

Feuerwettergekoppelte Brennplanung auf munitionsbelasteten Flächen

Planung, Durchführung und feuerökologische Nachbetrachtung einer kontrollierten Brennmaßnahme auf dem Truppenübungsplatz Hammelburg

Martin Engelskirchen^{1, 2} · Alexander Held³

¹ Fire Risk Engineering · ² Waldbrandteam e. V. · ³ European Forest Institute (EFI)

Abstract

Kontrolliertes Brennen auf munitionsbelasteten militärischen Flächen verbindet Vegetationsmanagement, Brandlastreduktion, Kampfmittelsicherheit, Feuerführung und Naturschutz unter Bedingungen, die eine unmittelbare Brandbekämpfung im Flächeninneren ausschließen können.

Die vorliegende Fallstudie beschreibt die Planung und Durchführung einer Brennmaßnahme am 24. August 2026 auf dem Truppenübungsplatz Hammelburg. Ausgangspunkt war ein etwa 148 ha großes Zielgebiet, das seit 2019 nicht mehr kontrolliert gebrannt worden war. Der neuartige Ansatz bestand in der systematischen Kopplung eines standardbasierten Brennplans mit einer standortspezifischen Feuerwetteranalyse: Mehrmodellprognosen, lokale Brennstoffbeurteilung, Wind- und Feuchteparameter, Ausbreitungsszenarien, Rauchmanagement, GIS-Geometrie und operative Ressourcen wurden in eine wiederholte Go/No-Go-Entscheidung überführt. Nach Freigabe zündete das Ignition-Team des Waldbrandteam e. V. zwei randseitige Feuerlinien zwischen 11:45 und 12:30 Uhr; anschließend zogen sich alle Zündkräfte aus dem möglichen Kampfmittelwirkbereich zurück. Fernbeobachtung, zeitlicher Verlauf und räumliche Entwicklung lagen im prognostizierten Erwartungskorridor; zunehmende Bewölkung dämpfte die Ausbreitung am Nachmittag leicht. Die nach dem Ereignis aus Drohnenbildern GIS-gestützt abgegrenzte Brutto-Brandfläche beträgt etwa 78,0 ha bei einem Umfang von 4,86 km. Die bis zum 08.09.2026 fortgeschriebene Satellitenrecherche ergab keine Information, die den UAV-validierten Perimeter fachlich verändert oder geometrisch verbessert. Die Sentinel-1-Zeitreihe sowie verfügbare Sentinel-2- und Landsat-Produkte bilden eine ergänzende Evidenzkette für Veränderungs- und Wirkungsbewertung. Die Nachbegehung dokumentierte ein räumlich heterogenes Abbrandmosaik sowie frühe Hinweise auf erhaltene Bodenrefugien und fortgesetzte Habitatnutzung. Daraus werden ein erweitertes Post-Burn-Monitoring und ein geschlossener Planungs-, Beobachtungs- und Lernzyklus abgeleitet.

Schlüsselwörter: kontrolliertes Brennen; prescribed fire; Feuerwetter; FireWeather Analytics; Brennplanung; Kampfmittel; UXO; Truppenübungsplatz; UAV; Feuerökologie; Offenlandmanagement

Planungsfläche	Zündphase	behandelte Fläche	Sicherheitskonzept
148 ha	11:45–12:30 Uhr	78,0 ha (UAV/GIS-validiert)	randseitige Zündung; Rückzug ≥1.000 m

1. Einleitung

Militärische Übungsflächen gehören in Mitteleuropa häufig zu den großräumigsten verbliebenen Offenlandkomplexen. Geringe Düngung, geringe Bodenbearbeitung und wiederkehrende Störungen können Heiden, Trockenrasen und mageres Grünland erhalten; gleichzeitig begrenzen Kampfmittelbelastung und militärischer Betrieb konventionelle Pflegeverfahren. Das Bundesamt für Naturschutz führt kontrolliertes Brennen daher neben Beweidung, Mahd und weiteren Verfahren als relevantes Managementinstrument für aktive und ehemalige militärische Übungsflächen (Ellwanger, Ssymank & Vischer-Leopold 2012).

Die Planung solcher Maßnahmen wird in Deutschland bislang häufig in getrennten Arbeitssträngen bearbeitet: Genehmigung und Naturschutz, Brandschutz, meteorologische Lagebewertung, Kampfmittelsicherheit und operative Einsatzplanung. Diese Trennung ist problematisch, weil die Wirksamkeit und Sicherheit eines Brandes gerade aus den Wechselwirkungen zwischen Brennstoff, Wetter, Topographie, Zündmuster, verfügbaren Halteressourcen, Rauchdispersion und ökologischer Zielsetzung entstehen. Internationale Standards wie NWCG PMS 484 verlangen deshalb einen dokumentierten Prescribed Fire Plan mit klaren Zielen, Prescription, Organisation, Zünd-, Holding-, Contingency-, Rauch- und Monitoringelementen (NWCG 2022).

Die Fallstudie Hammelburg untersucht, wie diese Anforderungen durch eine standortspezifische Feuerwetteranalyse und ein digitales Planungsmodell verbunden werden können. Ziel ist nicht, aus einem Einzelereignis allgemeingültige ökologische oder feuerverhaltensbezogene Kausalitäten abzuleiten. Vielmehr werden Vorgehen, Entscheidungslogik, beobachtete Ergebnisse, Datenlücken und übertragbare Anforderungen an eine zukünftige FireWeather-Analytics-gestützte Brennplanung dokumentiert.

2. Standort, Auftrag und besondere Randbedingungen

2.1 Zielgebiet und Managementproblem

Das betrachtete Zielgebiet liegt im zentralen Bereich des Truppenübungsplatzes Hammelburg. Das GIS-Planungspolygon umfasste etwa 148 ha bei einem Umfang von rund 5,59 km. Frühere Mörsernutzung und weitere militärische Belastungen begründen eine relevante UXO-Gefährdung. Eine reguläre maschinelle oder personelle Vegetationspflege ist deshalb im Flächeninneren nur eingeschränkt oder nicht vertretbar. Seit 2019 war dort keine kontrollierte Brennmaßnahme mehr durchgeführt worden; oberirdisches Altgras und abgestorbene Feinbrennstoffe hatten sich entsprechend entwickelt.



Abbildung 1: Gesamtbild auf das Zielgebiet am 24.08.2026. Sichtbar sind großflächige Feinbrennstoffe und Verbuschungen auf der Fläche sowie Brandschutzstreifen um das Areal. Foto: Martin Engelskirchen.

