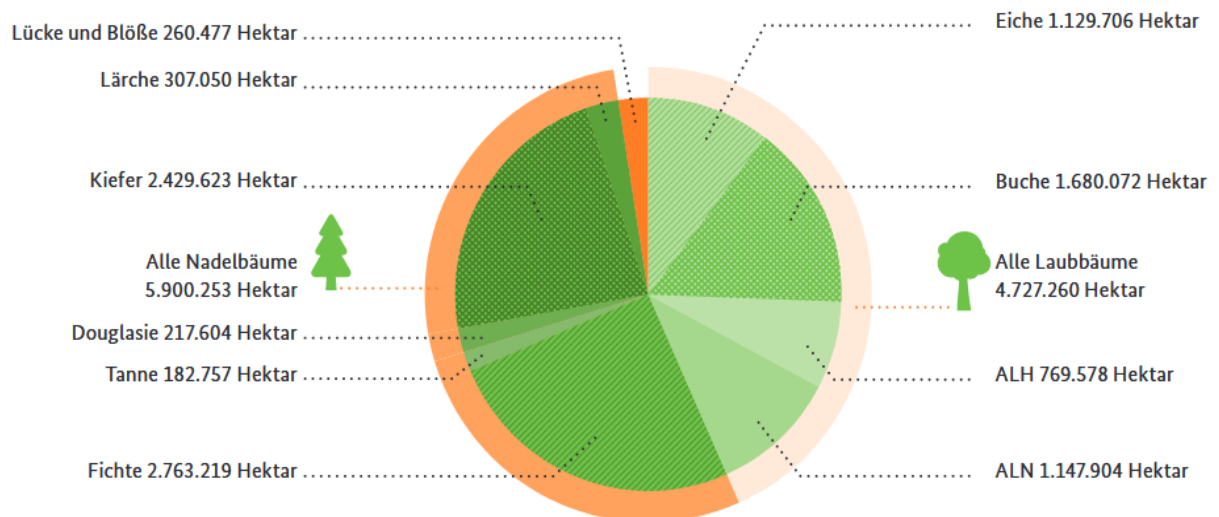
Die so gewonnenen Informationen wurden mit den Inhalten der einschlägigen internationalen Literatur zum Thema präventives Brennen zusammengeführt.

In dieser Arbeit soll im Folgenden dargestellt werden, ob und wie in Wäldern, wo der Baumbestand großflächig zerstört ist, das präventive Brennen geeignet ist, Totholz zu entfernen und somit das Gefahrenpotential für Waldbrände zu verringern. Dazu wird zunächst der Zustand der deutschen Wälder mit einem speziellen Fokus auf den steigenden Totholzanteil betrachtet und beleuchtet, wie sich dieser auf das zunehmende Waldbrandrisiko auswirkt. Anschließend werden die Grundlagen des präventiven Brennens dargestellt. Es folgt eine Erläuterung der Schwierigkeiten dieser Methode im Bereich großflächig zerstörter Baumbestände aus Perspektive des Naturschutzes, der praktischen Machbarkeit und der rechtlichen Situation in Deutschland. Im Ausblick werden schließlich Möglichkeiten dargestellt, wie alternativ mit totholzreichen Waldbereichen umgegangen werden kann. Außerdem werden kurz die Einsatzbereiche dargestellt, in denen das präventive Brennen trotz aller Schwierigkeiten im Bereich Forst sinnvoll eingesetzt werden könnte. Es wird zudem beleuchtet, was hierfür erforderlich wäre.

3 Grundlagen

3.1 Zustand der Wälder in Deutschland

Die Bundesrepublik Deutschland ist laut der dritten Bundeswaldinventur des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) von 2012 zu 32 % mit Wald bedeckt, was einer Fläche von 11,4 Millionen Hektar entspricht (BMEL, 2018). Viele deutsche Wälder sind dominiert von der Fichte, gefolgt von Kiefern, Buchen und Eichen (siehe **Abbildung 1**).



Basis: Holzboden 10.887.990 Hektar, rechnerischer Reinbestand

Abbildung 1: Fläche der Baumgruppen (© BMEL, 2018, S.15)

17 % des deutschen Waldes sind als Schutzgebiete nach den europäischen Flora-Fauna-Habitat-Richtlinien ausgewiesen, zusätzlich befinden sich auf 5 % der Fläche besonders geschützte Biotop. Etwa die Hälfte des Waldes ist in privater Hand, weshalb sich Wald häufig sehr kleinzellig auf viele Eigentümer aufteilt. Wie die Waldzustandserhebung 2020 des Bundes zeigt, hat sich der Zustand der Wälder in Deutschland aufgrund der heißen und trockenen Sommer 2018 und 2019 dramatisch verschlechtert (BMEL, 2021a). Dies führt zu einem erhöhten Anteil abgestorbener Bäume und Trockenäste (siehe **Abbildung 2**). Auch die Anfälligkeit gegenüber Schadinsekten steigt. Fichten- und Tannenborkenkäfer profitieren nicht nur von den durch die Trockenheit geschwächten Bäumen, sondern auch von erhöhten Sturmholzanteilen im Wald. Begünstigt wird dieser Trend zudem durch die milden Winter, die zu geringen Ausfallraten der Käfer führen (Jakoby et al., 2015; Netherer et al., 2015).

² ALH: Andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Ahorn, Esche, Kastanie, Linde, Mehlbeere, Speierling, Robinie, Ulme); ALN: Andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Elsbeere, Erle, Pappel, Traubenkirsche, Vogelbeere, Vogelkirsche, Weide, Wildobst)

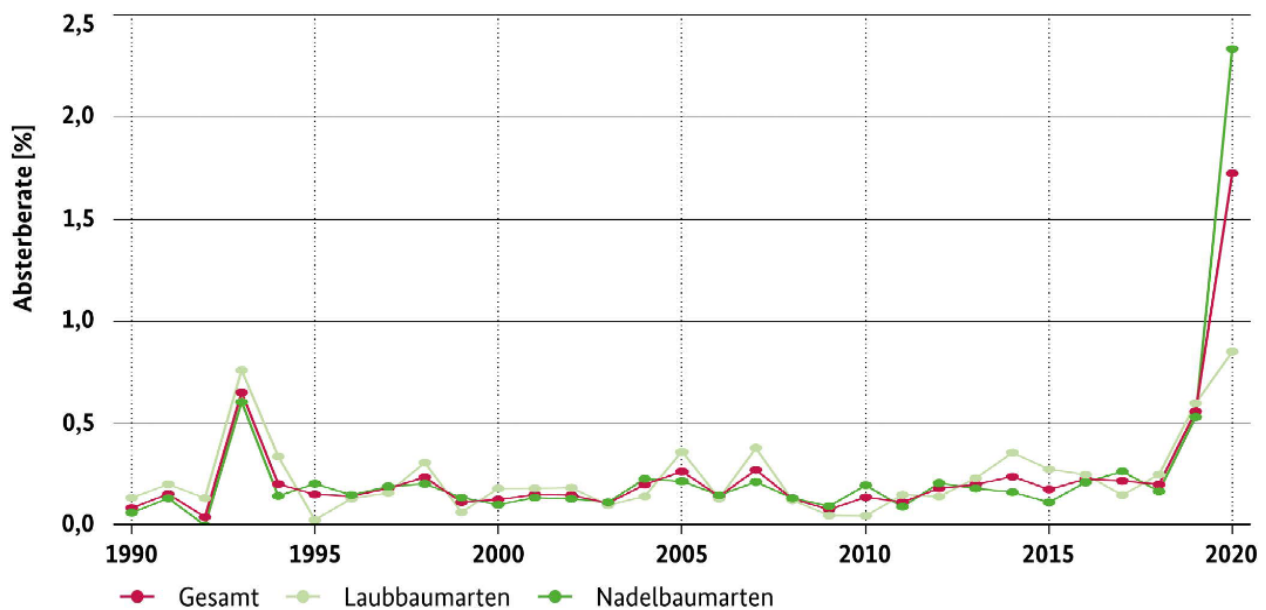


Abbildung 2: Absterberate bei Laub- und Nadelbäumen sowie insgesamt
(© BMEL, 2021a, S.44)

3.2 Totholz in deutschen Wäldern erhöht das Waldbrandrisiko

Der Totholzanteil in deutschen Wäldern ist seit der letzten Bundeswaldinventur von 2002 um 18 % gestiegen (BMEL, 2018): In deutschen Wäldern gibt es durchschnittlich 20,6 m³ Totholz pro Hektar, insgesamt sind das circa 224 Millionen Kubikmeter. Etwa bei der Hälfte des Totholzes in deutschen Wäldern handelt es sich um liegendes Totholz, 23 % sind stehendes Totholz und 28 % Wurzelstöcke. Insgesamt die Hälfte des Totholzes befindet sich bereits im Zustand fortgeschrittener Zersetzung. Die Erhöhung des Totholzanteils lässt sich auf Trockenstress, Sturmschäden und Schädlingsbefall zurückführen. Darüber hinaus findet eine zunehmende Förderung von Totholz durch den Naturschutz statt.

Der Trockenstress für die Bäume bedingt sich durch geringe Bodenwasservorräte und absinkende Grundwasserstände, die eine Konsequenz der Sommertrockenheit (insbesondere in den Jahren 2018 und 2019) sowie geringer Winterniederschläge sind (BMEL, 2021b). Durch die Trockenheit transpirieren die Bäume weniger und wachsen langsamer. Fichten sterben großflächig auf schlecht mit Wasser versorgten Flächen ab und bei Buchen sind die Kronenwelke sowie Blattschädigungen durch Sonnenbrand zu beobachten (BMEL, 2021b).

Darüber hinaus kam es bedingt durch die Stürme Lothar (1999), Kyrill (2007) und Friederike (2018) jeweils zu einem Verfall des Holzpreises, was die Aufarbeitung des Sturmholzes unwirtschaftlich machte (BMEL, 2021b). Außerdem war kaum genügend Personal für die Aufarbeitung des Wurtholzes zu finden, da Sturmholz häufig unter Spannung steht und deshalb schwieriger zu ernten ist. In der Folge kommt es nach größeren Sturmereignissen über einen längeren Zeitraum zu einer punktuell erhöhten Menge an Totholz im Wald.

Wenn Sturmholz im Wald liegen bleibt, begünstigt dies nach Jakoby und Kollegen (2015) Schädlinge wie den Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus*). Ein großflächiger Schädlingsbefall findet seinen Anfang häufig im Wurfholz, da diese Bäume keine Abwehr mehr gegen den Käferbefall zeigen. Nachdem die vom Sturm geworfenen Bäume vertrocknet sind, werden die angrenzenden stehenden Bäume befallen. Dieser Effekt wird durch die Trockenheit der letzten Jahre verstärkt. Trockengestresste Bäume produzieren weniger Harz, was es den Schädlingen erleichtert, einzudringen und sich in der Bastschicht zu vermehren (Netherer et al., 2015). Außerdem führen höhere Temperaturen zu höheren Schädlingsdichten, da milde Winter zu einer niedrigeren Mortalität überwinternder Käfer führen und warme Frühlinge die Winterpause der Käfer verkürzen, wodurch ihre Flugzeit länger wird (Jakoby et al., 2015). Der Borkenkäfer breitet sich folglich im ganzen Wald aus.

