

Waldbrandpotential im Kanton Aargau

Abteilung Wald, Kanton Aargau

Bericht

Arbeitsdokument

Projekt Waldbandpotential Auftraggeber/in: Abteilung Wald, Kt Aargau
Projekt Nr. AG052301 Kontaktperson Maurus Landolt
Projektleiter/in Federico Ferrario
Noëmi Brüggemann
Sachbearbeiter/in José Bustamante Version 1.0
Nuno Kaech Seiten, Anhang 54, 24
Larissa Peter Status Schlussbericht
Name AG052301_Bericht_Waldbrandpotential_nb_20241014
Datum 21.07.2025 Übergabe 24.07.2025

Versionsgeschichte:			
Sachbearbeiter/in	Datum	Version	Visum
NB	19.03.2025	1.0	FF
NB	17.06.2025	1.1	FF

Aarau, 21.07.2025

Federico Ferrario
Projektleiter

Noëmi Brüggemann
Stv. Projektleiterin

Inhaltsverzeichnis

1	Projektziel	7
2	Grundlagen	8
2.1	Waldbrandgefahr in der Schweiz	8
2.2	Aktuelle Bestimmung der Waldbrandgefahr im Kanton Aargau	9
2.3	Bisherige Waldbrände im Kanton Aargau	9
2.4	Brandsaisonalität anhand von Klimadaten	13
2.4.1	Resultate der Analysen der Wetterdaten	14
3	Waldbrandpotential	20
3.1	Standortspotential	20
3.2	Entzündungspotential	21
3.3	Diskussion Waldbrandpotential	22
4	Worst-Case-Szenario	23
4.1	Vorgehen Worst-Case-Szenario	23
4.2	Resultate und Diskussion Worst-Case-Szenario	23
4.3	Fazit Worst-Case-Szenario	24
5	Schutzziel für Erstinterventionen	25
5.1	Modellierung	25
5.2	Fazit Erreichbarkeit und Schutzziele	27
6	Schadenpotential	28
6.1	Vorgehen direktes Schadenpotential	28
6.2	Resultate und Diskussion direktes Schadenpotential	28
6.3	Vorgehen indirektes Schadenpotential	38
6.4	Resultate und Diskussion indirektes Schadenpotential	38
6.5	Fazit und Handlungsempfehlungen Schadenpotential	39
7	Fallbeispiele	40
7.1	Fallbeispiel Remigen	40
7.2	Fallbeispiel Oeltrotte	42
7.3	Fallbeispiel Chestenberg	44
8	Handlungsempfehlungen für den Kanton Aargau	47
9	Produkte für die Massnahmen- und Einsatzvorbereitung	49
9.1	Checkliste für den Einsatz	49
9.2	Atlas für die Einsatzvorbereitung	51
9.3	Tabelle Ausbreitungsgeschwindigkeit	51
10	Quellen	53
11	Anhang	55
11.1	Anhang 1: Vorgehen Waldbrandpotential	55

11.2	Anhang 2: Vorgehen Worst-Case-Szenario _____	62
11.3	Anhang 3: Vorgehen Erreichbarkeit _____	63
11.4	Anhang 4: Vorgehen Schadenpotential _____	65

Zusammenfassung

Auftrag: Im Kanton Aargau sind Waldbrände noch kein grosses Thema. Mit den klimatischen Entwicklungen ist der Blick in die Zukunft aber von grosser Bedeutung. Deshalb hat die Abteilung Wald des Kantons Aargau den Auftrag gegeben, die Waldbrandgefährdung zu untersuchen und Handlungsempfehlungen für heute zu machen.

Was untersucht wurde: Die bisherigen Waldbrände im Kanton Aargau wurden analysiert und anhand von Wetterdaten die Waldbrandindizes berechnet. Um die besonders gefährdeten Gebiete zu identifizieren, ist das Waldbrandpotential aufgrund der natürlichen Gegebenheiten sowie des Einflusses des Menschen modelliert worden, und eine Methode zur Identifizierung der Waldgebiete mit den potenziell größten Bränden wurde entwickelt. Die Abdeckung durch die Feuerwehr ist ebenfalls ein sehr wichtiger Aspekt, weshalb die Anfahrtszeiten für den ganzen Kanton berechnet wurden. In einem weiteren Schritt wurden sensible Gebäude und Infrastrukturen, die nahe an Waldgebieten mit höherer Gefährdung liegen, identifiziert und die Waldbrandgefährdung der Schutzwälder modelliert.

Resultate: Am ehesten gefährdet für Waldbrände sind die Jurasüdhänge. Die Wahrscheinlichkeit eines grossflächigen Waldbrandes ist grösser in steileren Gebieten mit grosser zusammenhängender Waldfläche. Schutzwälder sind verhältnismässig stärker gefährdet als die übrige Waldfläche.

Es gibt einzelne sensiblere Objekte in Waldesnähe (z.B. aufgrund der Nutzungsart, Anzahl Personen u.Ä.). Die Objekte liegen jedoch fast immer topografisch gesehen unterhalb des Waldes, was eine Ausbreitung des Feuers zum Objekt unwahrscheinlicher macht. Bei starken Winden oder rollendem Brennmaterial ist aber auch die Ausbreitung bergabwärts möglich.

Der Kanton Aargau hat ein dichtes Waldstrassennetz und ist dadurch sehr gut erschlossen. Die Feuerwehr kann alle Waldstrassen innerhalb von 30 Minuten Fahrtzeit erreichen. Ein Grossteil der Waldfläche erreicht sie bereits in unter 15 Minuten.

Die Hotspots aus Sicht des Schadenpotentials sind die grösseren Städte, da sie sich bis an die Waldgrenze ausdehnen. Wichtig ist auch die Gefahr durch Naturgefahrenprozesse nach einem Waldbrand oberhalb von Siedlungen zu berücksichtigen. Nach einem Waldbrand bringt ein Schutzwald möglicherweise nicht mehr die gleiche Schutzleistung. Bei der Infrastruktur sollte man sich am ehesten Gedanken zu den Hochspannungsleitungen und den Antennen im Wald machen. Andere Infrastruktur, wie Eisenbahn oder Strassen, sind kaum gefährdet.

Handlungsempfehlungen: Die Waldbrandgefahr im Kanton ist grundsätzlich als gering einzustufen. Es wird empfohlen, in Gebieten mit erhöhtem Entzündungspotential zusätzliche Feuerstellen nur restriktiv zu bewilligen und unmittelbar um bestehende Feuerstellen brennbares Material zu entfernen. In Schutzwäldern mit höherer Waldbrandgefahr wird vorgeschlagen, den Schlagabraum zusammenzunehmen. Insbesondere, wenn der Schutzwald sehr nahe an Infrastrukturen und Bauzonen liegt (Waldabstand <18 m). Diese Massnahmen sind aber Massnahmen zum Schutz vor Naturgefahren (wie z.B. querliegende Baumstämme) unterzuordnen.

Als Produkte wurde ein Atlas für die Einsatzplanung der Feuerwehr erarbeitet sowie einzelne Merkblätter und eine auf den Aargau angepasste Tabelle mit Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Feuer nach Hangneigung und Windgeschwindigkeit.

Die Waldbrandgefahr wird sich für den Kanton Aargau in den nächsten 10 Jahren nicht drastisch ändern. Ein leicht erhöhtes Waldbrandpotential kann aufgrund der eher kleinen Waldflächen und der sehr guten Erschliessung mit präventiven und organisatorischen Massnahmen gut gehandhabt werden.