2.2 Mehrfachziel der Maßnahme

- Reduktion oberirdischer Vegetations- und Brandlasten sowie Unterstützung der Flächenpflege;
- Verbesserung der Voraussetzungen für spätere visuelle oder technische Kampfmittelabsuche;
- Vermeidung jeder unkontrollierten Ausbreitung außerhalb der vorbereiteten Außengrenzen;
- Schutz der Einsatzkräfte vor thermisch beeinflussten Kampfmitteln durch ausschließlich randseitige Zündung und anschließenden Rückzug;
- Unterstützung einer naturschutzfachlich gewünschten offenen und strukturreichen Flächenentwicklung;
- Aufbau eines reproduzierbaren Daten- und Entscheidungsmodells für Folgebrände.

Die besondere Planungsaufgabe bestand darin, Feuer innerhalb einer nicht direkt bekämpfbaren Fläche kontrolliert zu führen. Damit musste die Sicherheit nicht aus der Möglichkeit unmittelbarer Intervention, sondern aus Geometrie, Brennfenster, Zündstrategie, Außensicherung, Beobachtung und vorab definierten Abbruchkriterien entstehen.

3. Methode: Feuerwettergekoppelte Brennplanung

3.1 Standard- und Datenrahmen

Der Brennplan wurde entlang der 21 Elemente des NWCG Prescribed Fire Plan strukturiert und um europäische Feueranalyse, LACES, deutsche Führungsgrundsätze sowie eine UXO-spezifische Freigabelogik erweitert. FireWeather Analytics diente als Integrationsschicht für standortbezogene Wettermodelle, FWI-Komponenten, HDWI, VPD, Windsektor, Niederschlag, Brennstoffbeobachtung, Gelände, GIS-Geometrie und operative Ressourcen. Für die Burn-Day-Entscheidung wurden Modellwerte nicht als automatische Freigabe, sondern als Szenarien mit Unsicherheit verwendet und mit der Vor-Ort-Beobachtung abgeglichen.

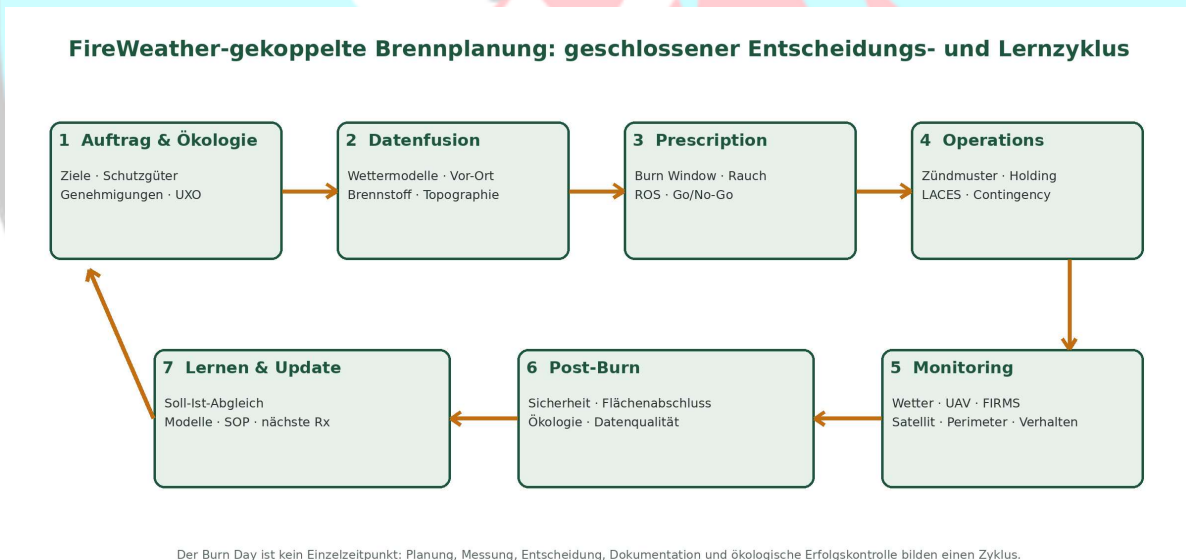


Abbildung 2: Vorgeschlagener geschlossener Entscheidungs- und Lernzyklus für FireWeather-Analytics-gestützte Brennplanung. Eigene Darstellung.

3.2 Burn-Day-Lage und operative Prescription

Die standortspezifische Bewertung am Morgen des 24.08.2026 erwartete Temperaturen um 21 °C, relative Feuchten im Bereich von etwa 35–43 %, mittlere Winde um 15 km/h und Böen bis etwa 25–29 km/h. Der überwiegende Windsektor lag aus Nordost bis Ost; für 14:00 bis 17:00 Uhr wurde ein erhöhtes kombiniertes Feuerwetter- und Überwachungsfens-

CASE STUDY HAMMELBURG

ter ausgewiesen. Der Boden war nach Niederschlägen der Vorwoche noch leicht feucht, während der oberirdische Grasbewuchs trocken, brüchig und weitgehend abgestorben war. Diese Entkopplung von Boden- und Feinbrennstofffeuchte wurde gegenüber einer rein modellbasierten Landbedeckung als führende Vor-Ort-Information behandelt.

Die modellierten ROS-Werte wurden ausdrücklich als ungebremste meteorologische Ausbreitungsindikation und nicht als Produktionszusage verwendet. Die operative Prescription setzte deshalb auf kurze Freigabeschritte, Testbeobachtung, Böen- und Richtungsgrenzen, Rauchrezeptoren, ausreichende Restzeit für Beobachtung und eine jederzeitige Stop-Work-Befugnis. Für den Folgetag blieb die Fortsetzung unter HOLD und wurde später wegen der Wetterentwicklung nicht freigegeben.

3.3 Geometrie, Zündung und Holding

Der Zündpunkt wurde im nordöstlichen Bereich des Zielgebietes festgelegt. Von dort wurden zwei Flanken entlang sicher begehbaren Randachsen geöffnet: Fireline West mit etwa 1,33 km und Fireline Ost mit etwa 1,01 km. Das Waldbrandteam e. V. stellte das Ignition-Team. Martin Engelskirchen führte die Maßnahme als Burn Boss/Brennleiter für das Waldbrandteam und verantwortete zugleich die Feuerwetter- und Feuerverhaltensanalyse mit FireWeather Analytics von Fire Risk Engineering. Die Zündteams wurden jeweils durch Kräfte und Waldbrandlöschfahrzeuge der Bundeswehr-Feuerwehr abgesichert. Die taktische Grundidee war eine annähernd U-förmige randseitige Zündung, durch die sich das Feuer von außen in die Zielfläche entwickelte, während die äußeren Brandschutzstreifen gehalten wurden.