Nicht nur Sturm, Trockenheit und Schädlingsbefall führen zu mehr Totholz. Im Rahmen des Naturschutzes wird das Belassen von Totholz im Wald gezielt gefördert, da es wesentlich zum natürlichen Nährstoffkreislauf beiträgt und wichtige positive Effekte für den Lebensraum Wald hat. Es stellt Nahrung, Unterschlupf und Brutgelegenheit für eine Vielzahl von Tieren und Pilzen dar (BMEL, 2018). Daher fordern viele Naturschutzorganisationen, den Wald sogar noch weiter mit Totholz anzureichern. Totholz wird auch im Rahmen der Waldzertifizierung gefördert (vergleiche hierzu Kapitel 5.5). Außerdem legte das damalige Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU) schon 2007 per Kabinettsbeschluss die „Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt“ fest. Diese will natürliche und naturnahe Waldgesellschaften erhalten und den Vertragsnaturschutz auf 10 % der Fläche des Privatwaldes fördern. Im Rahmen des Vertragsnaturschutzes werden Landnutzern Auflagen zur nachhaltigen Bewirtschaftung erteilt, wie zum Beispiel der Aufbau von Totholzinseln. Hierfür erhalten sie dann finanzielle Entschädigungen.

Ein weiterer Aspekt, der zu mehr Totholz in den Wäldern führt, ist ein Wandel in der Waldnutzung. Während früher in der Nähe besiedelter Gebiete Reisig und kleinere Äste als Brennmaterial gesammelt wurden, wird dies seit einigen Jahrzehnten kaum mehr praktiziert. Der Arbeitsaufwand lohnt sich oftmals nicht und andere Brennstoffe wie Öl und Gas haben das Brennholzsammeln weitgehend unattraktiv gemacht.

In der Summe führt mehr Totholz in den Wäldern zusammen mit hohen Temperaturen im Sommer und längeren Phasen von Trockenheit zu einem erhöhten Waldbrandrisiko. Waldbrände werden größer und schwerer kontrollierbar und stellen für die Feuerwehren ein hohes Risiko bei der Brandbekämpfung dar (Goldammer, 2020). Problematisch werden Waldbrände insbesondere in Bereichen, die im englischsprachigen Raum als „wildland urban interface“ bezeichnet werden. In diesen Bereichen breitet sich der Mensch mit seiner Besiedelung in Richtung der Wälder aus, wodurch ein Waldbrand schneller die dort befindlichen Siedlungen bedroht (Tedim et al., 2014). Eine Erhöhung der Waldbrandgefahr ergibt sich auch durch den erhöhten Freizeitdruck in den Wäldern, zum Beispiel durch Camper, die unvorsichtig Lagerfeuer entzünden. Da sich das Problem von Waldbränden mit der zunehmenden Menge an Brennstoff in den Wäldern verschärft, werden Lösungen gesucht, die Brandlast dort zu reduzieren. Eine Möglichkeit, dieses Ziel zu erreichen, ist das präventive Brennen.

4 Die Methode des präventiven Brennens

4.1 Definition „präventives Brennen“

Sowohl in der deutschen als auch in der englischen Sprache gibt es verschiedene Begriffe für den Einsatz von Feuer zur Reduktion der Brandlast. Die einzelnen Termini werden unterschiedlich verwendet. „Präventives Brennen“ lässt sich am besten mit „prescribed burning“ ins Englische übersetzen. Bereits in den 1950er Jahren findet sich hierfür in der englischsprachigen Literatur folgende Definition:

“Prescribed burning is defined as the application of fire to land under such conditions of weather, soil moisture, time of day, and other factors as presumably will result in the intensity of heat and spread required to accomplish specific silvicultural, wildfire, grazing, or fire-hazard reduction purposes” (Vlamis et al., 1955, S.905).

Das Australasian Fire and Emergency Service Authorities Council (AFAC) definiert im bushfire glossary „prescribed burning“ wie folgt:

“The controlled application of fire under specified environmental conditions to a predetermined area and at the time, intensity, and rate of spread required to attain planned resource management objectives. It is undertaken in specified environmental conditions” (AFAC, 2012, S.24).

Präventives Brennen bezeichnet also die Nutzung von Feuer unter kontrollierten Bedingungen, insbesondere Wetter, Bodenfeuchtigkeit sowie Tages- und Jahreszeit. Indem bei dieser Methode überwiegend kleinere Bodenfeuer genutzt werden, soll verhindert werden, dass das Feuer um sich greift und eine Gefahr für die Brennmannschaft, Tiere oder auch die Umwelt darstellt. Der Zweck ist es, die Brandlast in einem vordefinierten und abgegrenzten Gebiet soweit zu reduzieren, dass es zu Zeiten höherer Waldbrandgefahr seltener zu einem Schadfeuer kommen kann bzw. die Ausbreitung von Vegetationsbränden aufgrund von Brennstoffmangel langsamer verläuft. Auch Landschaftspflege und Biodiversitätsförderung sind Ziele der Methode.

Häufig wird der Begriff „kontrolliertes Brennen“ bzw. das englische „controlled burning“ mit dem „präventiven Brennen“ gleichgesetzt. „Kontrolliertes Brennen“ kann aber weiter gefasst werden als „präventives Brennen“, da hier auch Gegenfeuer (eng. „backburning“) beziehungsweise Vorfeuer (eng. „fuel burning“) eingeschlossen werden. Diese stehen wie die oben beschriebenen präventiven Feuer unter der Kontrolle des Menschen. Die Rahmenbedingungen sind jedoch kaum zu beeinflussen, da Gegen- und Vorfeuer zur Bekämpfung schon ausgebrochener Waldbrände genutzt werden, weshalb ihr Einsatzzeitpunkt nicht frei wählbar ist (Goldammer, 1978). Sie sind somit mit einem höheren Risiko verbunden und sollten nur von besonders geschulten Brennteams im Rahmen der Gefahrenabwehr eingesetzt werden. Gegen- und Vorfeuer sind nicht Teil dieser Arbeit, da es sich bei der vorliegenden Betrachtung ausschließlich um eine Einschätzung der Nutzbarkeit von Feuer zur Totholzreduktion im Rahmen der Waldbrandprävention handelt. Daher wird im Folgenden nur noch der Begriff „präventives Brennen“ im Sinne der oben dargestellten Definition des „prescribed burning“ verwendet.

4.2 Vorgehensweise beim präventiven Brennen

Bevor ein Feuer zum Zwecke des präventiven Brennens genutzt wird, müssen eine Reihe von Überlegungen erfolgen. Zunächst ist die Genehmigungslage zu klären. In Ländern, in denen präventives Brennen regelmäßig eingesetzt wird, gibt es oft Richtlinien und Regelwerke, die darlegen, welche Genehmigungen an welchen Stellen eingeholt werden müssen (vergleiche beispielsweise Greco, 2018 für Nordamerika). Eine Darstellung der Rechtslage in Deutschland am Beispiel Baden-Württembergs findet sich in Kapitel 4.5.

Das weitere Vorgehen wird häufig im Rahmen der Erstellung eines Brennplanes beplant. Als Muster für solch einen Brennplan kann der „Prescribed Burning Plan“ der Oklahoma State University verwendet werden (siehe **Anhang 1**). Anhand der Erstellung des Brennplans werden Überlegungen bezüglich des richtigen Ortes und der richtigen Zeit für die Maßnahme angestellt. Für die Auswahl des richtigen Brennzeitpunkts spielen die Boden- und Luftfeuchtigkeit, sowie Temperatur und Wind eine wesentliche Rolle (Goldammer, 1978). Weiter ist zu prüfen, ob nicht auch alternative, gegebenenfalls risikoärmere Landschaftspflegemaßnahmen wie eine mechanische Bearbeitung oder auch die Beweidung der Fläche möglich sind und ob das Brennen für die Zielsetzung überhaupt ein geeignetes Mittel darstellt.

Darüber hinaus müssen naturschutzrechtliche Überlegungen erfolgen, um Tierarten zum Beispiel nicht in der Brut-/Aufzuchtphase zu stören, in der die Fluchtfähigkeit insbesondere der Jungtiere reduziert ist. Flächen, die für präventives Brennen vorgesehen sind, sollten nicht zu groß sein, damit die Neubesiedlung durch Flora und Fauna von Nebenflächen einfach möglich ist (GFMC, 2009). Außerdem erhöht die Begrenzung der Fläche die Sicherheit der Maßnahme, da überschaubare Flächen besser zu kontrollieren sind.

Im nächsten Schritt ist das Vorgehen auf der Fläche zu planen. Befinden sich Gebäude, Fahrzeuge oder Ähnliches auf oder an der Fläche? Gibt es Schutzstreifen, die als Begrenzung für die Brennmaßnahme geeignet sind, wie Fahrspuren oder Fließgewässer, oder müssen künstliche Wundstreifen angelegt werden? Passt die Topographie zum geplanten Vorgehen (unterschiedliches Brennverhalten bergauf oder bergab)? Wie verläuft die Hauptwindrichtung? Wie ist die Beschaffenheit des Brennmaterials auf der Fläche?

Bevor mit dem präventiven Brennen begonnen werden kann, ist außerdem zu klären, welche Ausstattung benötigt wird. Neben dem Brennkännchen, das zur Entzündung der Vegetation genutzt wird, benötigen Brennteams Werkzeuge, um das Feuer unter Kontrolle zu halten. Hierzu gehören Löschgeräte (zum Beispiel Löschrucksäcke), Feuerrechen, Schaufeln, Wiedehopfhauen, aber auch Kommunikationsmittel wie Funkgeräte. Das Personal muss sich absprechen, wer welche Aufgaben erfüllt, wer als Beobachter die Sicherheit des Brennteams im Auge behält und wie im Notfall vorgegangen werden soll (Fluchtwege, Erste-Hilfe-Maßnahmen, etc.).

All diese Informationen werden im Brennplan festgehalten, vor dem Entzünden des Feuers nochmals überprüft und mit allen Beteiligten abgestimmt. Der Brennvorgang selbst beginnt meist an einer Sicherungslinie, beispielsweise einem Weg oder Gewässer. Der dort gezündete Brand breitet sich als Gegenwindfeuer langsam und kontrolliert aus und erzeugt so einen abgebrannten Bereich. Vor diesem Streifen können weitere Entzündungsläufe stattfinden. Die entstehenden Feuer laufen dann gegeneinander und erlöschen dann mangels Brennstoffes von selbst (siehe **Abbildung 3**).