Glossar

Waldbrandpotential	umfasst im Rahmen dieses Projekts die Resultate des Standorts- und Entzündungspotentials.
Standortspotential	bildet die Wahrscheinlichkeit für einen Waldbrand anhand der natürlichen Umweltfaktoren ab: Neigung, Exposition, Vegetation (Waldstandorte, Lichte Wälder).
Entzündungspotential	bildet die Wahrscheinlichkeit für einen Waldbrand anhand des Standortpotentials und gewissen menschlichen Einflussfaktoren (Bauten im Wald, Wanderwege, Strassen, Siedlungsnähe) ab.
Worst-Case Szenario	zeigt auf, wo die Wahrscheinlichkeit für flächenmässig grössere Waldbrände am höchsten ist.
Erreichbarkeit	zeigt auf, wo die Feuerwehr wie schnell vor Ort ist anhand der Erschliessung und des Anfahrtsweges
Haltelinie	Die Haltelinien werden situativ vom Einsatzleiter definiert und müssen so platziert werden, dass der Waldbrand dort gestoppt werden kann, wo es anhand der Ausbreitung des Feuers realistisch ist. Man soll soweit möglich von der Erschliessung profitieren, ohne eine unnötige Ausbreitung zuzulassen. Je nach Feuerintensität wird definiert, ob die Haltelinien trocken oder nass sein sollen. Je ein Offizier (inkl. seines Teams) ist verantwortlich für eine Haltelinie und einer ist verantwortlich für das Löschen.

1 Projektziel

Das Büro EcoEng AG hat von der Abteilung Wald des Kantons Aargau den Auftrag erhalten, das Waldbrandpotential sowie allfällige Folgen und Präventions-, und Bekämpfungsmassnahmen zu ermitteln.

Die Analyse des Waldbrandpotentials dient als Entscheidungshilfe bei der Prävention und Bekämpfung von Waldbränden.

Durch die folgenden Analysen des Waldbrandpotentials sollen drei Fragen beantwortet werden.

1. Wann wird ein Waldbrand auftreten? (Saisonalität)
2. Wo ist ein Auftreten am wahrscheinlichsten? (räumliche Analyse)
3. Wie könnte sich ein Waldbrand entwickeln und wie bekämpft werden?

Im Kanton Aargau, wo es bisher selten zu Waldbränden gekommen ist, geht es zudem darum, die Waldbrandgefahr in Kontext zu setzen und allfällige Präventionsmassnahmen auf das tatsächliche Risiko anzupassen.

Für das Projekt haben die Abteilung Wald und EcoEng AG die folgenden Arbeitspakete gemeinsam definiert:

1. Waldbrandpotential
2. Worst-Case Szenario
3. Schadenpotential
4. Fallbeispiele

Die Arbeit wurde begleitet durch eine Projektgruppe bestehend aus:

- Maurus Landolt, Projektleiter Abteilung Wald Kanton Aargau
- Marcel Murri, Projektleiter Abteilung Wald Kanton Aargau
- Hanspeter Suter, AGV
- Frank Weingardt, AGV
- Marco Conedera, WSL Cadenazzo
- Boris Pezzatti, WSL Cadenazzo
- Noëmi Brüggemann, EcoEng AG
- Federico Ferrario, EcoEng AG

sowie situativ

- Sarah Wüthrich, Abteilung Wald Kanton Aargau
- Ueli Schmid, Abteilung Wald Kanton Aargau

2 Grundlagen

Einleitend folgen ein paar Bemerkungen zu den Berechnungen im vorliegenden Bericht sowie zur Bestimmung der Waldbrandgefahr im Kanton Aargau, wie sie bereits heute praktiziert wird. Darüber hinaus werden zwei wichtige Grundlagen für die Modellierung des Waldbrandpotentials eingeführt: Die Ereignisse in der Vergangenheit sowie die Klimadaten. Die vergangenen Brände wurden in ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung untersucht, und die Klimadaten liefern wesentliche Hinweise auf die Brandsaisonalität.

2.1 Waldbrandgefahr in der Schweiz

Im vorliegenden Bericht wird die relative Waldbrandgefahr innerhalb des Kantons Aargau berechnet. Die Ergebnisse sind dementsprechend nicht direkt mit den Berechnungen für andere Kantone vergleichbar. Gerade in Regionen, wie dem Kanton Aargau, wo Waldbrände bisher nur selten vorkommen, ist es wichtig, die Resultate in diesem Kontext zu interpretieren. Für die Einordnung der absoluten Waldbrandgefahr wird auf die Arbeit von Marco Conedera und Boris Pezzatti verwiesen, in der die Waldbrandfrequenz und die durchschnittliche Grösse der Brände für verschiedene Regionen der Schweiz berechnet wurden. Der Kanton Aargau gehört dabei teilweise zur Jura-Region mit durchschnittlich 2.6 Feuern pro Jahr und teilweise zur Mittelland-Region mit etwa 2.5 Feuern pro Jahr. Für den Kanton Aargau sind durchschnittlich 4 Waldbrände pro Jahr erfasst. Abb. 1 zeigt, dass es von 2000 bis 2023 auf der Alpensüdseite rund drei bis fünf Mal mehr Waldbrände gegeben hat als im Mittelland.

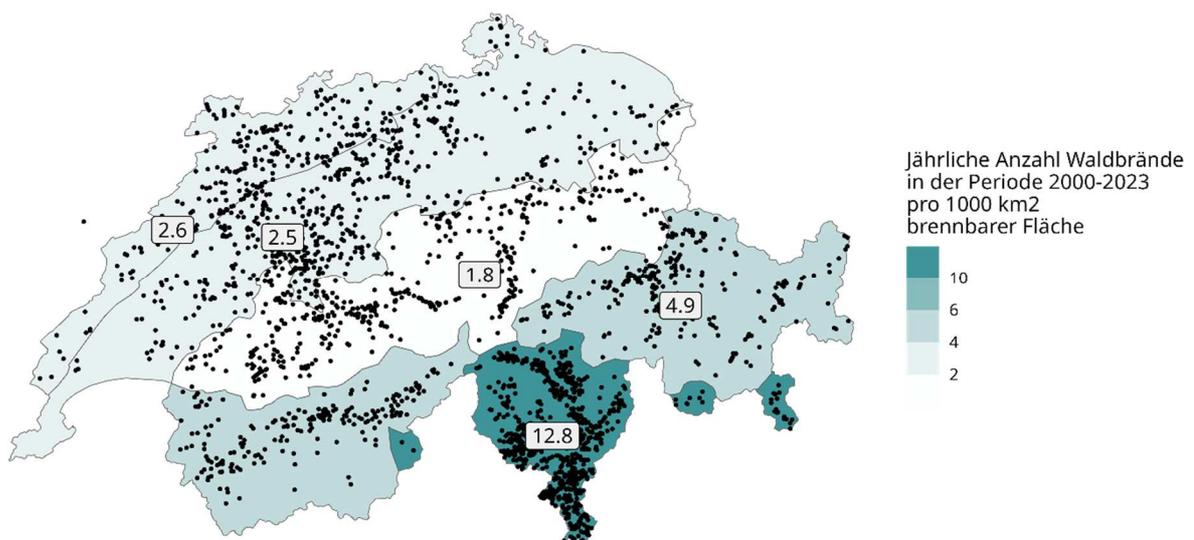


ABB. 1 : JÄHRLICHE ANZAHL WALDBRÄNDE PRO BRENNBARER FLÄCHE (M. CONEDERA UND B. PEZZATTI, 2025)

Die jährlich abgebrannte Fläche pro 1000 km² Wald liegt im Kanton Aargau bei 0.77 ha pro Jahr. Für die Region Mittelland und Jura sind es 0.3 resp. 0.5 ha pro Jahr. Die jährliche Brandfläche ist im Tessin für dieselbe Periode 50 Mal so gross (Abb. 2). Der grösste im Aargau erfasste Waldbrand erreichte eine Ausbreitung von 2 Hektaren. Der Aargau hat im Vergleich zum restlichen Mittelland und Jura, mehr erfasste Waldbrände. Vermutlich ist der Grund dafür die dichte Besiedlung und fast flächendeckende Erholungsnutzung, sowie die gute Aufzeichnung der Ereignisse. Im Vergleich zu den Kantonen Wallis und Tessin, ist die Anzahl Brände und vor allem auch die Brandfläche sehr gering.