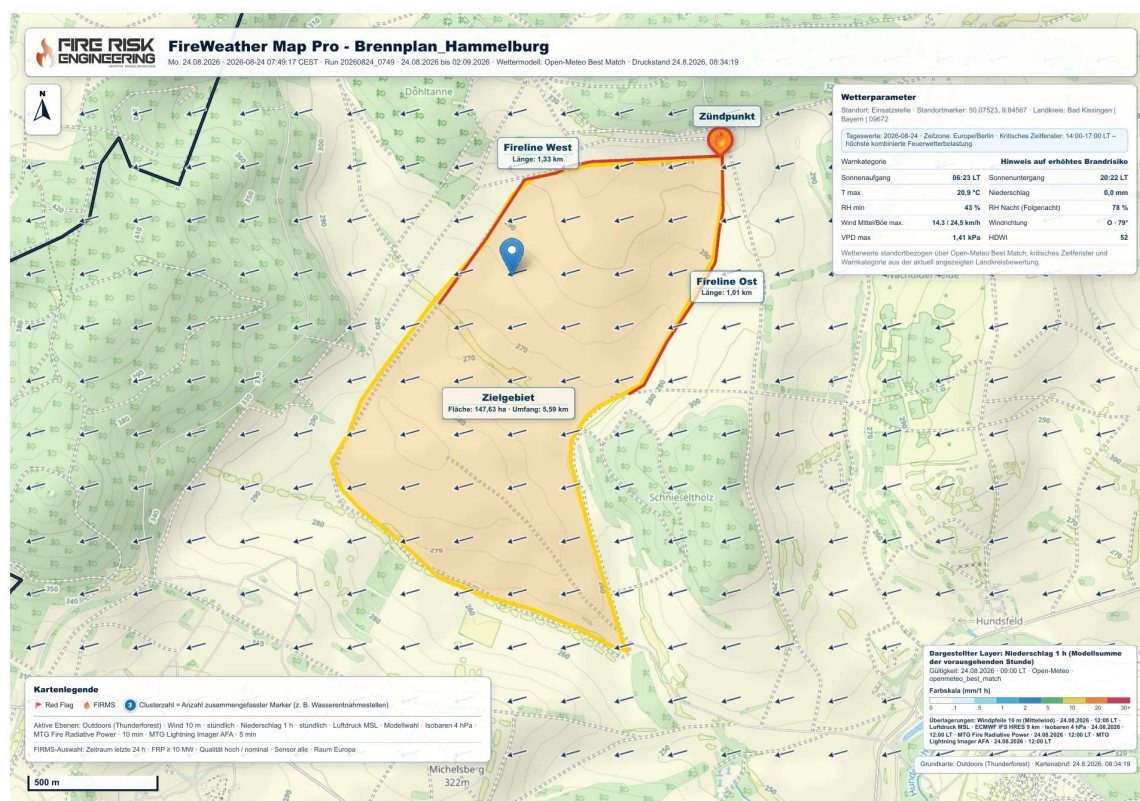


Abbildung 3: Burn-Day-Planungskarte mit Zielgebiet, Zündpunkt sowie Fireline West und Ost. Quelle: FireWeather Map Pro / Fire Risk Engineering, 24.08.2026.

4. Organisation und Durchführung

4.1 Freigabe und Informationsmanagement

Nach Vorerkundung am 23.08.2026 wurde die Detailplanung am Morgen des 24.08. im Konferenzraum der Truppenübungsplatzkommandantur abgeschlossen. Um 09:00 Uhr wurden Brennplan, Wetterlage, Zündtaktik, Kampfmittelsicherheit und organisatorische Voraussetzungen gemeinsam bewertet. Der Truppenübungsplatzkommandant erteilte anschließend die Freigabe. Parallel war eine Informations- und Meldekette zu militärischen Stellen, Leitstellen, Sicherheitsbehörden, Landratsämtern, Feuerwehrführung und Presse vorbereitet worden, da eine überörtlich sichtbare Rauchfahne erwartet wurde.

4.2 Operativer Ablauf

Zeit	Maßnahme	Bewertung
11:45	Beginn der Zündung durch das Ignition-Team des Waldbrandteam e. V. an Fireline West und Ost	Ignition-Teams inkl. Holding-Mannschaft sowie Begleitung und Freigabe durch die Bundeswehr
12:30	Feuerlinien vollständig abgearbeitet; Rückzug	Beobachtung aus sicherem Bereich; keine weitere Zündarbeit
ca. 13:50–14:50	Nachforderung und Integration einer UAV-Einheit	zusätzliche Lagebeobachtung in nicht betretbarer Fläche
Nachmittag	breitflächige Entwicklung von den Flanken	qualitativ prognosekonform; zunehmende Bewölkung dämpfte die ROS
19:00	operative Maßnahme beendet	letzte Brandstellen ausbrennen lassen; Nachkontrolle in örtlicher Zuständigkeit
25.08., ca. 09:00	Nachbegehung ausgewählter Bereiche	nur unter Begleitung/Überwachung eines Feuerwerkers; keine unkontrollierte Ausbreitung festgestellt

4.3 Kampfmittelsicherheit

Nach Abschluss der Zündung verließen sämtliche unmittelbar beteiligten Kräfte den Gefahrenbereich. Der interne Abschlussbericht dokumentiert einen Sicherheitsabstand von mindestens 1.000 m. Die weitere Beobachtung erfolgte aus dem Bereich des Heinrich-Hoyer-Hauses, einer ehemaligen Mörserbeobachtungsstellung. Direkte Brandbekämpfung im Zielgebiet war nicht vorgesehen. Diese Trennung von kurzer Expositionsphase und langer Beobachtungsphase war das zentrale Sicherheitsmerkmal der Maßnahme.

5. Ergebnisse

5.1 Operative Zielerreichung

- Die beiden vorgesehenen Zündlinien wurden innerhalb von 45 Minuten hergestellt.
- Die Feuerentwicklung verlief kontrolliert und breitflächig von den Flanken in das Flächeninnere.
- Die äußeren Brandschutzbereiche erfüllten ihre Funktion; ein Übertritt außerhalb des vorgesehenen Bereiches wurde nicht festgestellt.
- Es kam nach vorliegendem Stand zu keinen Personen- oder Sachschäden und zu keiner relevanten UXO-Exposition der Kräfte.
- UAV-Beobachtung und satellitengestützte Hitzesignaturen ergänzten die bodengebundene Lagebeobachtung.
- Die Maßnahme wurde am Abend beendet; die Nachkontrolle am Folgetag ergab keine unkontrollierte weitere Ausbreitung.

5.2 Feuerverhalten und Prognosevergleich

Richtung, zeitlicher Verlauf und Grundcharakter der Ausbreitung entsprachen in der Fernbeobachtung dem prognostizierten Erwartungskorridor. Auch die aus ROS-Szenarien abgeleiteten Flächen-Zeit-Berechnungen bildeten die tatsächlich erreichte räumliche Entwicklung operativ sehr präzise ab. Die UAV-/GIS-validierte Brutto-Brandfläche von 78,0 ha liegt nahe der oberen Grenze des vorab abgeleiteten Korridors. Die trockene oberirdische Vegetation ermöglichte zunächst eine schnelle, zusammenhängende Entwicklung; mit zunehmender Bewölkung am Nachmittag nahm die Ausbreitungsrate sichtbar ab.