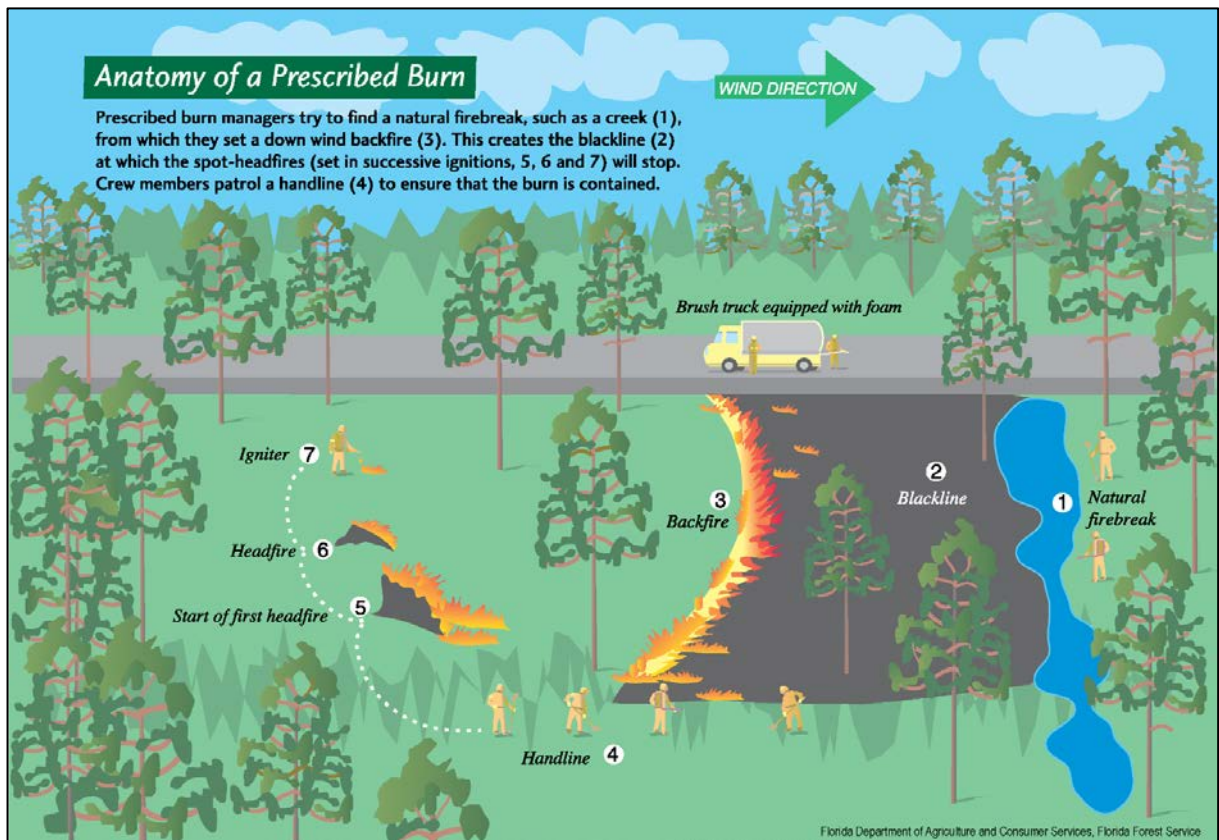


Abbildung 3: Darstellung des Ablaufs beim präventiven Brennen:
Das Brennteam versucht, eine natürliche Feuerschneise zu finden (1), wo sie ein gegen den Wind laufendes Feuer zünden (3). Dies erzeugt einen abgebrannten Bereich (2), an dem die Punktfeuer (5 - 7) erlöschen. Die Ränder werden durch das Brennteam überwacht (4), damit das Feuer innerhalb seiner Grenzen bleibt.
(© Forest Department of Agriculture and Consumer Services, Florida Forest Service)

4.3 Entwicklung des präventiven Brennens weltweit

In vielen Bereichen der Welt sind Ökosysteme von Natur aus an das regelmäßige Auftreten von Bränden adaptiert. Flora und Fauna haben sich an wiederkehrende Feuer angepasst. In diesen Gebieten begannen die Menschen schon vor vielen Jahrhunderten, das Feuer gezielt einzusetzen. Die Ureinwohner Nordamerikas und auch die Aborigines in Australien nutzten das kontrollierte Brennen von Flächen, um ihren Lebensraum an ihre Bedürfnisse anzupassen und ungewollte Vegetation zurückzudrängen (Morgan et al., 2020; Ryan et al., 2013).

Mit der Besiedlung Nordamerikas und Australiens änderte sich die Nutzung des Feuers. Die europäischen Siedler brannten entweder viel größere Flächen ab, um diese dann landwirtschaftlich zu nutzen (z. B. Brandrodungswanderfeldbau), oder unterbanden natürliche Feuer in Wäldern so gut es ging, weil sie Schäden am Nutzholz vermeiden wollten (Morgan et al., 2020; Ryan et al., 2013). In dieser Zeit ging viel Wissen im Bereich des kontrollierten Feueereinsatzes verloren und die Lebensräume veränderten sich. Es kam häufig zu erhöhten Brandlasten in den Wäldern und der Anteil unkontrollierter, heftiger Brände stieg an.

Seit den 1930ern gab es als Reaktion auf dieses Phänomen Vorschläge von Seiten der Wissenschaft, die an Feuer angepassten Ökosysteme wieder gezielt mit Feuer zu pflegen (Ryan et al., 2013). Allerdings beschäftigten sich Forscher weltweit erst seit etwa 50 Jahren wieder im größeren Stil mit dem Thema des präventiven Brennens. Ab den 1970ern wurden vermehrt Symposien zum Thema abgehalten, zum Beispiel das Prescribed Burning Symposium des United States Department of Agriculture (USDA) Forest Service in Charlston, South Carolina, oder auch das Symposium Feuerökologie 1977 an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg im Breisgau³. Mit dem Global Fire Monitoring Center (GFMC) wurde 1998 eine Organisation geschaffen, die das Wissen über Landschaftsbrände, aber auch über kontrolliertes Brennen, weltweit archiviert, auswertet und für die Praxis aufbereitet.

Auch heute wird das präventive Brennen überwiegend in Bereichen eingesetzt, deren Ökosysteme von Natur aus an das wiederkehrende Auftreten von Feuern angepasst sind, wie in Nordamerika und Australien. In Europa hingegen ist der Einsatz von Feuer zur Landschaftspflege oftmals verboten. Umgekehrt versuchen Länder wie Spanien oder Frankreich zunehmend, präventives Brennen von staatlicher Seite zu fördern, indem sie bei der Genehmigung unterstützen oder spezielle Brennteams etablieren (GFMC, 2009). In Skandinavien wird das präventive Brennen eingesetzt, um Wälder offen zu halten und um Lebensräume für bedrohte Insektenarten und Pilze zu schaffen (GFMC, 2009). In vielen anderen europäischen Ländern bedarf es derzeit allerdings noch einer Reihe von Sondergenehmigungen. Mit Unterstützung der Forscher des GFMC werden Erkenntnisse aus Brennversuchen aus den Jahren 1977 und 2006 aus Baden-Württemberg in Osteuropa, Russland und Zentralasien mehr und mehr in die Praxis eingeführt (Goldammer, 2020). Dabei etabliert sich die Methode zunehmend.

³ Die Unterlagen des Symposiums sind verfügbar unter <https://gfmc.online/conferences/1977-1.html> (zuletzt aufgerufen am 30.11.2021).

4.4 Effekte des präventiven Brennens auf Ökosysteme

Das präventive Brennen reduziert die Menge des brennbaren Materials in der Landschaft, entsorgt Schlagabraum, bereitet Flächen für die Nachsaat oder Bepflanzung vor und verbessert den Lebensraum für bestimmte Pflanzen und Tiere. Außerdem kann es für das Management von invasiven Arten und Pflanzenkrankheiten eingesetzt werden (USDA, 2018).

Ohne Feuer kann sich je nach Art des Waldes innerhalb weniger Jahre eine große Menge brennbarer Biomasse ansammeln. In Wäldern, die an Feuer angepasst sind, hat sich gezeigt, dass der Einsatz von präventivem Brennen die Brandlast für drei bis vier Jahre unter eine kritische Menge bringen kann (USDA, 2018). Dadurch können Schadfeuer besser unter Kontrolle gehalten werden. Dies gilt auch für Biomasse, die als Rest bei der Holzernte zurückbleibt. Die Aufarbeitung des feinen Reisigs lohnt sich wirtschaftlich häufig nicht. Es bleibt als Brennmaterial in den Wäldern zurück. Das präventive Brennen ist eine Methode solche Rückstände zu entfernen. Dabei ist das Verbrennen des Materials in der Fläche besser, als wenn es zu Haufen gebündelt wird, da beim Verbrennen der Haufen eine stärkere Belastung durch Rauch auftritt und die Wärmeeinwirkung auf den Boden höher ist (USDA, 2018).

Nach dem präventiven Brennen ist der Boden von krautiger Vegetation befreit. So erreicht mehr Licht den Boden und konkurrierende Pflanzen fehlen, was die Keimung von Baumsamen erleichtert (USDA, 2018). Zudem wirkt die Asche als natürlicher Dünger. Soll die gebrannte Fläche mit Setzlingen bepflanzt werden, wird dies ebenfalls erleichtert, da sie leichter begangen und bearbeitet werden kann (USDA, 2018). Außerdem beeinflusst das präventive Brennen die Biodiversität oftmals positiv. Durch den gesellschaftlichen Wandel werden viele ökonomisch unrentable Flächen immer weniger durch Mahd oder Beweidung bewirtschaftet, was zur Verbuschung führt. Durch das präventive Brennen kann Offenland erhalten und holzige Vegetation zurückgedrängt werden (Fernandes et al., 2013). Feueradaptierte Arten des Offenlandes wie das Heidekraut (*Calluna sp.*) werden so gezielt gefördert (Goldammer, 1978). Als Mittel der Biodiversitätserhöhung ist das präventive Brennen besonders gut geeignet, wenn auf relativ kleinen Flächen mosaikartig über einen längeren Zeitraum hinweg gebrannt wird. So entstehen unterschiedlich alte Sukzessionsflächen mit einer hohen Artenvielfalt (Pastor et al., 2011). Es ist wichtig, nicht zu häufig zu brennen, da einige Tier- und Pflanzenarten durch die Maßnahme durchaus geschädigt werden oder sogar lokal aussterben können (Bradshaw et al., 2018).

Die Wirkung des Feuers kann andererseits gezielt eingesetzt werden, um Pflanzenkrankheiten zu bekämpfen. Gegen Pilzinfektionen von jungen Kiefernkeimlingen hilft es, die befallenen Nadeln zu verbrennen. Dabei darf das Feuer allerdings nur kurz über den Bestand hinwegbrennen, damit die Knospen nicht geschädigt werden (USDA, 2018). Auch für die Verdrängung invasiver Pflanzenarten ist das präventive Brennen geeignet (DiTomaso et al., 2006). Dennoch sollte die Methode nur in Maßen eingesetzt werden, da die Datenlage bezüglich der längerfristigen Schädigung der Pflanzengesellschaften schlecht ist. Negative Effekte auf einheimische, schützenswerte Arten können derzeit nicht ausgeschlossen werden.