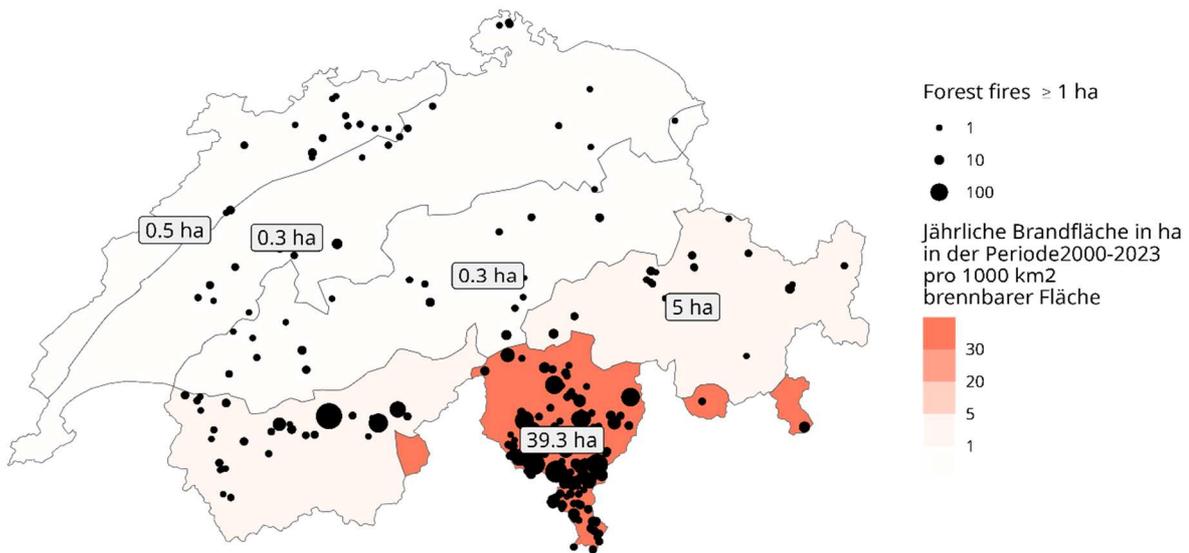


ABB. 2: JÄHRLICHE BRANDFLÄCHE PRO BRENNBARER WALDFLÄCHE (M. CONEDERA UND B. PEZZATTI, 2025)

2.2 Aktuelle Bestimmung der Waldbrandgefahr im Kanton Aargau

Der Kanton Aargau verfügt bereits über ein gut funktionierendes System zur Beurteilung der aktuellen (täglichen) Waldbrandgefahr. Verantwortlich ist ein Expertengremium bestehend aus einer Vertretung der AGV, der Abteilung Wald und der Abteilung Landschaft und Gewässer. Bei anhaltender Trockenheit trifft sich das Gremium 1mal pro Woche, um die aktuelle Gefahrenlage zu beurteilen und entsprechende Massnahmen zu beschliessen. Zur Vorbereitung der Besprechung erstellt die AGV ein Bulletin mit relevanten Daten wie Temperatur, Niederschlagssumme aus verschiedenen Wetterportalen sowie Daten aus dem Bodenmessnetz der Schweiz. Dies gibt Auskunft über die Wassersättigung des Bodens und somit einen Hinweis auf die Feuchtigkeit der Streuauflage, welche eine wichtige Rolle bei der Brandentwicklung spielt. Die Abteilung Wald konsultiert IGNIS und befragt 5-10 Förster, wie sie die aktuelle Waldbrandgefahr einschätzen. Das Informationssystem IGNIS wird durch den Bund zur Verfügung gestellt. Neben den Entscheidungsgrundlagen, die IGNIS zur Verfügung stellt, ist auch eine Rückmeldung zu IGNIS durch die Praxis wichtig. Auf diesen Grundlagen basierend entscheidet das Gremium über die Gefahrenstufe und macht einen Vorschlag für allfällig notwendige Massnahmen. Die Abteilung Wald stellt ab Gefahrenstufe 4 anschliessend einen entsprechenden Antrag an den Regierungsrat des Departements Gesundheit und Soziales (DGS). Dieser entscheidet aufgrund einer Interessensabwägung. Die Kommunikation der festgelegten Gefahrenstufe und der Massnahmen erfolgt durch die Kommunikationsabteilungen der beiden Departemente DGS und BVU (Department Bau, Verkehr und Umwelt).

2.3 Bisherige Waldbrände im Kanton Aargau

Die Swissfire Datenbank enthält für den Kanton Aargau für die Zeitspanne von 1847 bis Anfang 2024 218 Waldbrände (Stand 23.09.2023 mit Ergänzungen durch die Abteilung Wald im Januar 2024). Die allermeisten dieser Brände (>90%) wurden durch den Menschen verursacht – in der Regel unbeabsichtigt. Bei 8 % der Brände fehlt die Brandursache ganz (NULL, Abb. 3). Unter der Kategorie «privat» sind in der Datenbank Touristen, Wanderer, weggeworfene Raucherwaren und Sonstiges subsummiert. Drei Waldbrände sind durch ungenügend gelöschte Feuerstellen entstanden. Die anderen unbekannteren Ursachen umfassen Unfälle und unvorsichtiges Handeln.

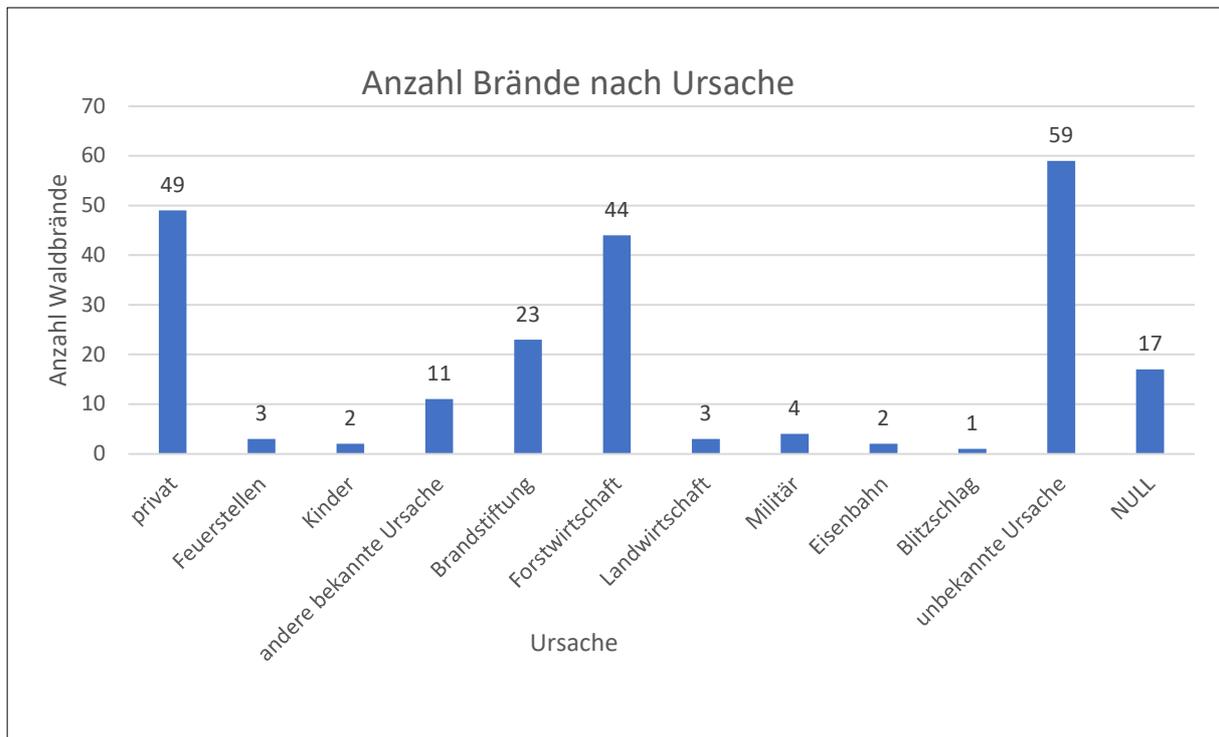


ABB. 3: ANZAHL BRÄNDE IM KANTON AARGAU (VON 1847 -2023) NACH URSACHE

Anzahl und Fläche der durch die Forstwirtschaft verursachten Brände haben in den letzten Jahren abgenommen (Abb. 4 und Abb. 5).