Die ROS- und Flächenberechnungen dienten dabei nicht als Produktivitätsziel und nicht als nachträglicher Nachweis einer punktgenau gemessenen Geschwindigkeit. Ihr methodischer Zweck lag in der Grenzbetrachtung: Sie beschrieben einen belastbaren Entwicklungskorridor für Exposition, Rückzugszeit, Beobachtungsabstand, Flächenpotenzial und Contingency-Planung. Da keine kontinuierlich georeferenzierten Feuerfronten oder direkten ROS-Messreihen vorliegen, ist der Vergleich als starke operative Übereinstimmung, nicht als numerische Kalibrierung eines standortspezifischen Fuel Models zu werten.

5.3 Rauch und Außenwirkung

Die Rauchentwicklung war über mehrere Kilometer sichtbar und wurde bis in den Landkreis Main-Spessart wahrgenommen. Trotz vorbereiteter Informationskette wurden gegen 12:30 Uhr umliegende Freiwillige Feuerwehren alarmiert; nach telefonischer Klärung bestand kein zusätzlicher Einsatzbedarf. Für zukünftige großflächige Brennmaßnahmen ist deshalb neben Behördeninformation eine aktive öffentliche Vorabinformation über regionale Warn- und Informationskanäle zu prüfen.

5.4 UAV-/GIS-validierte Flächenbilanz

Die aus den vorliegenden Drohnenbildern GIS-gestützt abgegrenzte Brutto-Brandfläche beträgt ca. 78,0 ha; der Umfang des Brandperimeters beträgt ca. 4,86 km. Die Auswertung validiert damit den zuvor aus Zündgeometrie, ROS-Szenarien, verfügbarem Brennzeitfenster und Fernbeobachtung abgeleiteten Erwartungskorridor, der zuvor auf etwa 60-ha abgeschätzt wurde. Der Wert beschreibt das abgegrenzte Brutto-Brandperimeter einschließlich kleinräumiger un- oder teilverbrannter Inseln des beobachteten Abbrandmosaiks; eine davon getrennte Netto- oder Burn-Severity-Bilanz ist nur nach zusätzlicher Klassifikation auszuweisen.

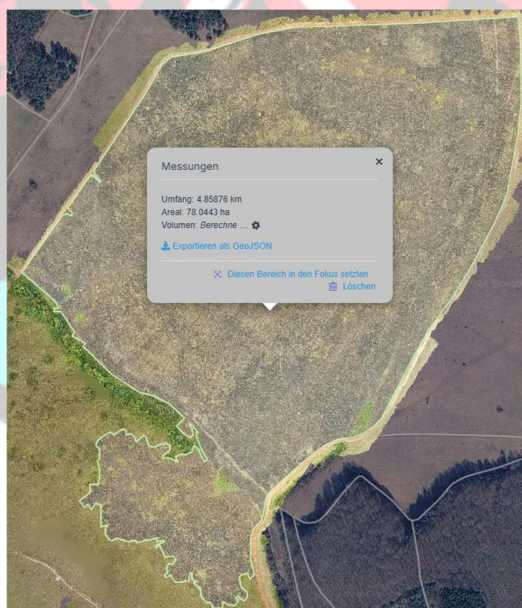


Abbildung 4: UAV-gestützte GIS-Abgrenzung des Brandperimeters. Die Messung ergibt 78,0443 ha bei 4,85876 km Umfang; im Text werden gerundet 78,0 ha und 4,86 km ausgewiesen. Abbildung für die Freigabeprüfung; in der Publikationsfassung ist ein bereinigter Kartenexport ohne Bedienoberfläche vorzusehen. Quelle: UAV-/GIS-Auswertung, Stand 01.09.2026.

CASE STUDY HAMMELBURG

Eine ergänzende orthofotobasierte Brandflächenerkennung in FireWeather Map Pro weist 77,60 ha aus. Gegenüber der unabhängig GIS-gestützt abgegrenzten Brutto-Brandfläche von 78,0443 ha beträgt die Differenz 0,4443 ha beziehungsweise rund 0,57 %. Die enge Übereinstimmung stützt die räumliche Validierung. Der geringfügige Unterschied ist nicht als Widerspruch zu bewerten: Die GIS-Angabe beschreibt das abgegrenzte Brutto-Perimeter, während die Kartenanalyse die innerhalb des Orthofotos erkannte Brandfläche ausweist. Für die Publikation bleibt daher 78,0 ha der gerundete Brutto-Flächenwert; 77,60 ha wird als ergänzende, in FireWeather Map Pro erzeugte Validierungsgröße dokumentiert.



Abbildung 5: Orthofotobasierte Brandflächenerkennung in FireWeather Map Pro. Die Kartenansicht weist eine erkannte Brandfläche von 77,60 ha aus. Gegenüber der unabhängig GIS-gestützt abgegrenzten Brutto-Brandfläche von 78,0443 ha beträgt die Differenz 0,4443 ha (0,57 %). Quelle: Fire Risk Engineering, FireWeather Map Pro, Druckstand 09.09.2026; UAV-Orthofoto nach der Maßnahme.

5.5 Satellitengestützte Ergänzung und unabhängige Plausibilisierung

Die UAV-/GIS-Auswertung bildet die primäre geometrische Flächenreferenz. Satellitendaten werden ergänzend genutzt, um die räumliche Veränderung unabhängig zu plausibilisieren und die Brandwirkung über den nicht sicher begehbaren Innenraum hinweg zu dokumentieren. Für Sentinel-1 liegt eine geometrisch gut vergleichbare IW-GRD-Zeitreihe im aufsteigenden relativen Orbit 117 mit VV-/VH-Polarisation vor: Vorbrandaufnahmen vom 12.08. und 18.08.2026, eine Aufnahme vom Brandtag 24.08.2026 um 17:07 UTC während der späten Ausbrandphase sowie eine Nachbrandaufnahme vom 30.08.2026 um 17:07 UTC. Die Zeitreihe bildet eine belastbare Grundlage für eine ko-registrierte Radar-Change- und Ratio-Bewertung; ihre räumliche Auflösung ersetzt jedoch nicht die UAV-gestützte Perimeterabgrenzung.