5 Analyse der Umsetzbarkeit dieser Methode in deutschen Wäldern

Obwohl es wie in Kapitel 4.4 dargestellt eine ganze Reihe positiver Effekte des präventiven Brennens gibt, wird es bisher in Deutschland kaum in Wäldern eingesetzt. Nur vereinzelt wird es bereits zur Landschaftspflege im Offenland genutzt. Dies liegt an diversen organisatorischen und praktischen Gründen, die die Anwendung des präventiven Brennens in Deutschland generell erschweren beziehungsweise konkret gegen die Beseitigung großer Mengen von Totholz in deutschen Wäldern durch diese Methode sprechen.

5.1 Mangelnde Anpassung der deutschen Waldökosysteme an Feuer

Im Gegensatz zu feuergeprägten Ökosystemen, wie man sie in Australien oder einigen nordamerikanischen Staaten findet, sind Waldökosysteme in Deutschland in der Vergangenheit selten von Waldbränden betroffen gewesen (Müller, 2019). Der einzige natürliche Grund für Waldbrände in diesem Gebiet sind Blitzschläge. Da diese in der Regel mit Niederschlägen einhergehen, kommt es hierbei selten zu großflächigen Waldbränden (Müller, 2019). Erst die häufig fahrlässig oder mutwillig vom Menschen verursachten Waldbrände der jüngeren Vergangenheit haben die Eintrittswahrscheinlichkeit von Waldbränden verändert. Sie treten erst seit so kurzer Zeit auf, dass noch keine nachweisliche Anpassung von Flora und Fauna stattgefunden hat. Waldbrände haben für deutsche Waldökosysteme also funktionell noch keine Bedeutung erlangt. Die Samen der hiesigen Baumarten keimen auch ohne die Wärmeeinwirkung eines Feuers. Somit unterscheiden sie sich von den tatsächlich pyrophilen, also feuerabhängigen Pflanzen Nordamerikas und Australiens. Samen solcher Pflanzen unterbrechen ihre Keimruhe erst durch Rauch oder Wärmeeinwirkung (Santana et al., 2010).

Die in Deutschland heimische, häufig als feuerliebend beschriebene Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris*) oder auch das Waldweidenröschen (*Epilobium angustifolium*) profitieren zwar von Feuern, weil sie als Mineralbodenkeimer auf den durch Waldbrände freigelegten Böden einfacher keimen können und weniger unter Konkurrenzdruck leiden, sie sind jedoch nicht vom Feuer abhängig (Müller, 2019). Andererseits werden viele ausgewachsene Bäume, wie die Fichte (*Picea abies*) oder die Buche (*Fagus sylvatica*), bei Bränden bereits durch Temperaturen von über 60°C so geschädigt, dass sie oftmals absterben (Müller, 2020). Dies liegt an der zerstörerischen Wirkung von Wärme auf das Xylem, dem holzigen Leitgewebe der Bäume, welches für die Wasserförderung von der Wurzel zur Krone verantwortlich ist. Sowohl im Labor als auch im Freiland konnte für Fichten, Buchen, aber auch Kiefern nachgewiesen werden, dass sich die Sterblichkeit dieser Arten nach Waldbränden durch die Herabsetzung der Wasserleitfähigkeit dieses Gewebes erhöht (Bär et al., 2018). Dieser Effekt ist verstärkt bei Bäumen mit dünner Rinde zu beobachten, während beispielsweise ältere Kiefern mit dickerer Rinde Brandereignisse durchaus überleben können (Goldammer et al., 1997).

Generell ist zu beobachten, dass Brände, egal ob sie natürlichen Ursprungs sind oder im Rahmen des präventiven Brennens induziert wurden, Pflanzen und Tiere abtöten können (USDA, 2018). Dadurch, dass präventive Brände häufig kleinräumig stattfinden, haben mobilere Tierarten zwar die Möglichkeit, vor den Flammen zu flüchten, dennoch gibt es immer wieder Berichte von verletzten oder getöteten Tieren, die sich nicht rechtzeitig in Sicherheit bringen konnten (Strohmaier, 2020). Auch viele Pflanzenarten werden durch die Beflammung so sehr geschädigt, dass sie sich nach einem Brand nicht regenerieren können (USDA, 2018). Durch die dargestellte fehlende Anpassung der heimischen Flora und Fauna an wiederkehrende Feuer sollte das präventive Brennen in deutschen Wäldern also nicht großflächig Anwendung finden, sondern ist nur als Option für genau zu prüfende Einzelfälle denkbar. Es könnte zum Beispiel in offenen, stark durchforsteten Kiefernwäldern eingesetzt werden, um die Bodenvegetation zu entfernen, wenn solche Bestände als Schutzstreifen eingesetzt werden sollen (vergleiche Kapitel 6 für eine genauere Ausführung zu diesem Vorschlag).

5.2 Wärme und Glutentwicklung schädigen den Boden

Wie stark negativ sich ein Feuer auf das Ökosystem Wald auswirkt, hängt maßgeblich von der Geschwindigkeit des Feuers und der Menge des Brennmaterials ab. Grundsätzlich wird versucht, beim präventiven Brennen ein schnell laufendes, „kaltes“ Bodenfeuer einzusetzen (USDA, 2018). Dadurch sollen die in Kapitel 5.1 dargestellten negativen Effekte auf Flora und Fauna so gering wie möglich gehalten werden.

In dieser Facharbeit soll nun aber die Einsatzmöglichkeit des präventiven Brennens auf großflächig geschädigten Waldbeständen untersucht werden. Diese Flächen zeichnen sich dadurch aus, dass sie viel Totholz enthalten, darunter auch große Mengen an teilweise dicht liegendem Stammholz.

Wenn solche Flächen nun durch präventives Brennen vom Brennmaterial befreit werden sollen, kommt es nicht nur zu schnell brennenden Bodenfeuern, die feingliedriges Reisig-Material entfernen, sondern auch zur Entzündung von Derbholz, also dickeren Stämmen mit einem Durchmesser von über 7 cm. Solche Brände entwickeln deutlich höhere Temperaturen und durchwärmen den gesamten darunter liegenden Boden. Die entstehende Glut der verbrennenden Stämme verbleibt lange auf der gleichen Stelle. Während Bodenfeuer beim kontrollierten Brennen nur die obersten zwei bis drei cm des Bodens auf bis zu 50 °C erwärmen, werden bei brennenden Stämmen oder Holzstapeln auch in tieferen Bodenschichten deutlich höhere Temperaturen erreicht (Goldammer et al., 1997). Dabei werden die biologischen Bodeneigenschaften negativ beeinflusst, da schon ab etwa 60 °C Samen und Mikroben beginnen abzusterben (Stoof, 2013). Die Verbrennung großer Mengen von Brandlast in großflächig zerstörten Waldbeständen widerspricht also elementar der Grundidee des präventiven Brennens, da das Feuer hier lange und heftig an der selben Stelle brennt, anstatt schnell über die Fläche zu laufen.

5.3 Emissionen von Feinstaub und Schadstoffen

Neben der übermäßigen Wärmeentwicklung, die den Boden schädigt, bringt die Glutbildung weitere Schwierigkeiten mit sich. Nach dem Brennen glühen die Reste von Stämmen und Holzstapeln lange nach und schwelen weiter. Dies führt neben dem erhöhten Rückzündungsrisiko vor allem zu einer deutlichen Rauchbelastung (Müller, 2019). Neben der zum Teil massiven Emission von Feinstaub kommt es auch zur Freisetzung einer ganzen Reihe von Schadstoffen.

Ein Bericht von Austin (2008), der die Gesundheitsrisiken bei der Vegetationsbrandbekämpfung untersucht, legt nahe, dass durch Waldbrände Kohlenstoffmonoxid, Formaldehyd, Acrolein sowie lungengängige Partikel freigesetzt werden. Außerdem kommt es, wenn auch in geringeren Konzentrationen, zur Bildung von Benzol, Kohlendioxid, Stickoxiden, polyaromatischen Kohlenwasserstoffen, Ammoniak und Furfural sowie weiteren Schadstoffen. Diese können insbesondere bei regelmäßig exponierten Personengruppen wie Feuerwehrleuten und Brennteams zu Lungenproblemen führen. Tatsächlich wurden bei Vegetationsbrandbekämpfungsteams Überschreitungen der Arbeitsplatzgrenzwerte für Verbrennungsprodukte in etwa 50 % der untersuchten Fälle festgestellt. Da die Schadwirkung von der Konzentration der Giftstoffe abhängt, erhöht eine starke Rauchbildung beim Verbrennen großer Totholzmassen das Risiko für die eingesetzten Kräfte.

5.4 Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen und Totholz

Im Hinblick auf den hohen Energiebedarf der Menschheit und den immer lauter werdenden Forderungen nach regenerativen Energiequellen stellt sich die Frage, ob es zu verantworten ist, Biomasse einzig zum Zwecke der Beseitigung der Brandlast zu verbrennen. Als Alternative wäre beispielsweise eine Ausfuhr der Biomasse durch die Produktion von Waldhackschnitzel als biologische Energieträger denkbar. Zimmer (2010) stellt dar, dass dies energieeffizient und umweltfreundlich möglich ist, sofern die Lager- und Transportlogistik nicht übermäßig energieaufwendig ist. Bisher werden hier überwiegend die dickeren Stämme genutzt, aber auch Feinmaterial kann verarbeitet werden (Rummer, 2004). Dem Wald werden durch die mechanische Beseitigung von Biomasse zwar Nährstoffe entzogen, dies kann allerdings durch eine Rückführung der Asche der Hackschnitzel kompensiert werden.

Außerdem müssen bei Überlegungen über die Reduktion von Brandlast in den Wäldern die positiven Effekte von Totholz für das Ökosystem Wald einbezogen werden, die durch eine Entfernung des Totholzes durch präventives Brennen entfallen. Um einen gleichbleibenden Totholzanteil von circa 20 m³ pro Hektar zu gewährleisten, muss jährlich ein Kubikmeter Totholz hinzukommen, um die Abbauprozesse zu kompensieren (BMEL, 2018). Totholz ist eine wesentliche Komponente im Lebenszyklus zahlreicher Vögel, Insekten, Pilze und Flechten und wird als ein Indikator für Biodiversität genutzt (BMEL, 2018). Für Vögel stellt es Brutmöglichkeiten und Verstecke zur Verfügung. Insekten nutzen Totholz als Nahrungsquelle und Überwinterungsmöglichkeit. Pilze und Flechten zersetzen Totholz, um an die darin

gebundenen Nährstoffe zu kommen. Darüber hinaus stellt Totholz einen Steinschlag- und Lawinenschutz dar und liefert die Grundlage für Verjüngungsprozesse (Bütler & Schläpfer, 2004). Das präventive Brennen zur Entfernung des Totholzes steht hierbei naturschutzfachlichen Überlegungen entgegen. Es besteht ein Interessenskonflikt zwischen Waldbrandprophylaxe und Biodiversitätsförderung. Blüter und Schläpfer (2004) schlagen als Lösung für dieses Problem vor, besonders totholzreiche Bereiche mosaikartig im Wald zu verteilen, um die Totholzspezialisten im Tier- und Pflanzenreich zu fördern. Dazwischen liegende Bereiche können dann weniger Totholz enthalten, um sie brandschutztechnisch besser kontrollierbar zu machen. Sie sollten aber den Forschern zufolge auch nicht komplett vom Totholz befreit werden. Um diesen Vorschlag umzusetzen, erscheint das präventive Brennen ungeeignet, da dies zum Ziel hat, flächendeckend die Brandlast möglichst vollständig zu entfernen.