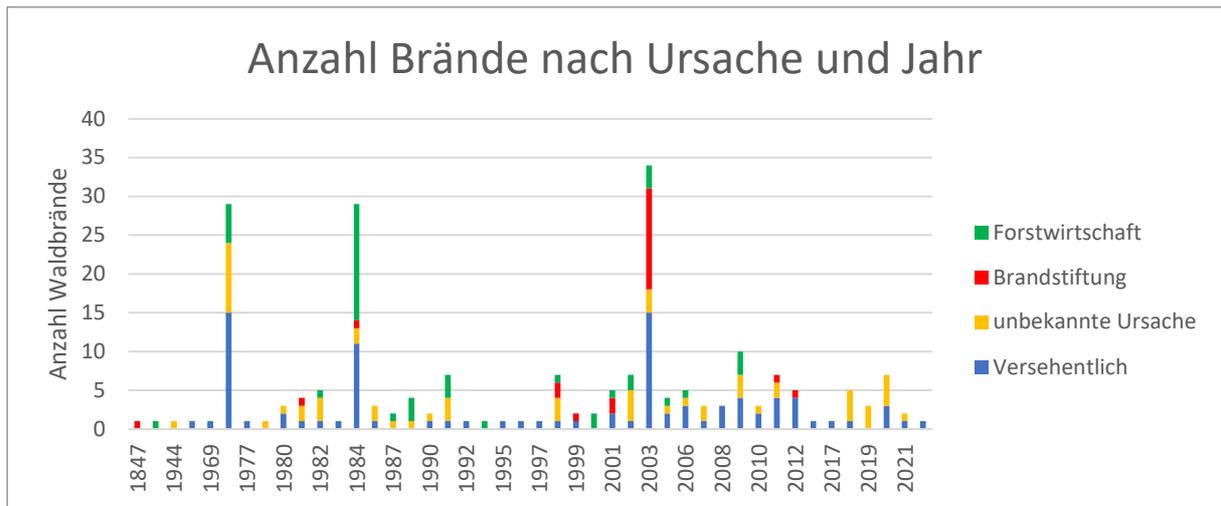


ABB. 4: ANZAHL BRÄNDE NACH URSACHE UND JAHR IM KANTON AARGAU (VON 1847 -2023)

Die Brände waren fast ausnahmslos sehr kleinräumig. Zum Beispiel gab es im sehr trockenen und heissen Jahr 2003 über 30 Brände, insgesamt waren es aber nur etwas über 5 ha Brandfläche. Das gibt eine durchschnittliche Brandfläche von 0.2 Hektaren. Da bei rund 20 % der Brände keine Brandfläche erfasst wurde, dürfte der Durchschnitt eher noch tiefer liegen.

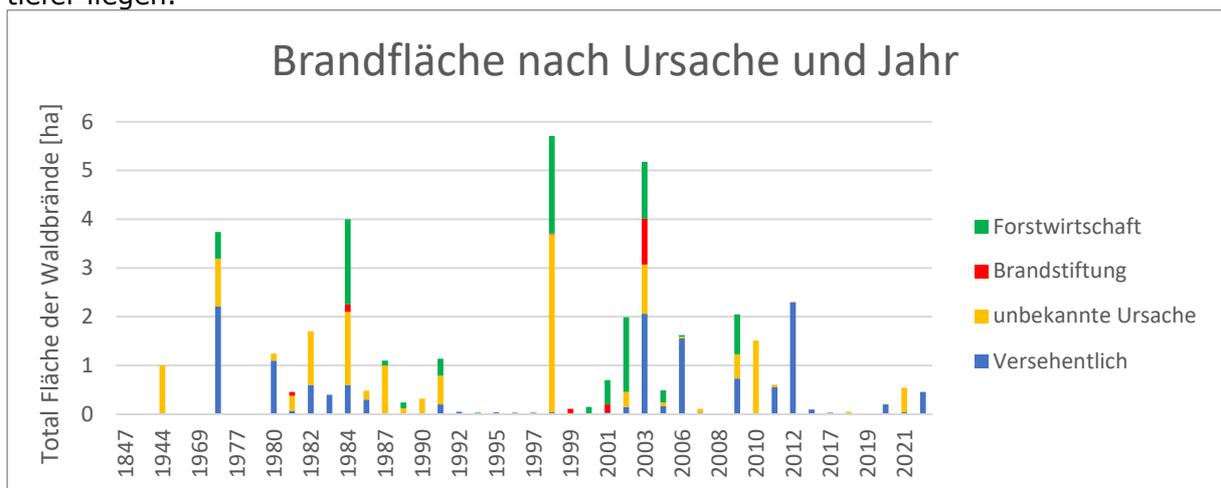


ABB. 5: FLÄCHE DER BRÄNDE NACH URSACHE UND JAHR IM KANTON AARGAU (VON 1847 -2023)

Die meisten Waldbrände im Kanton Aargau sind im April aufgetreten (Abb. 6). Auch die addierte Fläche der Brände ist in dieser Saison am höchsten. Dies deckt sich mit den Resultaten derselben Analysen in anderen Schweizer Kantonen (z.B. Neuenburg, Freiburg).