Für Sentinel-2 waren die bis zum 02.09.2026 geprüften Nachbrandakquisitionen vom 26., 28., 30. und 31.08. sowie 02.09. im Zielgebiet wolken- oder schattenbeeinträchtigt. Eine Landsat-9-Level-2-Szene vom 29.08.2026 (WRS 194/025, 30 m; Szenenbewölkung 32,58 %) dient als zusätzlicher optischer Plausibilitätscheck, ist für die präzise Perimetergeometrie aber zu grob. Der erneute Abgleich der offiziellen Copernicus- und USGS-Produktkataloge bis zum 08.09.2026 ergab keine neue Satelliteninformation, die den UAV-validierten Perimeter von 78,0443 ha bei 4,85876 km Umfang

fachlich revidiert oder geometrisch verbessert. Damit ist die UAV-/GIS-Abgrenzung die maßgebliche Flächenbilanz; Sentinel-1, Sentinel-2 und Landsat ergänzen sie als unabhängige Evidenz für Veränderung und Brandwirkung.

6. Feuerökologische Nachbetrachtung

6.1 Beobachteter Erstzustand

Die Nachbegehung am 25.08.2026 dokumentierte ein ausgeprägtes Mosaik: großflächig reduzierte Gras- und Krautvegetation, vollständig geschwärzte Partien, erhaltene oder nur teilbeaufschlagte Vegetationsstreifen, lokal offener Boden sowie unterschiedlich stark beeinflusste Sträucher und Gehölze. Mehrere Laufpfade und lineare Vegetationsstrukturen waren erkennbar vom Feuer überlaufen, jedoch nicht vollständig konsumiert. Die Außengrenzen erschienen stabil. Dieses Muster ist mit einem überwiegend niedrig bis moderat wirksamen Oberflächenfeuer und kleinräumig wechselnder Brennstoffverfügbarkeit vereinbar.



Abbildung 6: Gesamtbild der Nachbegehung am 25.08.2026. Sichtbar sind großflächige Feinbrennstoffreduktion und kleinräumig unterschiedliche Abbrandintensitäten. Foto: Martin Engelskirchen.

CASE STUDY HAMMELBURG

Der maßstabsgleiche Vorher-/Nachher-Vergleich ergänzt die bodengebundene Nachbegehung um eine flächenhafte ökologische Strukturbeobachtung. Vor der Maßnahme erscheint die Gras- und Krautschicht über weite Bereiche vergleichsweise zusammenhängend. Nach der Maßnahme sind großflächig beeinflusste Partien mit kleineren erhaltenen oder nur schwächer veränderten Strukturen verzahnt; besonders im südlichen und südwestlichen Teil bleiben größere heterogene Bereiche sichtbar. Das Muster stützt den Befund eines differenzierten Abbrandmosaiks mit potenziellen Refugialstrukturen. Der Bildvergleich ist jedoch keine standardisierte Burn-Severity-Klassifikation: Unterschiede in Aufnahmezeitpunkt, Beleuchtung, Orthofotoaufbereitung und Farbwiedergabe können die visuelle Wirkung beeinflussen. Belastbare Aussagen zu Vegetationsregeneration, Artenvielfalt oder thermischer Bodenwirkung erfordern weiterhin die vorgesehenen Felderhebungen und Wiederholungsaufnahmen.



Abbildung 7: Maßstabsgleicher Orthofotovergleich des Zielgebiets. A: Zustand vor der kontrollierten Brennmassnahme. B: Zustand nach der Maßnahme mit großflächig beeinflussten Bereichen und räumlich erhaltenen beziehungsweise schwächer veränderten Strukturen. Die Darstellung dient der qualitativen Strukturbewertung und ersetzt keine standardisierte Burn-Severity-Klassifikation. Quelle: Fire Risk Engineering, FireWeather Map Pro, Druckstand 09.09.2026; projektbezogene UAV-Orthofotos.

6.2 Faunistische Frühindikatoren und Bodenstrukturen

Bereits am Morgen nach dem Brand wurden innerhalb der begangenen Brandfläche zahlreiche aktive Tiere und intakte tierische Strukturen beobachtet. Dazu gehörten bewegte Waldameisen in der Boden- und Streuschicht, eine lebende Raupe auf der verkohlten Oberfläche sowie weitere Insekten. Das Videomaterial dokumentiert die Aktivität der Ameisen. Zugleich waren Tierlöcher und zahlreiche erhabene Bodenstrukturen beziehungsweise Erdhügel äußerlich intakt; ihr genauer Ursprung wurde nicht bestimmt, sie sind jedoch eindeutig mit tierischer Aktivität beziehungsweise Bodenfauna verbunden. Nach Feldbeobachtung nutzten zudem Wildschweinrotten und anderes Wild die Fläche bereits wieder. Schwalben und weitere Vögel beflogen den Brandbereich.

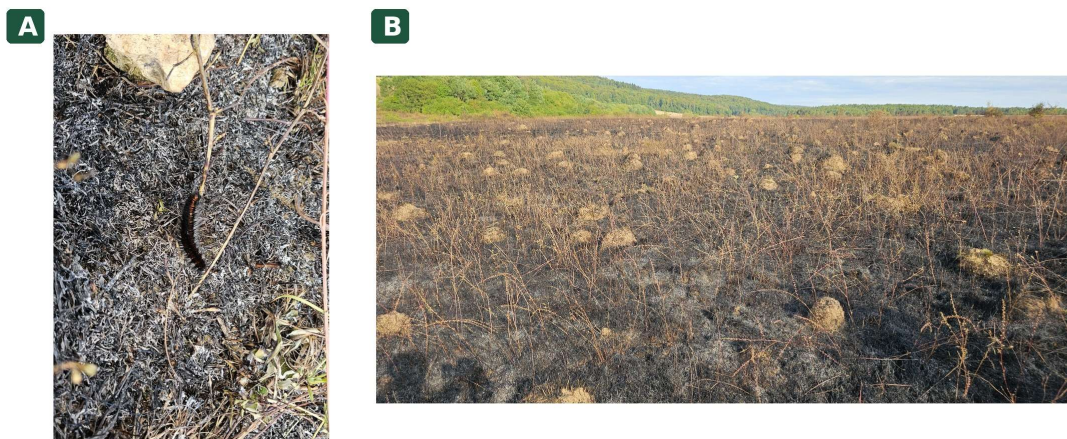


Abbildung 8: Frühe faunistische und bodenstrukturelle Befunde am 25.08.2026. A: lebende Raupe auf der überbrannten Oberfläche. B: zahlreiche äußerlich intakte, tierassozierte Erdhügel innerhalb der Brandfläche; die taxonomische Zuordnung ist offen. Fotos: Martin Engelskirchen.

In ihrer Gesamtheit sind diese Beobachtungen ein sehr positives ökologisches Frühsignal. Sie zeigen, dass zumindest in den besichtigten Teilbereichen mobile Organismen, Bodenrefugien und Habitatstrukturen die Brandpassage überstanden haben oder unmittelbar danach wieder genutzt wurden. Die schnelle Rückkehr beziehungsweise fortgesetzte Nutzung durch Insekten, Wild und Vögel spricht gegen eine flächendeckend hochintensive Brandwirkung. Ob einzelne Tiere den Brand in situ überstanden oder den Bereich kurzfristig wiederbesiedelten, lässt sich aus der Momentaufnahme nicht unterscheiden.