Totholz ist nicht gleich Totholz. Dickere Stämme sind in den ersten ein bis zwei Jahren nach dem Absterben zwar noch trocken und somit eine Brandlast, lassen sich aber schon da relativ schwer entzünden. Ist die Zersetzung in den folgenden Jahren fortgeschritten und haben die Bäume flächig Bodenkontakt, ist ihre Feuchtigkeit bald so hoch, dass sie gar nicht mehr brennen (persönliche Auskunft von S. Waidmann am 20.10.2021 und A. Held am 15.11.2021). Daher sind nach größeren Sturmereignissen eher die Nichtderbholzanteile mit Durchmessern unter 7 cm problematisch. Diese liegen häufig locker. Sie haben kaum Bodenkontakt und somit auch weniger Feuchtigkeit, weshalb sie entsprechend leicht zu zünden sind. Kronreisig kann auch mehrere Jahre nach einem Sturmschaden problematisch werden, wie der Heidebrand 1975 zeigte. Die hohe Brandlast in den Wäldern ließ sich damals auf einen Sturm im November 1972 zurückführen, der großflächig den Baumbestand zerstört hatte. Die Stämme waren zu dieser Zeit aus wirtschaftlichen Gründen schon aus den Wäldern entfernt worden, während feines Reisig dort verblieb und dem Feuer Nahrung bot.

Aus Sicht des Naturschutzes sollten also insbesondere größere Stämme nach Möglichkeit im Wald belassen werden (Blüter und Schläpfer, 2004). Ist eine Reduktion der Brandlast nötig, sollte der Fokus auf das feine Reisig gelegt werden. Eine derart selektive Totholzbeseitigung ist durch präventives Brennen kaum möglich, da nur an ganz wenigen Tagen im Jahr Bedingungen vorherrschen, bei denen Reisig verbrannt werden könnte, während dickere Stämme erhalten blieben. Auf großflächig zerstörten Waldbeständen ist so etwas kaum umsetzbar (persönliche Auskunft von A. Held am 15.11.2021).

5.5 Rechtslage für das präventive Brennen in Deutschland

Neben diesen praktischen Schwierigkeiten ist auch die Genehmigungslage für das präventive Brennen kompliziert, da verschiedenste Rechtsnormen zu beachten sind. Neben Bundesgesetzen gibt es länderspezifische Regelungen, Verordnungen der Verwaltungsinstitutionen sowie Vorgaben von Waldzertifizierungsprogrammen. Im Rahmen dieser Arbeit wird beispielhaft die Rechtslage für das präventive Brennen in Baden-Württemberg beleuchtet. Die genannten rechtlichen Vorschriften können weitgehend analog in den anderen Bundesländern angewandt werden.

Naturschutzrechtliche Aspekte

Grundsätzlich enthält das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in § 39 Abs. 5 Nr. 1 ein allgemeines Brennverbot, das besagt, dass die Bodendecke auf Wiesen, Feldrainen, Hochrainen und ungenutzten Grundflächen sowie an Hecken und Hängen nicht abgebrannt werden darf. § 67 BNatSchG ermöglicht es aber, von diesem Verbot sowie von Vorgaben des Naturschutzrechts der Länder abzuweichen, wenn die Abweichung mit den Belangen von Naturschutz und Landschaftspflege vereinbar ist. Hierzu ist jedoch eine Ausnahmegenehmigung erforderlich.

In Natur- oder Landschaftsschutzgebieten sind zudem die gebietsspezifischen Verordnungen zu beachten. Diese Verordnungen verbieten häufig alle Handlungen, die zu einer Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung des Naturschutzgebietes, seiner Bestandteile oder zu einer nachhaltigen Störung führen können. Dies beinhaltet insbesondere das Entzünden oder Unterhalten von Feuer (siehe zum Beispiel § 4 Abs. 1 sowie § 4 Abs. 2 Nr. 12 der Verordnung des Regierungspräsidiums Karlsruhe über das Naturschutzgebiet „Pfinzquellen“). Allerdings gibt es die Möglichkeit einer Befreiung von den Regelungen durch die höhere Naturschutzbehörde gemäß den Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes.

In Baden-Württemberg gibt es inzwischen in Einzelfällen beispielsweise vom Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald Allgemeinverfügungen, die die Nutzung von Feuer für die Böschungspflege für den Bereich des Kaiserstuhls erlaubt. Diese gelten aktuell für Rebgebiete, grundsätzlich könnte dieser Ansatz aber auch auf geschützte Waldgebiete übertragen werden. Konkrete Regelungen für das Brennen im Wald in Baden-Württemberg sind der Autorin nicht bekannt. Generell zeigt die Notwendigkeit einer Allgemeinverfügung zum Ermöglichen des präventiven Brennens, dass es an den rechtlichen Grundlagen für Ausnahmegenehmigungen mangelt.

Landeswaldgesetz (LWaldG) und weitere Vorgaben für den Forst

Im § 41 Abs. 1 des Waldgesetzes für Baden-Württemberg (LWaldG) wird geregelt, dass im Wald oder in dessen Nähe ohne Genehmigung kein Feuer angezündet werden darf beziehungsweise die Bodendecke sowie Pflanzen oder Pflanzenreste nicht abgebrannt werden dürfen. Ausnahmen wie die Erlaubnis für den Waldbesitzer und seine Beschäftigten, Grundstücksbesitzer in unmittelbarer Waldnähe etc. sind in § 41 Abs. 2 LWaldG geregelt. Wird ungenehmigt ein Feuer entzündet, liegt nach § 83 Abs. 1 LWaldG eine Ordnungswidrigkeit vor. Eine Genehmigung für das Brennen kann durch die zuständige Forstbehörde erteilt werden, aber nur wenn eine Gefährdung des Waldes durch Feuer nicht zu befürchten ist. Alternativ könnte das präventive Brennen durch die Forstbehörde aufgrund von § 18 LWaldG sogar angeordnet oder selbst durchgeführt werden, wenn dies zur Verhütung von Waldbränden erforderlich ist. Der Verfasserin ist kein Fall bekannt, in dem dies bereits erfolgt wäre.

Neben dem Waldgesetz sind Waldbesitzer häufig zusätzlich an die Vorgaben von Zertifizierungsprogrammen gebunden, zum Beispiel an die Waldzertifizierung des Forest Stewardship Council (FSC). Im Juli 2019 waren rund 1,36 Millionen Hektar deutscher Wälder FSC-zertifiziert, was etwa 11 % der Waldfläche entspricht. Um das Zertifikat zu erhalten, verpflichtet sich der Waldbesitzer unter anderem dazu, eine

betriebliche Totholzstrategie festzulegen, die für die Anreicherung von Totholz sorgen soll (Nr. 6.6.5 des FSC-Standards Deutschland, 2020). Hierbei wird festgelegt, dass Nichtderbholz, also Reisig und Stockholz mit einem Durchmesser kleiner 7 cm, in der Regel im Wald verbleiben soll (Nr. 10.11.9 des FSC-Standards Deutschland, 2020). Ähnliche Regelungen finden sich auch für die Zertifizierung durch das „Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes“ (PEFC), die etwa zwei Drittel der deutschen Waldfläche zertifiziert, was über acht Millionen Hektar entspricht. Im Rahmen der Zertifizierung wird ein angemessener Umfang von Totholz gefordert und die Vollbaumnutzung, also die Nutzung und Entfernung aller oberirdischen Baumteile, eingeschränkt (Nr. 3.5, Nr. 3.6 und Leitfaden 4 des PEFC-Standards für nachhaltige Waldbewirtschaftung, PEFC Deutschland, 2020). Das Verbrennen der Biomasse im Wald könnte also für die Waldbesitzer zu Problemen mit der Waldzertifizierung führen. Allerdings ist beispielsweise bei der Forst-Zertifizierung in Schweden das kontrollierte Brennen von 5 % der Schlagfläche Pflicht (FSC Sweden, 2013), weshalb auch eine Anpassung der deutschen Zertifizierungsprogramme in diesem Bereich durchaus denkbar wäre. Derzeit sehen die deutschen Waldzertifikate dies noch nicht vor.

Emissions- und Abfallrecht

Die Verordnung der Landesregierung über die Beseitigung pflanzlicher Abfälle außerhalb von Abfallbeseitigungsanlagen (PflAbfV BW) regelt zum Verbrennen von Biomasse im Forst das Folgende: Pflanzliche Abfälle, die im Wald anfallen, insbesondere der Schlagabraum, dürfen durch Verrotten im Wald beseitigt werden, sie dürfen aber auch verbrannt werden, soweit dies aus forstwirtschaftlichen Gründen erforderlich ist (§ 4 PflAbfV BW). Dabei ist zu beachten, dass die Abfälle zur Verbrennung so weit wie möglich zu Haufen oder Schwaden zusammengefasst werden müssen; flächenhaftes Abbrennen ist unzulässig (§ 4 Abs. 2 i. V. m. § 2 Abs. 2 Satz 2 PflAbfV BW). Da beim präventiven Brennen flächig gebrannt wird, würde diese Maßnahme also gegen die Vorgaben des Abfallrechts verstoßen, was auch hier eine Ausnahme erforderlich macht.

Zusammenfassung der Rechtslage

Es zeigt sich, dass die Fülle der zu beachtenden Normen das präventive Brennen in deutschen Wäldern schwierig gestaltet. Dies liegt daran, dass von Seiten des Gesetzgebers versucht wird, Feuer zum Schutz der Landschaft soweit es geht zu unterbinden. Damit präventives Brennen in Wäldern eingesetzt werden könnte, müssten neben den Genehmigungen der Naturschutz- und Forstbehörden gegebenenfalls Bescheide auf Kreisebene erlassen werden, die die Brennteams von Regelungen der Verordnungen im Bereich der Natur- und Landschaftsschutzgebiete befreien. Außerdem wäre eine Ausnahme vom Abfallrecht erforderlich. Ausnahmen wie die Allgemeinverfügung am Kaiserstuhl zeigen, dass es durchaus möglich ist, präventives Brennen zu genehmigen. Darüber hinaus zeigen die Forderungen des schwedischen FSC-Zertifikats, dass dies sogar im Sinne des Naturschutzes sein kann. Problematisch ist, dass es in Deutschland bisher keine einheitlichen Zertifikate gibt, die bescheinigen, dass Brennteams das nötige Wissen für die Durchführung einer Brennmaßnahme haben (vergleiche hierzu Kapitel 5.6).