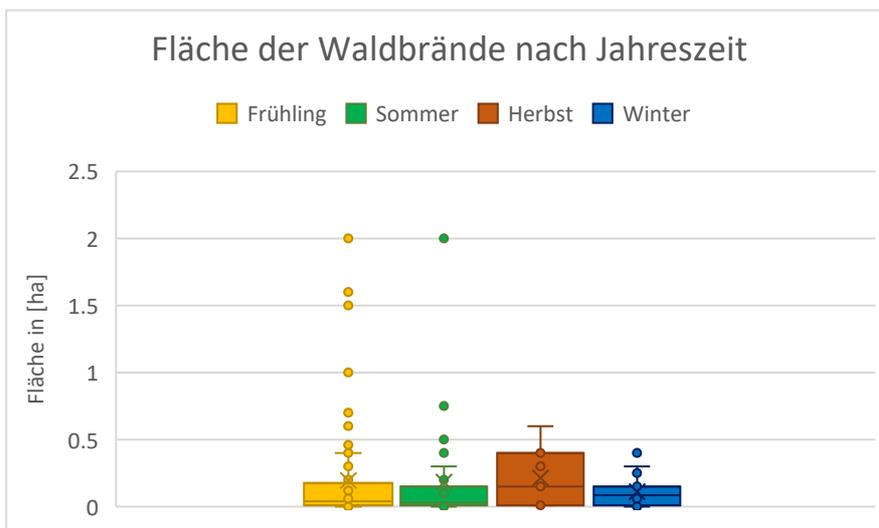
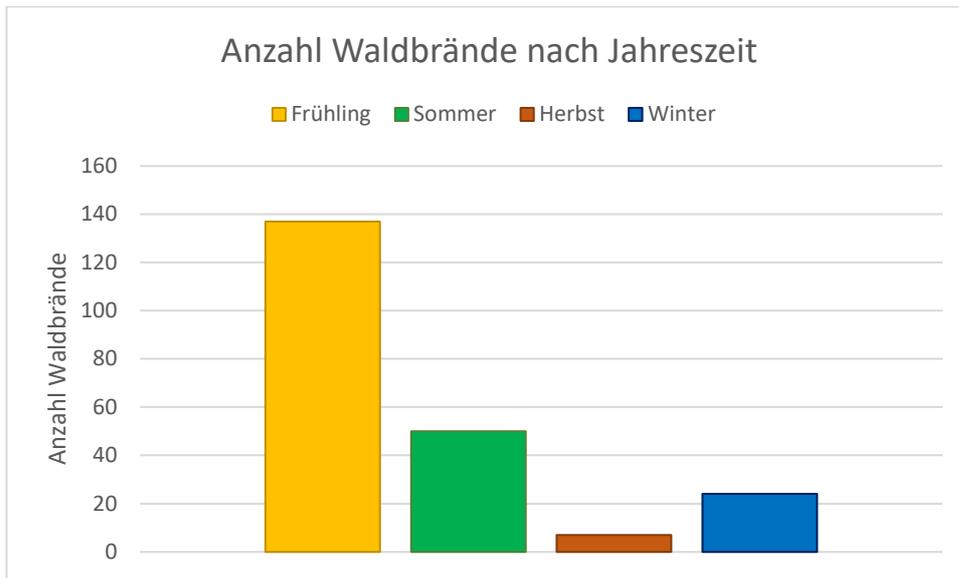


ABB. 6A UND 6B: ANZAHL UND FLÄCHE DER WALDBRÄNDE NACH JAHRESZEIT IM KANTON AARGAU (VON 1847 -2023)

Die allermeisten Waldbrände im Kanton Aargau (69%) waren kleiner als 0.5 ha (Abb. 7). Insgesamt 12 Brände (6%) waren zwischen 1 und 2 ha gross. Grössere Brände wurden bisher im Aargau nicht registriert. Für 21% gibt es keine Angabe zur Brandfläche.

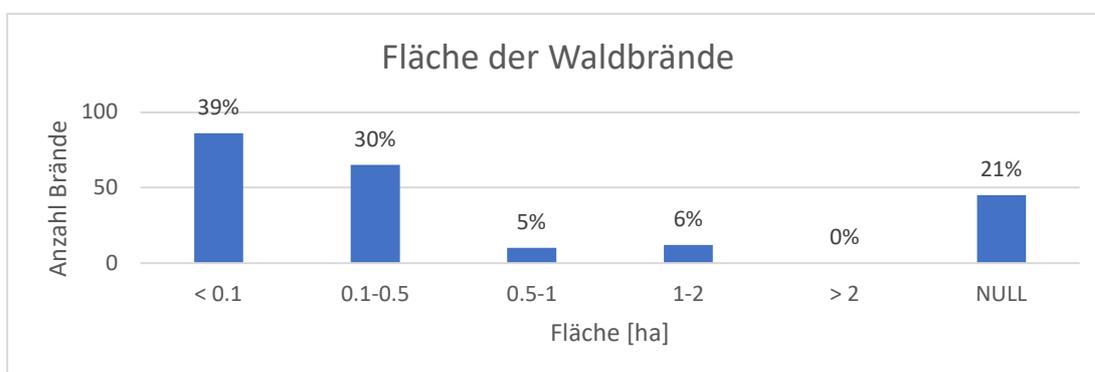


ABB. 7: FLÄCHE DER WALDBRÄNDE IM KANTON AARGAU (VON 1847 -2023)

2.4 Brandsaisonalität anhand von Klimadaten

Gemäss den Angaben zu den bisherigen Waldbränden gibt es eine starke Tendenz zu Bränden im Frühling. Im Folgenden wird die Brandsaisonalität anhand der Daten von Wetterstationen berechnet und die Resultate der verschiedenen Analysen verglichen.

Für die Berechnung der Brandwahrscheinlichkeit an einem bestimmten Tag oder einer Zeitperiode gibt es verschiedene Indizes:

- Index für leichtes Brennmaterial (Fine Fuel Moisture Code, FFMC): Der FFMC ist eine numerische Bewertung des Wassergehalts von Streu und anderen leichten Brennmaterialien. Er gibt Hinweise auf die Entflammbarkeit des leichten, brennbaren Materials.
- Feuchtigkeitsindex für Humus (Duff Moisture Code, DMC): Der DMC gibt Auskunft über den durchschnittlichen Wassergehalt von locker gepackten organischen Schichten von mittlerer Dicke und gibt damit Hinweise auf deren Brennbarkeit sowie auch auf die Brennbarkeit von mittelgrossen holzigem Material.
- Trockenheitsindex (Drought Code, DC): Der DC ist die numerische Bewertung des durchschnittlichen Wassergehalts in dicken, kompakten organischen Schichten. Er ist ein nützlicher Indikator für die saisonalen Auswirkungen von Dürren auf brennbares Material im Wald und Latenzzeit des Feuers in dicken organischen Schichten und großen Baumstämmen.
- Index für die anfängliche Ausbreitungsgeschwindigkeit (Initial Spread Index, ISI): Der ISI quantifiziert die erwartete Rate der Feuerausbreitung. Er kombiniert die Effekte von Wind und des FFMC auf die Ausbreitungsrate ohne den Einfluss der Menge an brennbarem Material.
- Index für den Brandaufbau (Buildup Index, BUI): Der BUI ist eine Kombination aus dem DMC und dem DC und gibt Hinweis über die verfügbare Gesamtmenge an brennbarem Material für die Ausbreitung des Feuers.
- Waldbrandgefahrenindex (Fire Weather Index, FWI) ist eine Kombination aus dem ISI und dem BUI, welcher die Intensität des sich ausbreitenden Feuers als Energiegehalt pro Längeneinheit der Feuerfront darstellt.

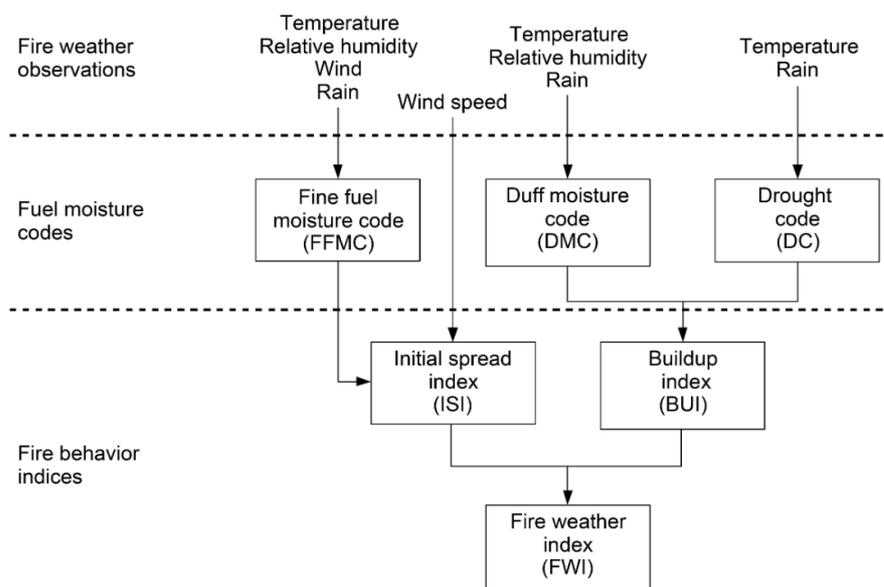


ABB. 8: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN VERSCHIEDENEN INDIZES (QUELLE: WAGNER 1987)

Für die im Folgenden präsentierten Analysen wurden Datenreihen zu Temperatur, Niederschlag (kumuliert, zur Mittagszeit), Windgeschwindigkeit und Luftfeuchtigkeit von fünf Wetterstationen verwendet (Tabelle 1). Dabei werden nur die Indizes FFMC, DMC, DC und FWI betrachtet. Die ersten drei sind wichtig für die Brandgefahr aufgrund des

brennbaren Materials in unterschiedlicher Bodentiefe und der FWI fasst die gesamte Brandgefahr zusammen.