6.3 Interpretation der thermischen Tiefenwirkung

Die leicht feuchte Bodenoberfläche vor dem Brand, die kurze Verweilzeit des Grasfeuers, das sichtbare Abbrandmosaik, intakte Tierlöcher und Erdhügel sowie aktive Bodenarthropoden sind konsistente Indizien dafür, dass die thermische Wirkung an den begangenen Punkten überwiegend oberflächennah blieb. Sichtbare Schäden tieferer Bodenstrukturen wurden nicht festgestellt. Eine direkte Aussage zu Temperaturmaxima, Einwirkdauer, Wurzelraum oder Samenbank ist dennoch nicht möglich, weil keine Thermoelemente, Bodenprofile oder Vorher-Nachher-Proben eingesetzt wurden. Die Befunde stützen daher die Hypothese geringer thermischer Tiefenwirkung, ersetzen aber keine Messung.

6.4 Feuerökologisches Potenzial und Beweisgrenzen

Feuer kann in Offenland- und Heidelebensräumen dichte Streuauflagen reduzieren, frühe Sukzessionsstadien schaffen und Gehölzsukzession begrenzen. Studien auf mitteleuropäischen militärischen Übungsflächen zeigen, dass wiederkehrende Feuer offene, nährstoffarme Habitatstrukturen und spezialisierte Artengemeinschaften unterstützen können (Wanner & Xylander 2003; Schellenberg & Bergmeier 2020; Brüggeshemke et al. 2025). Dies ist jedoch keine allgemeine Erfolgsgarantie. Wirkungen auf Bodenorganismen, Insekten, Brutvögel und Vegetation hängen stark von Jahreszeit, Brennstoff- und Bodenfeuchte, Intensität, Branddauer, Wiederholungsintervall und Refugien ab.

Experimentelle Arbeiten zeigen, dass kühlere und feuchtere Brennbedingungen Bodenwärmeeintrag und Brandwirkung reduzieren und un- oder schwach verbrannte Inseln begünstigen können (Hill, Bakker & Dunwiddie 2017). Eine globale Auswertung unterstreicht, dass Bodenerwärmung bei vielen Bränden überwiegend auf die obersten Zentimeter begrenzt bleibt, warnt aber vor der Übertragung von Laborergebnissen und vor tief schwelenden Brennstoffen (Doerr et al. 2025). Das beobachtete Mosaik und die faunistischen Frühindikatoren sprechen für einen erfolgreichen Erhalt funktionaler Diversität und ökologischer Refugien innerhalb der Brandmatrix. Wissenschaftlich belastbar ist dies zunächst als positiver Erstbefund; Aussagen zur Artenvielfalt, Populationsentwicklung oder langfristigen Habitatwirkung erfordern standardisierte Vergleichsdaten.

6.5 Monitoringdesign

Für eine ökologische Bewertung werden georeferenzierte Dauerbeobachtungen entlang eines Brandwirkungsgradienten vorgeschlagen: unverbrannte Referenz, niedrige, mittlere und höhere visuelle Brandwirkung, überbrannte aber nicht vollständig konsumierte Laufpfade, Randbereiche und Gehölzinseln. Erfasst werden sollten Vegetationsdeckung und -höhe, Streuauflage, offener Boden, Gehölzaustrieb, Ziel- und Problemarten, Erosionsmerkmale, Tierbauten sowie ausgewählte Insekten-, Wild- und Vogelindikatoren. Die Foto- und Videopunkte vom 25.08.2026 bilden dafür die erste Post-Burn-Referenz. Wiederholungen nach wenigen Wochen, in der folgenden Vegetationsperiode und nach zwölf Monaten ermöglichen eine Trennung kurzfristiger visueller Effekte von belastbaren ökologischen Wirkungen.

7. Diskussion: Der innovative Beitrag von FireWeather Analytics

7.1 Von der Wettervorhersage zur Entscheidungsarchitektur

Der Mehrwert der FWA-Integration liegt nicht in einer einzelnen Kennzahl. Entscheidend ist die Verknüpfung von Vorhersage, Unsicherheit, lokalen Messungen, Gelände, Brennstoff, Rauchrezeptoren, Ressourcen und Zündgeometrie in

einer nachvollziehbaren Entscheidungsfolge. Damit wird aus dem „passenden Wetter“ ein auftragsbezogenes Burn Window: Es beschreibt nicht nur, ob Vegetation brennen kann, sondern ob das erwartete Feuer mit den vorhandenen Kräften sicher geführt, beobachtet, begrenzt und nachversorgt werden kann.

7.2 Erweiterung um ökologische Prescription

Die Hammelburg-Erfahrung zeigt zugleich, dass eine rein operative Prescription unvollständig bleibt. Für künftige Anwendungen sollte FireWeather Analytics neben Sicherheits- und Produktionsgrenzen ökologische Zielvariablen führen: gewünschter Anteil niedriger, mittlerer und höherer Brandwirkung, Mindestanteil unberührter Refugien, phänologische Ausschlusszeiten, zulässige Bodenwirkung, Zielstruktur der Vegetation und Monitoringintervalle. Feuerwetteranalyse wird damit zur Schnittstelle zwischen Brandverhalten und Feuerökologie.

7.3 Digitale Nachweis- und Lernfähigkeit

Die erst nachgelagerte Flächenvalidierung und die fehlenden quantitativen ROS-Daten zeigen, dass Dokumentation nicht erst im After Action Review organisiert werden darf. Ein digitales System sollte vor Zündung Pflichtfelder, Sensor- und Rollenverantwortung sowie Datenfrequenz festlegen. Während der Maßnahme werden Messwerte, Freigaben, UAV-Perimeter, Bilder und Abweichungen zeitlich synchronisiert. Nach dem Brand verbindet das System Endpolygon, Burn Severity, ökologische Folgedaten und Modellvalidierung. Dadurch entsteht ein belastbarer Lernzyklus statt einer Sammlung isolierter Dateien.