5.6 Mangelnde Ausbildung und Erfahrung der Brennteams

In Australien und Nordamerika wird das präventive Brennen regelmäßig eingesetzt (vergleiche hierzu Kapitel 4.3). Entsprechend gibt es staatlich zertifizierte Brennmeister, zum Beispiel den vom Texas Department of Agriculture lizenzierten *Certified and Insured Prescribed Burn Manager* (CIPBM) oder den *SCFC Certified Prescribed Fire Manager*, der von der South Caroline Forestry Commission ausgebildet wird. Um solch ein Zertifikat zu erlangen, muss ein definiertes Maß an Erfahrung und Ausbildung nachgewiesen werden. Auch im europäischen Ausland gibt es inzwischen staatlich anerkannte Zertifikate, beispielsweise in Spanien und Portugal. Das *Técnicos Especializados em Fogo Controlado* (portugiesisch für Zertifikat für präventives Brennen) wird vom Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas verliehen, während das spanische Institut de Seguretat Publica de Catalunya den erfolgreichen Abschluss eines Basiskurses über technisches Feuermanagement bescheinigen kann.

Versuche, die Ausbildung für das präventive Brennen auch in Deutschland zu zertifizieren, sind der Verfasserin bisher nur in kleinerem Umfang bekannt (für ein Beispiel siehe **Anhang 2**). Der Fokus liegt hierbei ausschließlich auf dem Brennen im Offenland, nicht im Wald. Derartige Zertifikate werden von offiziellen Stellen nur selten anerkannt, obwohl sie ein gutes Mittel wären, bestimmte Mindestanforderungen an die Anwender der Methode „präventives Brennen“ zu stellen. Damit könnten auch Teile des Genehmigungsprozesses vereinfacht werden. Das Projekt „Waldbrand-Klima-Resilienz“ versucht derzeit, Materialien für die Ausbildung zu erstellen, die sowohl für die Waldbrandbekämpfung als auch das präventive Brennen genutzt werden können. Sie sollen das Wissen aus Spanien, Portugal, den USA und Australien zusammenfassen und den internationalen Zertifizierungsstandards entsprechen. Längerfristig soll auf diese Weise eine einheitliche Zertifizierung beispielsweise durch die Landesfeuerwehrschulen ermöglicht werden.

Eine praktische Ausbildung von Brennteams findet in Deutschland seit Mitte der 1990er Jahre statt. Hier liegt der Fokus allerdings auf dem Einsatz von präventivem Brennen im Offenland. Die Freiburger Arbeitsgruppe Feuerökologie/ Global Fire Monitoring Center (GFMC) praktiziert diese Ausbildung in sechs Bundesländern als eine Maßnahme des Naturschutzes, im Rahmen von Landschaftspflegemaßnahmen und im Management von aktiven und ehemaligen Truppenübungsplätzen. Sie wird auch von privaten Vereinen wie @fire oder Waldbrandteam e.V. durchgeführt. Großflächig geschädigte Waldbestände sind bislang nicht Gegenstand derartiger Maßnahmen. Da sich das präventive Brennen in Deutschland bislang auf relativ kleine Flächen konzentriert, gibt es in den staatlichen Behörden und nicht-staatlichen Einrichtungen wie Naturschutzstiftungen bislang nur wenige Fachkräfte, die das präventive Brennen systematisch anwenden.

5.7 Öffentliche Wahrnehmung

Das Risiko eines außer Kontrolle geratenden Feuers ist ein wesentlicher Aspekt, weshalb die Öffentlichkeit sich regelmäßig gegen das präventive Brennen ausspricht. Auch die mit dem präventiven Brennen einhergehende Feinstaubbelastung wird als negativ wahrgenommen. Dies ist insbesondere dann ein Problem, wenn das Ausbreitungsverhalten des Rauches bei der Planung nicht berücksichtigt wurde oder sich die Bedingungen wie zum Beispiel die Windrichtung unerwartet verändern. Neben diesen praktischen Problemen wird die Debatte vor allem im Hinblick auf den Naturschutz schnell emotional. Bilder von verletzten Tieren, die nicht schnell genug flüchten konnten (Strohmaier, 2020), oder auch verkohlte Vegetation werden als Argumente gegen das präventive Brennen ins Feld geführt und können massive Proteste auslösen. Ein weiterer Aspekt der öffentlichen Wahrnehmung ist die fehlende Ästhetik abgebrannter Flächen. Anrainer beklagen oft, dass der Erholungswert der Landschaft durch das Brennen über einen längeren Zeitraum hinweg reduziert wird, weil verkohlte Bereiche nicht zum Aufenthalt in der Natur einladen.

Um zu erreichen, dass das präventive Brennen in der Öffentlichkeit akzeptiert wird, müssen die Verantwortlichen offen über die Planungen sprechen, den Bedenken der Anwohner mit fachlichen Argumenten begegnen und die positiven Effekte sowie die Gründe und die Notwendigkeit der Maßnahme darstellen. Die Freiburger Arbeitsgruppe Feuerökologie/ GFMC beruft daher vor jeder Brennaktion die Vertreter der Gemeinden – und wenn möglich auch die Anwohner – in Form von „Runden Tischen“ ein, um die Zielsetzung und den Nutzen der Maßnahmen zu vermitteln und Vorschläge und gegebenenfalls Bedenken in den Ablauf der Verfahren einfließen zu lassen. Die Einbindung der Medienvertreter im Vorfeld des präventiven Brennens hat sich ebenfalls als positiv erwiesen (USDA, 2018). Für das Brennen großflächig zerstörter Waldflächen ist dies schwierig, weil wie oben dargestellt eine ganze Reihe von Argumenten gegen die Durchführung sprechen und somit fachlich kaum für die Maßnahme argumentiert werden kann. Würde nun durch Öffentlichkeitsarbeit dennoch für das Brennen auf solchen Flächen geworben werden, auf denen überwiegend negative Folgen auftreten, könnte die öffentliche Meinung in das Gegenteil umschlagen und zukünftig auch sinnvollen präventiven Brennplänen skeptisch bis ablehnend gegenüberstehen. Daher ist auch aus dem Blickwinkel der Öffentlichkeitswirksamkeit vom Brennen in großflächig zerstörten Beständen abzusehen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Das präventive Brennen wird in Deutschland in Wäldern bisher kaum angewendet. Für die Brandlastreduktion in großflächig zerstörten Waldbeständen erscheint die Maßnahme aufgrund der in Kapitel 5 dargestellten Gründe ungeeignet.

Statt zu brennen bleibt die Möglichkeit der mechanischen Brandlastreduktion, indem größere Stämme als Nutzholz entfernt oder Waldhackschnitzel produziert werden, was auch mit feinerem Material möglich ist (Rummer, 2004). Unter Berücksichtigung der aktuellen Energiepreise und des Rufs nach nachhaltigen Energieträgern wird dies zukünftig an wirtschaftlicher Attraktivität gewinnen, bleibt aber mit großem Arbeitsaufwand verbunden.

Bevor Biomasse entfernt wird, ist insbesondere im Hinblick auf den hohen naturschutzfachlichen Wert von Totholz zu prüfen, ob die Entfernung überhaupt zwingend erforderlich ist oder ob Teile des Totholzes als Lebensraum und Nahrungsquelle für Pflanzen, Tiere und Pilze im Wald belassen werden können. Bei der Prüfung ist die vom Totholz ausgehende Gefahr der Verstärkung von Waldbränden zu berücksichtigen. Insbesondere in der Nähe von Siedlungen oder in schlecht erschlossenen Bereichen sollte die Gefahr außer Kontrolle geratender Brände möglichst gering gehalten werden, was die Entfernung des Totholzes nötig machen kann. Dabei stellen dickere Stämme einen geringeren Beitrag zur Brandgefahr dar als feines Reisig, weshalb dieses bevorzugt entfernt werden sollte.

In Wäldern, in denen ein hoher Totholzanteil akzeptabel ist, könnten Siedlungsstrukturen oder Nutzwälder durch Waldbrandriegel geschützt werden. Mit diesen sollen die waldbrandgefährdeten Bereiche in ihrer Größe begrenzt und von zu schützenden Strukturen abgegrenzt werden (Müller, 2020). Einen möglichen Aufbau eines Waldbrandriegels stellt Goldammer (2020) exemplarisch am Beispiel eines munitionsbelasteten Waldes dar. Der grundsätzliche Aufbau lässt sich auch auf großflächig zerstörte Walbestände anwenden. Als erste Begrenzung des totholzreichen Waldstücks sollte ein Wundstreifen von möglichst mehreren Metern Breite angelegt werden, der vollständig frei von Brandgut ist. Dies kann beispielsweise durch Pflügen erreicht werden, so dass der Boden offen liegt. Daran schließt ein Feuerschutzstreifen an, der sich durch einen lichten, parkartigen, stark durchforsteten Baumbestand auszeichnet. Je nach örtlichen Gegebenheiten empfiehlt sich eine Breite von 30 bis 50 m (persönliche Auskunft von A. Held am 15.11.2021). Als Baumart werden Kiefern oder feuerhemmende Laubbäume wie Eichen empfohlen. Der Boden des Feuerschutzstreifens ist brandlastarm zu halten, damit sich ein Bodenfeuer in diesem Streifen möglichst totläuft. Es folgt ein weiterer Wundstreifen ohne Brandlast, der Infrastrukturlinien abgrenzt. Dies ergibt Sinn, weil es gerade an Straßen häufig zur Entstehung von Vegetationsbränden kommt, sei es durch unachtsam aus dem Fenster geworfene Zigaretten oder auch Hitzequellen an Fahrzeugen. Der Waldbrandriegel funktioniert in beide Richtungen. Zum einen wird mit dem Riegel versucht, den totholzreichen Baumbestand möglichst vor Zündquellen zu schützen. Zum anderen lässt sich im Falle eines Waldbrandes das Feuer am Waldbrandriegel besser aufhalten. Die Erschließungslinien der Wälder werden durch den Schutzstreifen

geschützt und stellen gleichzeitig einen guten Angriffsweg für abwehrende Brandschutzkräfte dar. Das vorhandene Waldwegenetz in Deutschland ist diesbezüglich vorteilhaft, da zusammenhängende Waldflächen wesentlich stärker untergliedert sind als beispielsweise in Kanada oder Sibirien (Tedim et al., 2014). Wenn dies ausgenutzt wird, um totholzreiche Bereiche zu begrenzen, können die Wünsche von Natur- und Brandschutz gleichermaßen erfüllt werden, da abgegrenzte, kontrollierbare Totholzinseln ermöglicht werden.