TABELLE 1 : ÜBERSICHT ÜBER DIE FÜNF ANALYSIERTEN WETTERSTATIONEN

Station	Kürzel	Zeit-spanne	Windgesch-windigkeit	Nieder-schlag	Temperatur	Luftfechtig-keit
Buchs	BUS	1991-2023	☑	☑	☑	☑
Beznau	BEZ	1991-2023	Ab 2008	☑	☑	ab 2008
Leibstadt	LEI	1991-2023	☑	☑	☑	ab 2008
Möhlin	MOE	1993-2023	☑	☑	ab 2010	ab 2010
Mosen (LU)	MOA	2012-2023	☑	☑	☑	☑

Die Datenreihen von Beznau, Leibstadt und Möhlin sind komplett ab 2008 bzw. 2010. Mosen und Buchs haben vollständige Datenreihen seit 1991.

Die Waldbrandindizes wurden mit dem Programm SwissFire Calculator der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) berechnet.

2.4.1 Resultate der Analysen der Wetterdaten

Der jährliche Werteverlauf der Indizes FFMC, DMC, DC und FWI ist in den folgenden Grafiken dargestellt. Die Resultate der verschiedenen Stationen korrelieren relativ gut. Die starke Abhängigkeit des FWI von der Feuchtigkeit führt angesichts der Wetterbedingungen im Kanton Aargau dazu, dass die Gefahrenwerte das ganze Jahr über niedrig bleiben.

Die Werte der Indizes DMC und DC, die eher von kompakteren organischen Materialien und der Temperatur abhängen, zeigen einen Anstieg in den trockeneren Monaten. Der Index DC erreicht von allen Indizes die höchste Warnstufe (in den Monaten Juli bis September). Der FWI-Index, der von der Interaktion zwischen den anderen Indizes abhängt, zeigt jedoch wie der FFMC das ganze Jahr über eine niedrige Brandgefahr.

Tabelle 2 dient als Referenztafel für die nachfolgenden Abbildungen der verschiedenen Waldbrandgefahrenindizes.

TABELLE 2 : WARNSTUFEN FÜR DIE METEOROLOGISCHEN WALDBRANDGEFAHRENINDIZES (QUELLE: IGNIS 2025).

Index	Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
FFMC	<=80	80-85	85-90	90-92	>92
DMC	<=20	20-30	30-40	40-60	>60
DC	<=200	200-300	300-500	500-600	>600
FWI	<=5	5-20	20-30	30-40	>40

Index für leichtes Brennmaterial (Fine Fuel Moisture Code, FFMC)

Der FFMC gibt Auskunft über den Feuchtigkeitsgehalt der Streuschicht und des leichten Brennmaterials. Er gibt Hinweise auf die Entflammbarkeit der obersten Streuschicht. Abb. 9 zeigt Mittelwerte des FFMC-Index pro Monat. Jede Linie entspricht einer Wetterstation, die segmentierten Linien zeigen die Grenzen an:

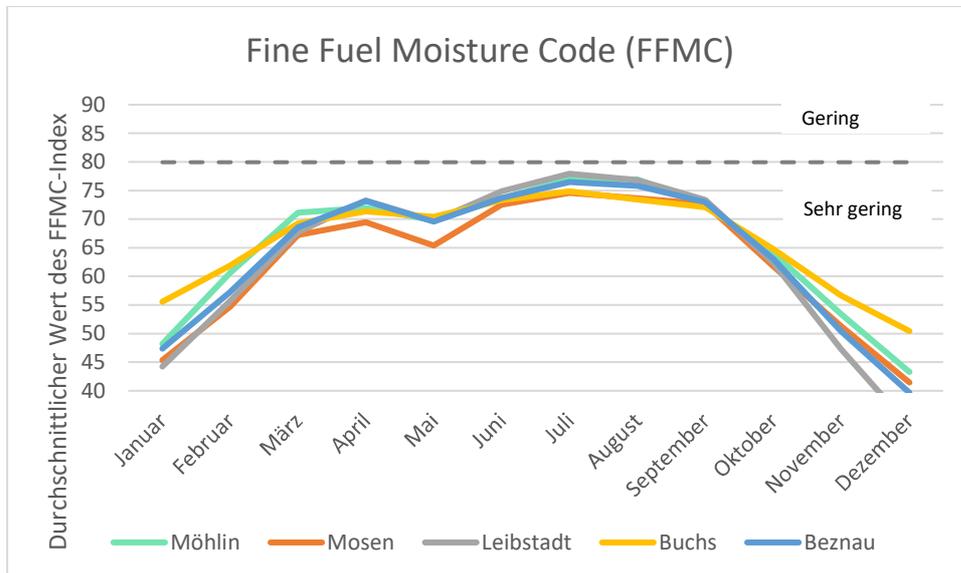


ABB. 9: WASSERGEHALT VON STREU UND ANDEREN LEICHTEN BRENNMATERIALIEN GEMÄSS FFMC

Wie Abb. 9 zeigt, ist die Waldbrandgefahr aufgrund der Streufeuchte im Kanton Aargau durchschnittlich sehr gering. In Tabelle 3 sind Maximalwerte pro Monat der gesamten Messreihe eingetragen. Zwischen April und September gab es einzelne Tage, an denen die Brandgefahr aufgrund des FFMC hoch bis sehr hoch war.

TABELLE 3: HISTORISCHE MAXIMALWERTE DES FFMC-INDEX NACH WARNSTUFE

Station	Monate												Warnstufe		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Beznau	Sehr gering	Gering	Gering	Gering											
Buchs	Sehr gering	Gering	Gering	Gering											
Leibstadt	Sehr gering	Gering	Gering	Gering											
Möhlin	Sehr gering	Gering	Gering	Gering											
Mosen	Sehr gering	Gering	Gering	Gering											

Trockenheitsindex (Drought Code, DC)

Der Trockenheitsindex DC zeigt den Feuchtigkeitsgehalt von sehr kompakten Brennmaterialien aus organischem Material. Abb. 11 zeigt monatliche Mittelwerte des DC-Indexes. Jede Linie entspricht einer Wetterstation, die segmentierten Linien zeigen die Grenzen an:

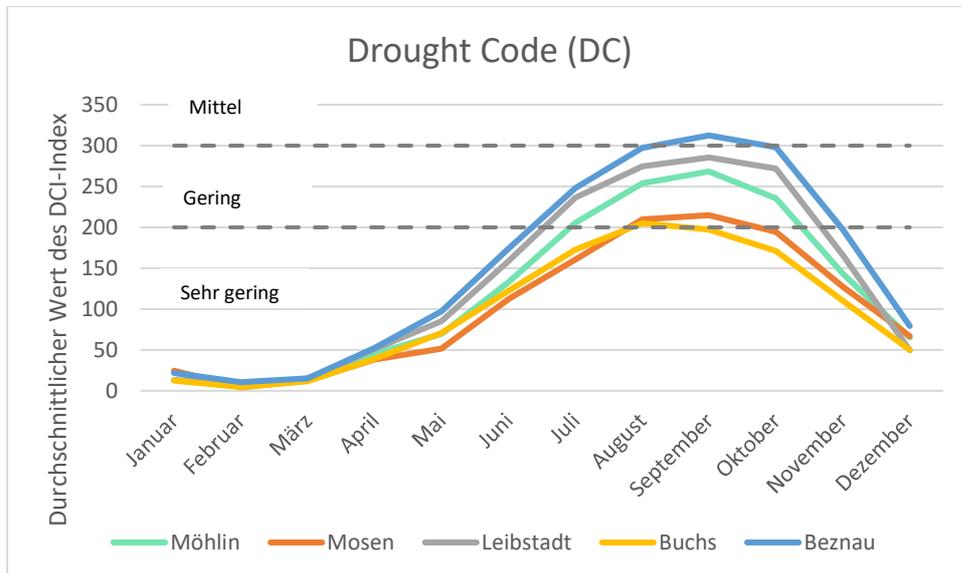


ABB. 11: WASSERGEHALT IN DICKEN, KOMPAKTEN ORGANISCHEN SCHICHTEN GEMÄSS DC

Tabelle 5 zeigt, dass ab Juli bis November für den DC auch schon mal hohe bis sehr hohe Warnstufen erreicht wurden. In Möhlin und Mosen wurde die Gefahrenstufe nie höher als Mittel. Generell bleiben die Werte jedoch zwischen sehr gering und mittel. Der DC repräsentiert die Verhältnisse in tieferen Bodenschichten als der FFMC und DMC. Deshalb zeigt sich auch die Bodentrockenheit eher später im Jahr.

TABELLE 5: HISTORISCHE MAXIMALWERTE DES DC-INDEX NACH WARNSTUFE

Station	Monate												Warnstufe
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Beznau	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
Buchs	Gering	Gering	Gering	Gering	Gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
Leibstadt	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
Möhlin	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
Mosen	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Gering	Gering	Gering	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel

Waldbrandgefahrenindex (Fire Weather Index, FWI)

Der FWI ist eine Kombination aus den vorhergehenden Indizes und stellt die Intensität des sich ausbreitenden Feuers als Energiegehalt pro Längeneinheit der Feuerfront dar. Abb. 12 zeigt monatliche Mittelwerte des FWI-Index. Jede Linie entspricht einer Wetterstation, die segmentierten Linien zeigen die Grenzen an:

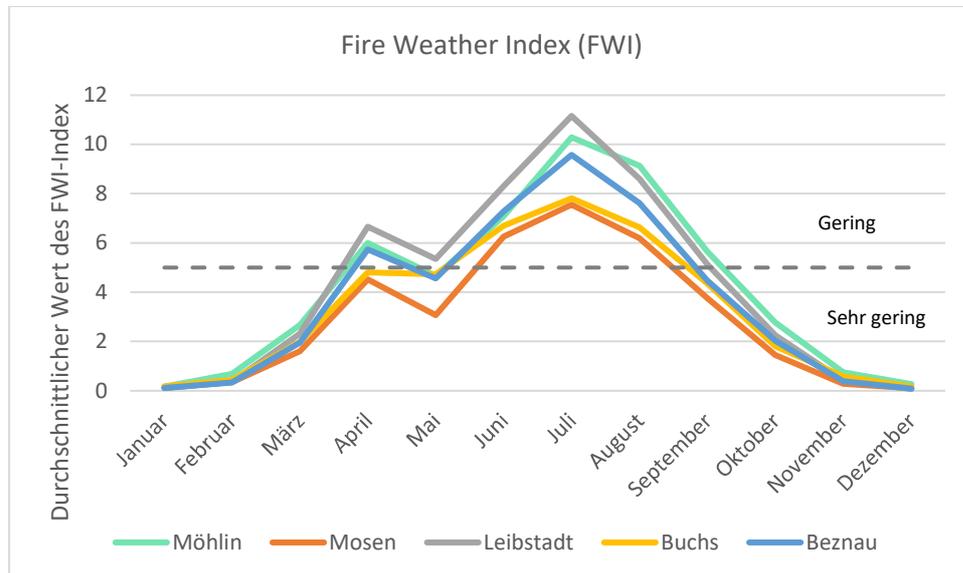


ABB. 12: DURCHSCHNITTICHE MONATSWERTE DES WALDBRANDGEFAHRENINDEXES (FWI)

Der Index FWI kombiniert die Indizes für leichtes Brennmaterial mit den meteorologischen Eigenschaften. Die Mittelwerte des Indexes bleiben im Kanton Aargau durchschnittlich über das ganze Jahr auf geringer und sehr geringer Warnstufe. Die Maximalwerte seit Messbeginn sind in Tabelle 6 dargestellt. Zwischen April und August gab es Indexwerte von 31 (hoch) bis 70 (sehr hoch).

TABELLE 6: HISTORISCHE MAXIMALWERTE DES FWI-INDEX NACH WARNSTUFE

Station	Monate												Warnstufe		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Beznau															
Buchs															
Leibstadt															
Möhlin															
Mosen															

Die Indizes FFMC, DMC und DC basieren auf der Feuchtigkeit der Brennmaterialien in verschiedener Dicken und in verschiedenen Bodentiefen. Leichte Brennmaterialien (FFMC) stellen in der Regel keine besondere Gefahr für den Kanton Aargau dar. Der Feuchtigkeitsindex für Humus (DMC) und der Trockenheitsindex (DC) für kompakte Brennmaterialien zeigen eine mittlere Warnstufe während der Sommermonate. Für eine hohe Feuerintensität müssen die Indizes aller Schichten (FFMC, DMC und DC) Trockenheit anzeigen. Dies ist selten der Fall, weshalb der Waldbrandgefahrenindex (FWI) generell tief bleibt.

Der WSL Swissfire Calculator berechnet weitere, von meteorologischen Daten abhängige Indizes, so z.B. den Angström-Index (Chandler et al. 1983, Langholz & Schmidtmayer 1993). Dieser wurde in Schweden entwickelt und basiert nur auf der relativen Feuchtigkeit und der Temperatur. Während er die Gefahr aufgrund des Wetters gut abbildet, erfasst er die Feuchtigkeit des brennbaren Materials nur ungenau.

Die Interpretation des Angström-Indexes ist in Tabelle 7 abgebildet.

TABELLE 7: INDEX INTERPRETATION FÜR ANGSTRÖM (QUELLE: CHANDLER ET AL. 1983, LANGHOLZ&SCHMIDTMAYER 1993)

Index-Werte	Interpretation
> 4.0	Brand unwahrscheinlich
4.0 – 2.5	Brandbedingungen ungünstig
2.5 – 2.0	Brandbedingungen günstig
< 2.0	Brand sehr wahrscheinlich

Im Kanton Aargau sind die Brandbedingungen aufgrund der Temperatur und Feuchtigkeit in den meisten Monaten unwahrscheinlich. Von September bis April sind die Brandbedingungen in der Regel ungünstig. Von Juni bis August sind die Brandbedingungen teilweise günstig.