8. Übertragbares Planungsmodell

Phase	Pflichtinputs	Entscheidung / Produkt	zentrale Qualitätskontrolle
Strategisch	Auftrag, Rechts-/Naturschutzrahmen, UXO, Flächenziele, Historie	Brennziel, Verantwortungen, Komplexität	Ziele messbar und konfliktfrei?
Vorplanung	GIS, Brennstoffe, Topographie, Ressourcen, Rauchrezeptoren, Modellklimatologie	Prescription und Szenarien	Unsicherheit und No-Go-Punkte sichtbar?
Burn Day	Mehrmodellforecast, Nowcast, Vor-Ort-Wetter, Brennstoffeuchte, Readiness	Go/No-Go, Testfeuer, Segmentfreigabe	lokale Messung führt; automatische Freigabe ausgeschlossen
Operations	Zündfortschritt, Wetter, Feuerverhalten, UAV, Holding, Rauch	Pause, Erweiterung oder Abbruch	jede Änderung zeitgestempelt und georeferenziert
Post-Burn	Endpolygon, Hotspots, Fotos, Burn Severity, Ökologie	Abschluss, AAR, Monitoring	Plan/Ist-Differenzen und Datenlücken offen dokumentiert
Lernen	Monitoring, Modellvergleich, SOP-Erkenntnisse	angepasste Prescription und Folgeplanung	keine Kalibrierung aus unzureichenden Daten

9. Grenzen der Fallstudie

- Das UAV-Polygon validiert Brutto-Brandfläche und Perimeter. Eine flächendeckende Klassifikation von Burn Severity, vollständigem Brennstoffkonsum und kleinräumigen un- oder teilverbrannten Inseln liegt noch nicht vor.
- Die Satellitenauswertung bildet eine ergänzende Plausibilitäts- und Wirkungsprüfung. Die räumliche Genauigkeit der Sentinel-1-Zeitreihe, der wolken- oder schattenbeeinträchtigten Sentinel-2-Nachbrandszenen und der 30-m-Landsat-Szene erlaubt keine präzisere Perimetergeometrie als die UAV-/GIS-Abgrenzung.
- Keine kontinuierlichen lokalen Messreihen zu ROS, Flammenlänge, Feuerlinienintensität, Spotting und Bodentemperatur.

- Post-Burn-Bilder bilden sichere und freigegebene Begehungsbereiche ab; eine vollständige Stichprobenabdeckung der munitionsbelasteten Fläche war nicht möglich.
- Ökologische Aussagen sind Hypothesen und Erstbefunde; Vorherdaten, Kontrollflächen und Langzeitbeobachtung fehlen bislang.
- Die Fallstudie beschreibt einen spezifischen militärischen Standort und ist nicht ohne erneute Gefährdungs-, Rechts- und Ökologiebewertung auf andere Flächen übertragbar.
- Die im Artikel genannten operativen Wetterwerte stammen aus projektbezogenen FWA-Ausgaben und müssen vor Veröffentlichung gegen archivierte Originaldaten und Zeitstempel geprüft werden.

10. Übertragbarkeit und Ausblick

10.1 Weitere UXO-Flächen und Liegenschaften

Der Ansatz ist nicht auf Hammelburg beschränkt. Auf aktiven und ehemaligen militärischen Liegenschaften können Kampfmittelbelastung, Pflegebedarf, Naturschutz und Vegetationsbrandrisiko in ähnlicher Weise zusammentreffen. Übertragbar sind insbesondere die Kopplung von Freigaberäumen und Zündgeometrie mit Feuerwetterkorridoren, die Trennung kurzer Expositions- und langer Fernbeobachtungsphasen, multisensorisches Monitoring sowie eine explizite ökologische Prescription. Standort, Munitionsspektrum, Rechtsrahmen, Rauchrezeptoren und verfügbare Ressourcen müssen jedoch jeweils neu bewertet werden.

10.2 Anwendung im Vegetationsbrand auf UXO-Flächen

Die entwickelte Entscheidungsarchitektur bietet auch für ungeplante Vegetationsbrände auf UXO-Flächen einen zusätzlichen Baustein der taktischen Toolbox. FireWeather Analytics kann erwartete Ausbreitungskorridore, zeitliche Triggerpunkte, sichere Beobachtungs- und Rückzugsräume, indirekte Begrenzungslinien, Rauchwirkung und die Konsequenzen eines Verzichts auf direkte Innenangriffe zusammenführen. Damit unterstützt die Methode eine risikobasierte Entscheidung zwischen Beobachten, indirektem Halten, defensiver Raumordnung und – sofern rechtlich, fachlich und durch die zuständige Führung freigegeben – taktischem Feuereinsatz. Sie ersetzt weder Kampfmittelbewertung noch Einsatzführung, sondern macht deren Annahmen, Grenzwerte und Konsequenzen transparenter.

11. Schlussfolgerungen

Die kontrollierte Brennmaßnahme in Hammelburg wurde unter außergewöhnlichen Randbedingungen planmäßig und ohne unkontrollierte Ausbreitung durchgeführt. Maßgeblich waren die Kombination aus Vorerkundung, standardisiertem Brennplan, aktueller Feuerwetteranalyse, klarer Kampfmittelsicherheitslogik, randseitiger Zündung, leistungsfähiger Außensicherung und konsequentem Rückzug. Die Maßnahme belegt damit die operative Eignung eines feuerwettergekoppelten Planungsansatzes für komplexe, nur eingeschränkt betretbare Flächen.

Der wissenschaftliche Erkenntniswert liegt ebenso in der Übereinstimmung und in den verbleibenden Datenlücken: Fernbeobachtung, ROS-basierter Erwartungskorridor und Flächen-Zeit-Berechnung trafen den operativen Verlauf sehr präzise und erwiesen sich als belastbare Sicherheitskennzahlen. Die UAV-/GIS-Auswertung bestätigt eine Brutto-Brandfläche von 78,0 ha bei 4,86 km Perimeter und damit den vorab abgeleiteten Flächenkorridor. Ohne vermessene Feuerfronten dürfen die Modelle dennoch nicht als exakte Leistungs- oder Kalibrierungsdaten interpretiert werden. Die dokumentierte satellitengestützte Evidenzkette dient der unabhängigen Plausibilisierung und Wirkungsdokumentation, ohne die höher aufgelöste UAV-Geometrie zu ersetzen. FireWeather Analytics sollte als geschlossene Entscheidungs- und Lernplattform weiterentwickelt werden, die meteorologische Prescription, Feuerführung, Sentinel-/UAV-Auswertung und ökologische Erfolgskontrolle zusammenführt.

Kernaussage: Die nächste Entwicklungsstufe der Brennplanung ist nicht ein genauerer Wetterbericht, sondern eine integrierte, dokumentierte und lernfähige Entscheidungsarchitektur von der ökologischen Zieldefinition bis zur mehrjährigen Post-Burn-Kontrolle.

Praxisempfehlungen

- UAV-Einheit und GIS-Logging von Beginn an einplanen; Brutto-Brandperimeter zeitnah erzeugen und Nettoabbrand beziehungsweise Burn Severity bei Bedarf separat klassifizieren.
- Quantitative ROS-, Flammenlängen-, Wind- und Brennstofffeuchtemessung mit festen Rollen und Intervallen vorgeben.
- Rauchinformation um öffentliche Warn- und Informationskanäle ergänzen.
- Ökologische Prescription mit Zielmosaik, Refugien, phänologischen Grenzen und Monitoringindikatoren festlegen.
- UXO-bedingte Beobachtungsbeschränkungen bereits im Monitoringdesign durch Fernerkundung und sichere Referenzflächen kompensieren.
- Jede Modellannahme als Annahme kennzeichnen; lokale Beobachtung und Burn-Boss-Entscheidung bleiben führend.