Damit Feuerschutzstreifen dauerhaft brandlastarm bleiben, benötigt es die entsprechende Pflege. Dabei könnte das präventive Brennen schließlich doch eingesetzt werden (Goldammer, 2020). Im Gegensatz zu großflächig zerstörten Waldbeständen ist die Brandlast in den parkartigen, offenen Feuerschutzstreifen niedriger und die Struktur darauf ausgelegt, Brände unter Kontrolle zu halten. Bodenfeuer brennen schnell und kalt und erzeugen daher weniger Schäden. Versuche in Breisach 2008 haben gezeigt, dass präventive Brände in offenen Kieferbeständen während der Wintermonate sicher möglich sind und die Brandlast effektiv reduziert wird (Goldammer et al., 1997).

Wenn es gelingt, das präventive Brennen in deutschen Wäldern in solchen Bereichen zu ermöglichen, wo der Nutzen der Anwendung klar begründbar und wissenschaftlich belegbar ist, können gleichzeitig Synergieeffekte für die Ausbildung der Feuerwehren entstehen. Bei einem kontrollierten Brand in Feuerschutzstreifen kann unter definierten Bedingungen das Brandverhalten der Vegetation beobachtet werden. Zudem können Werkzeuge zur Eingrenzung des Feuers erprobt werden. Mit diesen Erfahrungen kann Feuer dann auch als Vor- bzw. Gegenfeuer genutzt werden. Die Handlungssicherheit im Umgang mit brennender Vegetation wird erhöht und das Zusammenspiel zwischen Forst und Feuerwehr eingeübt.

Damit das präventive Brennen in deutschen Wäldern eingesetzt werden kann, ist es erforderlich, dass ein einheitliches Regelwerk oder zumindest Handlungsempfehlungen erstellt werden. Darin sollten die organisatorischen und sicherheitstechnischen Anforderungen für das präventive Brennen dargestellt, Mindestanforderungen an die Ausbildung und Qualifikation der Brennteams definiert und die Zuständigkeiten für die Maßnahme geklärt werden. Auch Rahmenbedingungen für das Brennen (Jahreszeit, Tageszeit, Witterung) sowie Tipps für die Öffentlichkeitsarbeit sollten beschrieben werden. Damit ein solches Dokument breite Akzeptanz findet, ist es wichtig, alle relevanten Akteure mit einzubeziehen. Eine Arbeitsgruppe zu diesem Thema sollte Vertreter der Forstämter, der Waldbesitzer, der Feuerwehren, der Vereine, die sich schon mit dem Thema beschäftigen, sowie Wissenschaftler, Naturschützer und die genehmigenden Behörden einbeziehen. Wünschenswert wäre neben einer Handreichung über das präventive Brennen auch die Erarbeitung eines Vorschlages für einen Erlass über Durchführungsbestimmungen, damit die Rechtslage ebenfalls vereinheitlicht und vereinfacht werden kann (Goldammer et al., 1997). Unter diesen Bedingungen wäre die Anwendung des präventiven Brennens in deutschen Wäldern vorstellbar, sofern es sich nicht um großflächig zerstörte Baumbestände handelt.

Literaturverzeichnis

AFAC: Australasian Fire and Emergency Service Authorities Council (2012). Bushfire glossary, verfügbar unter <https://www.afac.com.au/docs/default-source/doctrine/bushfire-terminology.pdf>, zuletzt aufgerufen am 16.11.2021.

Austin, C. (2008). Wildland Firefighter Health Risks and Respiratory Protection (Report R-572). Montreal, Quebec, Canada: IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail), 92 p.

Bär, A., Nardini, A., & Mayr, S. (2018). Post-fire effects in xylem hydraulics of *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica*. New Phytologist, 217(4), 1484-1493.

BMEL: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2018). Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur, 3. korrigierte Auflage, Berlin, 56 p.

BMEL: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2021a). Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2020, Bonn, 72 p.

BMEL: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2021b). Waldbericht der Bundesregierung 2021, Bonn, 84 p.

BMU: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, und nukleare Sicherheit. (2007). Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt – Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007, Berlin, 180 p.

Bradshaw, S. D., Dixon, K. W., Lambers, H., Cross, A. T., Bailey, J., & Hopper, S. D. (2018). Understanding the long-term impact of prescribed burning in mediterranean-climate biodiversity hotspots, with a focus on south-western Australia. International Journal of Wildland Fire, 27(10), 643-657.

Bütler, R., & Schläpfer, R. (2004). Wie viel Totholz braucht der Wald? Dead wood in managed forests: how much is enough? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 155(2), 31-37.

DiTomaso, J. M., Brooks, M. L., Allen, E. B., Minnich, R., Rice, P. M., & Kyser, G. B. (2006). Control of invasive weeds with prescribed burning. Weed technology, 20(2), 535-548.

Fernandes, P. M., Davies, G. M., Ascoli, D., Fernández, C., Moreira, F., Rigolot, E., ... & Molina, D. (2013). Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. Frontiers in Ecology and the Environment, 11(s1), e4-e14.

FSC Deutschland. (2020). Deutscher FSC®-Standard 3-0, 3. Auflage, Freiburg, 68 p.

FSC Sweden. (2013). The contribution of FSC®-certification to biodiversity in Swedish forests, verfügbar unter <https://se.fsc.org/preview.the-contribution-of-fsc-certification-to-biodiversity-in-swedish-forests.a-644.pdf>, zuletzt aufgerufen am 16.11.2021

GFMC: Global Fire Monitoring Center (2009). White Paper on Use of Prescribed Fire in Land Management, Nature Conservation and Forestry in Temperate-Boreal Eurasia, International Forest Fire News 38, 133-152.

Goldammer, J. G. (1978). Feuerökologie und Feuer-Management. Freiburger Waldschutz-Abhandlungen Band 1 - Heft 2, herausgegeben im Eigenverlag vom Forstzoologischen Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., 147 p.

Goldammer, J. G., Page, H., & Prüter, J. (1997). Feuereinsatz im Naturschutz in Mitteleuropa - Ein Positionspapier. NNA-Berichte, 10(5), 2-17.

Goldammer, J. G. (2020). Klimawandel, Wetterextreme, Wald und Waldbrand: Herausforderungen an die Waldbesitzer. Erweiterte Fassung der Druckversionen in Deutscher Waldbesitzer 3/2020 und 4/2020, 16 p.

Greco, B. (2018). Planning for and Implementing Prescribed Fire in Fire-Dependent Forests. ERI White Paper—Issues in Forest Restoration. Ecological Restoration Institute, Northern Arizona University, 11 p.

IMK: Ständige Konferenz der Innenminister und Senatoren der Länder (2019). Nationale Vegetationsbrandbekämpfungsstrategie. Entwurf zur 97. AK V-Sitzung. 6 p.

Jakoby O., Wermelinger B., Stadelmann G., Lischke H., (2015). Borkenkäfer im Klimawandel – Modellierung des künftigen Befallsrisikos durch den Buchdrucker (*Ips typographus*). Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 45 p.

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan C., Berger S., ...Zhou, B. (Hrsg.). (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 3949 p.

Morgan, G. W., Tolhurst, K. G., Poynter, M. W., Cooper, N., McGuffog, T., Ryan, R., ... & Davey, S. M. (2020). Prescribed burning in south-eastern Australia: history and future directions. Australian forestry, 83(1), 4-28.

Müller, M. (2019). Waldbrände in Deutschland, Teil 1. AFZ/Der Wald, 18, 27-31.

Müller, M. (2020). Waldbrände in Deutschland, Teil 3. AFZ/Der Wald, 23, 42-46.

Netherer, S., Matthews, B., Katzensteiner, K., Blackwell, E., Henschke, P., Hietz, P., ... & Schopf, A. (2015). Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? New Phytologist, 205(3), 1128-1141.

PEFC Deutschland. (2020). PEFC-Standards für nachhaltige Waldbewirtschaftung, Stuttgart, 32 p.

Pastro, L. A., Dickman, C. R., & Letnic, M. (2011). Burning for biodiversity or burning biodiversity? Prescribed burn vs. wildfire impacts on plants, lizards, and mammals. *Ecological Applications*, 21(8), 3238-3253.

Rummer, B. (2004). Technology for treating fuels and small-diameter material. One Forest Under Two Flags. In *Proceedings of the 2004 SAF National Convention*. Society of American Foresters, Bethesda, Maryland, 6 p.

Ryan, K. C., Knapp, E. E., & Varner, J. M. (2013). Prescribed fire in North American forests and woodlands: history, current practice, and challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(s1), e15-e24.

Santana, V. M., Bradstock, R. A., Ooi, M. K., Denham, A. J., Auld, T. D., & Baeza, M. J. (2010). Effects of soil temperature regimes after fire on seed dormancy and germination in six Australian Fabaceae species. *Australian Journal of Botany*, 58(7), 539-545.

Strohmaier, D. J. (2000). The Ethics of Prescribed Fire: A Notable Silence: Some Thoughts on the Ethics of Sacrificing Individuals for Ecosystems. *Ecological Restoration*, 18(1), 5-9.

Stoof, C. R., Moore, D., Fernandes, P. M., Stoorvogel, J. J., Fernandes, R. E., Ferreira, A. J., & Ritsema, C. J. (2013). Hot fire, cool soil. *Geophysical Research Letters*, 40(8), 1534-1539.

Stott, P. (2016). How climate change affects extreme weather events. *Science*, 352(6293), 1517-1518.

Tedim, F., Xanthopoulos, G., & Leone, V. (2014). Forest fires in Europe: Facts and challenges. In: Paton, D., Buergelt, P. T., McCaffrey, S., & Tedim, F. (Hrsg.): *Wildfire hazards, risks and disasters*, Elsevier, 77-99.

USDA: United States Department of Agriculture. (2018). *Introduction to Prescribed Fire in Southern Ecosystems*, Forest Service Research & Development – Southern Research Station, Asheville, NC, 88 p.

Vlamis, J., Biswell, H. H., & Schultz, A. M. (1955). Effects of prescribed burning on soil fertility in second growth ponderosa pine. *Journal of Forestry*, 53(12), 905-909.

World Meteorological Organisation. (2021). *State of the Global Climate 2020*. WMO-No. 1264, Genf, 56 p.

Zimmer, B. (2010). Ökobilanz Waldhackschnitzel. *LWF aktuell* 74, 22-25.

PDF-Dokumente aller verwendeten Quellen außer Strohmaier (2020) und Stott (2016) befinden sich in einem separaten Ordner auf dem angefügten Datenträger. Die beiden genannten Artikel wurden der Verfasserin ausschließlich für den Eigengebrauch von den Autoren zu Verfügung gestellt.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fläche der Baumgruppen (© BMEL, 2018, S.15)	3
Abbildung 2: Absterberate bei Laub- und Nadelbäumen sowie insgesamt (© BMEL, 2021a, S.44)	4
Abbildung 3: Darstellung des Ablaufs beim präventiven Brennen: Das Brennteam versucht, eine natürliche Feuerschneise zu finden (1), wo sie ein gegen den Wind laufendes Feuer zünden (3). Dies erzeugt einen abgebrannten Bereich (2), an dem die Punktfeuer (5 - 7) erlöschen. Die Ränder werden durch das Brennteam überwacht (4), damit das Feuer innerhalb seiner Grenzen bleibt. (© Forest Department of Agriculture and Consumer Services, Florida Forest Service)	8

Anmerkung zu den Bildrechten:

Die Genehmigungen zur Verwendung der Abbildungen sowie der externen Inhalte im Anhang liegen der Verfasserin wie folgt vor:

Abbildungen 1 und 2:

Genehmigung erhalten per E-Mail vom 26.20.2021, BMEL

Abbildung 3:

Genehmigung erhalten per E-Mail vom 26.10.2021, Florida Forest Service

Anhang 1:

Genehmigung erhalten per E-Mail vom 11.11.2021, Natural Resource Ecology and Management, Oklahoma State University

Anhang 2:

Genehmigung erhalten per E-Mail vom 09.11.2021, Global Fire Monitoring Center

Die E-Mail-Dokumentation der Genehmigungen befindet sich in einem separaten Ordner auf dem angefügten Datenträger.