Erklärungen und Danksagung

Autoren und Rollen: Martin Engelskirchen (Waldbrandteam e. V.; Fire Risk Engineering) entwickelte den Brennplan, führte die Fire-Weather- und Feuerverhaltensanalyse mit FireWeather Analytics durch und leitete die Maßnahme als Burn Boss/Brennleiter. Das Waldbrandteam e. V. stellte das Ignition-Team. Alexander Held (European Forest Institute, EFI) wird als Co-Autor für feuerökologische Einordnung, integriertes Feuermanagement, wissenschaftliche Diskussion und Manuskriptrevision aufgenommen. Autorenreihenfolge und CRediT-Beiträge sind vor Einreichung gemeinsam zu bestätigen.

Danksagung: Der Entwurf würdigt die Zusammenarbeit der Truppenübungsplatzkommandantur, der Bundeswehr-Feuerwehr Hammelburg, der beteiligten Feuerwerker, der UAV-Einheit sowie des Ignition-Teams des Waldbrandteam e. V.

Datenverfügbarkeit: Brennplan, projektbezogene FWA-Ausgaben, Einsatz- und Abschlussdokumentation sowie Bildarchive liegen projektintern vor. Das aus Drohnenbildern abgeleitete GIS-Polygon weist eine Brutto-Brandfläche von 78,0443 ha und einen Umfang von 4,85876 km aus. UAV-Daten und georeferenzierte Darstellungen können erst nach der jeweils erforderlichen militärischen Freigabe veröffentlicht oder weitergegeben werden. Die identifizierten Copernicus-Sentinel- und USGS-Landsat-Produkte bilden die dokumentierte satellitengestützte Evidenzkette; aus ihnen ergab sich bis zum Katalogstand 08.09.2026 kein präziserer oder perimeterverändernder Flächenwert. Personenbezogene oder sicherheitsrelevante Daten bleiben von einer Veröffentlichung ausgeschlossen.

Methodische Transparenz und Innovationsbeitrag: FireWeather Analytics und FireWeather Map Pro werden durch Fire Risk Engineering entwickelt und waren zugleich Gegenstand der methodischen Anwendung in dieser Fallstudie. Diese Entwicklerrolle wird transparent benannt. Sie wird hier als Innovations- und Transferpotenzial eingeordnet; die wissenschaftliche Nachvollziehbarkeit wird durch Offenlegung von Eingangsgrößen, Annahmen, Modellversionen, Entscheidungsgrenzen und Datenlücken abgesichert.

Projekt- und Finanzierungskontext: WKR – Waldbrand-Klima-Resilienz wird als Vorläuferprojekt und Wissenskontext für integriertes Feuermanagement eingeordnet. Die aktuelle WKR-Initiative beteiligte sich fachlich an Planung und Auswertung der Fallstudie Hammelburg. Eine Finanzierung der Brennmaßnahme oder dieses Manuskripts durch WKR bestand nicht. Alexander Held bringt seine fachliche Expertise als Angehöriger des European Forest Institute (EFI) und als Mitbegründer der WKR-Initiative ein.

Literatur

- Brüggeshemke, J., Henning, O. & Fartmann, T. (2025). Territory densities of heathland breeding birds are enhanced by fire on military training areas. *Global Ecology and Conservation*, 58, e03447. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03447>
- Copernicus Data Space Ecosystem (2026). STAC- und CSV-Produktkataloge für Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten. Katalogrecherche für das Zielgebiet Hammelburg, Stand 08.09.2026. <https://dataspace.copernicus.eu/>
- Doerr, S. H. et al. (2025). Soil heating during wildfires and prescribed burns: a global evaluation. *International Journal of Wildland Fire*, 34, WF25103. <https://doi.org/10.1071/WF25103>
- Ellwanger, G., Ssymank, A. & Vischer-Leopold, M. (Hrsg.) (2012). Erhaltung von Offenlandlebensräumen auf aktiven und ehemaligen militärischen Übungsflächen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 127. Bundesamt für Naturschutz. <https://www.bfn.de/publikationen/schriftenreihe-naturschutz-biologische-vielfalt/nabiv-heft-127-erhaltung-von>
- Hill, K. C., Bakker, J. D. & Dunwiddie, P. W. (2017). Prescribed Fire in Grassland Butterfly Habitat: Targeting Weather and Fuel Conditions to Reduce Soil Temperatures and Burn Severity. *Fire Ecology*, 13, 24–41. <https://doi.org/10.4996/fireecology.130302441>
- National Wildfire Coordinating Group (2022). NWCG Standards for Prescribed Fire Planning and Implementation, PMS 484. <https://www.nwcg.gov/publications/pms484>
- Schellenberg, J. & Bergmeier, E. (2020). Heathland plant species composition and vegetation structures reflect soil-related paths of development and site history. *Applied Vegetation Science*, 23, 386–405. <https://doi.org/10.1111/avsc.12489>
- Seltmann, P. (2026). Abschlussbericht – Kontrollierte Brennmaßnahme im Zielgebiet des Truppenübungsplatzes Hammelburg, 24.08.2026. Bundeswehr-Feuerwehr Hammelburg. Unveröffentlichter interner Bericht.
- Wanner, M. & Xylander, W. E. R. (2003). Transient fires useful for habitat-management do not affect soil microfauna – a study on an active military training area in eastern Germany. *Ecological Engineering*, 20, 113–119. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00124-6](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00124-6)
- Werner, C. M. et al. (2021). Synergistic effects of long-term herbivory and previous fire on fine-scale heterogeneity of prescribed grassland burns. *Ecology*, 102, e03270. <https://doi.org/10.1002/ecy.3270>
- Fire Risk Engineering (2026). FireWeather Analytics / FireWeather Map Pro: Projektbezogene Burn-Day-Standortanalyse Hammelburg vom 24.08.2026 und orthofotobasierte Brandflächenanalyse, Stand 09.09.2026. Unveröffentlichter projektinterner Datensatz.
- U.S. Geological Survey (USGS) (2026). Landsat Collection 2 Level-2 Surface Reflectance: Landsat-9-Szene LC09_L2SP_194025_20260829_20260830_02_T1_SR, aufgenommen am 29.08.2026. <https://landsatlook.usgs.gov/>
- European Forest Institute (EFI). Alexander Held – Senior Expert, Engagement. <https://efi.int/people/alexander-held>
- WKR – Waldbrand-Klima-Resilienz. Vorläuferprojekt und Wissenskontext für integriertes Feuermanagement; fachliche Beteiligung der aktuellen WKR-Initiative an Planung und Auswertung der Fallstudie Hammelburg.