Anhang 1 – Beispiel für einen Brennplan

Weir, J., Scasta, J.D., Stevens, R., Bidwell, T.G. (2014). Burn Plan for Prescribed Burning der Oklahoma State University – Oklahoma Cooperative Extension Service NREM-2893, verfügbar unter <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/nrem/burn-plan-for-prescribed-burning-nrem-2893.pdf>, zuletzt aufgerufen am 10.11.2021

PRESCRIBED BURNING PLAN			
Information			
Landowner/Lessee Information			
Name: OSU Research Range		Phone: 405.744.5442	
Address: 4922 S Coyle Road		County: Payne	
City: Stillwater	State: OK	Zip: 74074	
Description of Area to be Burned			
Pasture Name/Number: Section 17			
Vegetation Present: Tallgrass prairie, scattered oaks and brush, few large cedars			Acres: 160
Legal Description:	Section: SW/4 17	Township: 18N	Range: 1E
Directions from nearest town:			
8 miles W of Stillwater on Hwy 51 to Coyle Rd, then 4.5 miles south, turn east into unit			
Range of Projected Burn Dates: 10 Jan-15 May 2014		Actual Burn Date: 10 April 2014	
Objectives to be Accomplished			
Control eastern redcedar, improve livestock forage quality, improve wildlife habitat			

Notification		
When burning within Forest Protection Areas, Contact Oklahoma Dept. of Ag. Forestry Services:	Location n/a	Phone Number n/a
Fire Departments	Phone Number	Date, Time and Person Notified
Stillwater FD	372.0497	10 April, 8:10am FRANK
Coyle VFD	466.3741	10 April, 8:12am BRADY
Adjoining Landowners	Phone Number	Date, Time and Person Notified
J. Smith	555.5555	9 April 7:30pm J. Smith
F. Jones	777.7777	9 April 8:05pm Mrs. Jones
P. Pete	888.8888	10 April 7:45am P. Pete
Others, as Needed (Sheriff, OHP, DEQ, Utility Companies, Oil and Gas Leases)	Phone Number	Date, Time and Person Notified

Pre-Burn Preparations

– Describe management needed prior to burn in order to successfully accomplish burn and meet objectives.
(Grazing management, fireguard preparation, burning of bush piles; etc.)

Continue grazing with proper stocking rate. Cut down and drag large cedars (>6 ft tall) within 300 ft of North and East sides of burn unit to reduce spotfire potential.

Firebreak Types and Location Around Burn Unit

North and East side-mow 20 ft wide path where possible, inside fence just after grass goes dormant. Then disk a 10' wide firebreak in the mowed path, leaving as much mowed area inside the burn unit to reduce fire intensity when igniting.
South and West sides-use existing county roads

Fuel Conditions

	Desired			Actual (day of burn)		
Fine Fuel Amount	☐ Light	☐ Moderate	☒ Heavy	☐ Light	☐ Moderate	☐ Heavy
Fuel Continuity	☒ Good	☐ Fair	☐ Poor	☐ Good	☐ Fair	☐ Poor

Prescribed Weather Conditions

Prescription	Desired Range	Maximum Range
Temperature (F)	50-80	35-90
Relative Humidity (%)	40-60	30-80
Wind Direction	west or southwest	
Wind Speed (mph)	4-15	4-15

Smoke Management Considerations

Sensitive Areas Identified	Direction from Burn Area	Distance to Area
neighbors houses	north	100 yards to .25 miles
Coyle Road	west	next to unit
Stillwater	northeast	10 miles
highway 51	north	4.5 miles

Other Smoke Management Considerations

Category Day	Preferred Category Day	3 or greater	Actual Category Day (day of burn)	4
Dispersion Conditions	Preferred Dispersion Conditions	moderately good or greater	Actual Dispersion Conditions (day of burn)	Good

Attach Smoke Screening Map or Smoke Dispersion Forecast to plan as needed

Attachment A

Pre-Burn Checklist

	Present in burn unit	If Present Action Needed / Recommended	Accomplished
Brush Piles	☐		☐
Pens/Barns	☒	metal corrals in NW corner should not be a problem	☒
Oil/Gas/Pipelines/ Utility Structures	☐		☐
Fences	☒	will burn through fences on South and West sides not a problem	☒
Homes/Cabins	☐		☐
Windmills/Watering Facilities	☐		☐
Feeding Facilities/Hay Storage	☐		☐
Equipment/Vehicles	☐		☐
Wildlife Habitat Areas	☐		☐
phone junction box	☒	located at SW corner of burn unit, weedat around junction box to remove fuel and wet it down prior to burning	☒
	☐		☐
	☐		☐

Observed Weather

For Pre & Post-Burn Weather Monitor Available Weather Sources

Burn Site Observed Weather Conditions

Observation Time	9:05 am	9:45 am	10:30 am	11:15 am
Temperature	51	55	59	64
Relative Humidity	62%	51%	45%	40%
Wind Direction	SW	WSW	SW	SW
Wind Speed	6-8	8-9	8-9	9-10

ATTACH COPY OF OK-FIRE PRESCRIPTION PLANNER AND OR WEATHER FORECAST

Equipment	Desired on burn	Number Available at Burn	Comments/Other Considerations
Drip Torch/Ignition Device	☒	4	
Matches\Lighter	☒		
Shovel	☐		
Rake	☒	2	
Backpack pump	☒	1	
Flapper/Swatter	☒	1	
Chainsaw	☐		
Leaf Blower	☒	1	
Pumper Units/Sprayers	☒	2	will have 1 200 gallon unit and 1 300 gallon unit mounted on trucks
ATV Sprayers	☐		
ATV/4-Wheelers	☐		
Utility Vehicle (UTV)	☒	2	these have 55 gallon sprayers on them
Torch Fuel	☒	5 gallon	
Pump Fuel	☒	2 gallon	
2-Cycle Fuel	☒	1 gallon	
Weather Instrument/Kit	☒	1	
Two-Way Radios	☒	6	if not enough radios for entire crew, radios will be spread out along fireline to facilitate communication
Cell Phone	☒	1	
Drinking water	☒	5 gallon	
Fence Pliers/Bolt Cutters	☒	4	should have 1 pair in each vehicle/UTV
Road Signs	☒	2	place on Coyle Road N and S of unit
Stop/Go Signs	☒	2	have in case issue arises that we need to control traffic on Coyle Road
NOAA Radio	☐		
	☐		
	☐		
	☐		
	☐		
	☐		
	☐		

Crew Members

Crew Members Present

T. Bidwell	
D. Scasta	
R. Stevens	
J. Wein	
D. Elmore	
M. Porter	
G. Starbary	
A. Gouley	

Ignition Plan

Draw and write ignition plan and add as attachment to fire plan

Attachment B/C

Go-No Go Check List

If answer to any is NO, do not burn until corrected

Firebreaks prepared	Yes ☒ No ☐	Adequate crew available	Yes ☒ No ☐
Neighbors contacted	Yes ☒ No ☐	Smoke management goals within prescription	Yes ☒ No ☐
Fire departments contacted	Yes ☒ No ☐	Crew briefed on plan and safety hazards	Yes ☒ No ☐
Weather conditions within prescription	Yes ☒ No ☐	Can burn objectives be met	Yes ☒ No ☐
Equipment ready	Yes ☒ No ☐	All hazards in unit identified	Yes ☒ No ☐

Escaped Fire Plan

1. If fire escapes all ignition stops until escape is contained, unless needed to control the fire
2. Use standard fire suppression methods to control escaped fire
3. If fire cannot be contained by standard methods other tactics will be used (i.e. backfires)
4. If other methods do not work or are not practical fire boss or designated person will call for assistance

This Prescribed Burn plan was prepared by:

Name:

J. Wein

Date: 15 Dec 2013

The prescribed burn described below is to be conducted according to the information provided here and the Oklahoma forestry code (title 2, sections 16-28 and 16-28.2 of the state statutes). File the original copy of the notification plan with the local rural fire department, and keep a copy for your records. Inside the designated forest protection area in eastern Oklahoma (refer to list of forestry offices), also provide a copy to the forestry division representative.

Prescribed Burning Notification Plan

Name: OSU Research Range	Telephone: 405.744.5442
Address: 4922 S Coyle Road	County: Payne
City, State, Zip Code: Stillwater	OK 74074
Ranch Name (if any):	

Description of area to be burned:	SW/4 17 18N 1E
Approximate acres to be burned:	160
Written description of location:	8 miles W of Stillwater on Hwy 51 to Coyle Rd, then 4.5 miles south, turn east into unit
Projected time frame:	10 Jan-15 May 2014
Date of previous burn:	March 2012
Objectives to be accomplished through the prescribed burn:	Control eastern redcedar, improve livestock forage quality, improve wildlife habitat

Contact information:		
Rural Fire Department Name	Location	Phone No.
Stillwater FD		372.0497
Coyle VFD		466.3741
Forestry Division Office (for protection areas):		
n/a	n/a	
Adjoining landowners:		
J. Smith	555.5555	
F. Jones	777.7777	
P. Pete	888.8888	

Anhang 2 – Beispiel für ein Schulungszertifikat



“Mit Feuer und Flamme für den Naturschutz”



Naturschutz in
Baden-Württemberg

Urkunde

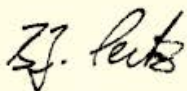


am Rohrhardsberg

Fachkraft für Kontrollierten Feuereinsatz

hat an den Theorietagen der Fortbildung
**“Kontrollierter Feuereinsatz in der
Landschaftspflege im Schwarzwald”**
am 14. und 21. Januar 2011 im Landwirtschaftlichen
Bildungszentrum Emmendingen-Hochburg
sowie an den Praxistagen im Rahmen
des LIFE-Projektes “Rohrhardsberg, Obere Elz
und Wilde Gutach” teilgenommen.

30.07.2011


Dr. Bernd-Jürgen Seitz, Projektleitung



EuroFire



Arbeitsgemeinschaft
Brandbekämpfung



WORKING
ON FIRE
INTERNATIONAL
AFRICA • EUROPE • AUSTRALIA



LIFE



NATURA 2000



Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG

Datenträger