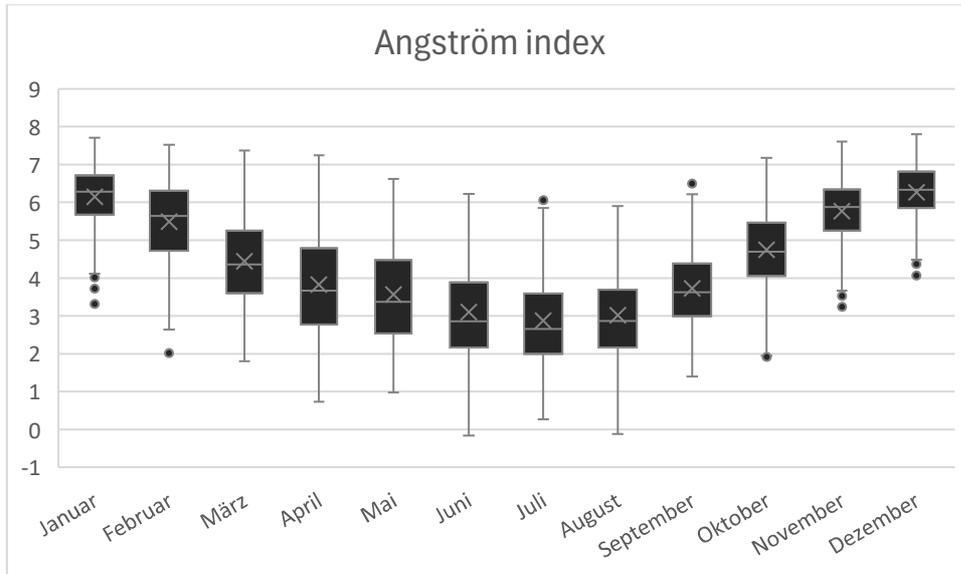


ABB. 13: DURCHSCHNITTLICHE MONATSWERTE (MEDIAN MIT 75%PERZENTIL) DES ANGSTRÖM-INDEXES FÜR LEIBSTADT

Die Resultate der Indizes verdeutlichen, dass die Waldbrandgefahr im Kanton Aargau gering ist. Gemäss den für den Kanton Aargau berechneten Indizes ist die Waldbrandgefahr in den Monaten Juni bis September am höchsten. Die Analyse der historischen Feuer zeigt hingegen eine höhere Feueraktivität im Frühling. Mögliche Erklärungen für diesen Unterschied sind, dass 1) die Frühlingsbrände im Aargau teilweise durch saisonale Tätigkeiten des Forstdiensts oder der Landwirte verursacht wurden (z.B. Verbrennen von Schlagabraum), 2) in den Sommermonaten vorsichtiger mit Feuer umgegangen wird als im Frühling und 3) weil die Indizes die Temperatur und Feuchtigkeit übers Jahr zeigen, ohne die Belaubung zur berücksichtigen. Im Frühling bei wenig Laub, kommt jedoch mehr Strahlung bis auf den Waldboden und dieser kann daher eher austrocknen als bei gleicher Temperatur und Niederschlag im Sommer bei voller Belaubung

Die Resultate der Indizes sind allgemein mit Vorsicht zu interpretieren. Sie sind für die Sommermonate gemacht und bilden die Wintermonate weniger gut ab. Im Bezug auf Feuer im Wald hat die Belaubung zudem einen grossen Einfluss.

3 Waldbrandpotential

Das Waldbrandpotential wird anhand von zwei verschiedenen Karten (Standortspotential und Entzündungspotential) präsentiert:

- Das Standortpotential: zeigt, wo ein Waldbrand sich am ehesten ausbreiten würde, wenn eine Zündquelle vorhanden ist.
- Das Entzündungspotential: zeigt, wo der Ausbruch am wahrscheinlichsten ist, weil zusätzlich zu den natürlichen Faktoren eine erhöhte Nutzung durch Menschen besteht. Die Brandursache für Waldbrände im Kanton Aargau ist fast ausnahmslos der Mensch (vgl. Kapitel 2.3).

Abb. 14 fasst das Vorgehen für die Modellierung von WUI (Wild Urban Interface), Standorts- und Entzündungspotential zusammen.

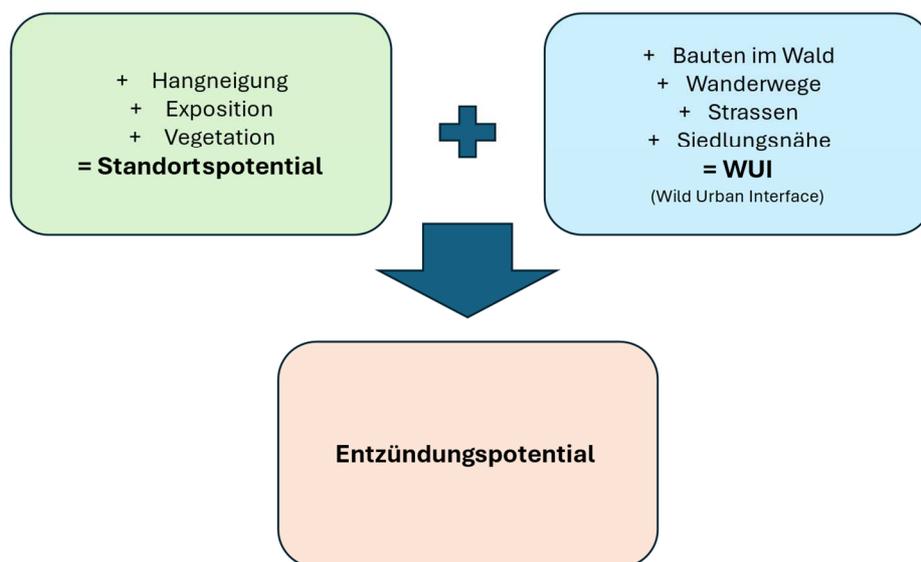


ABB. 14: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG VON WUI, STANDORTS- UND ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL

Alle Kartenausschnitte im Bericht sind nordausgerichtet mit unterschiedlichen Massstäben. Sie dienen der Veranschaulichung. Die Analysen für den ganzen Kanton werden als GIS-Datensatz zur Verfügung gestellt.

Das Vorgehen für die Modellierungen ist im Anhang 1 dokumentiert.

3.1 Standortpotential

Im Standortpotential sind die Neigung, die Exposition sowie der Einfluss aufgrund der Vegetation (Waldgesellschaften, Waldweiden, Lichter Wald) enthalten. Diese Faktoren zeigen, wo sich ein Feuer am ehesten Ausbreiten würde, wenn eine Zündquelle vorhanden ist.

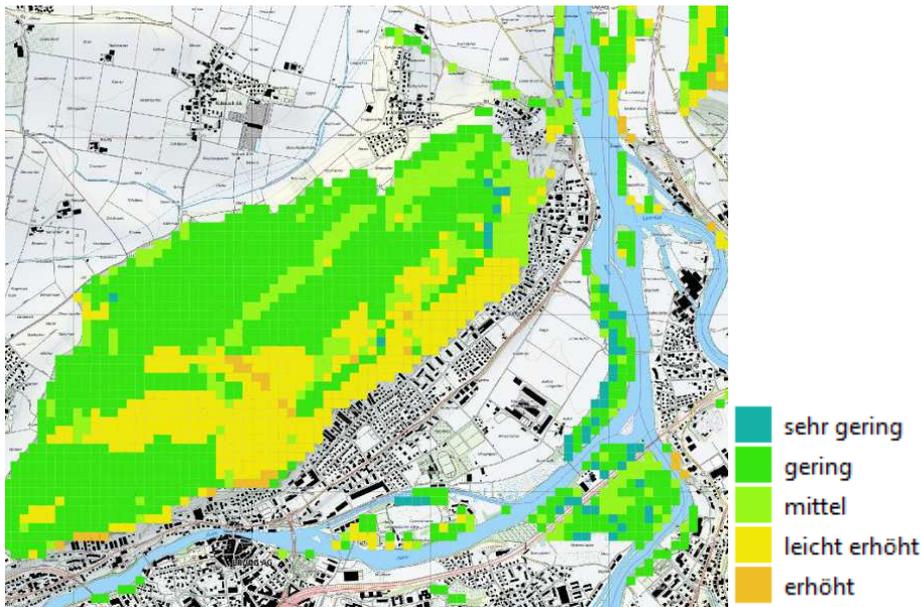


ABB. 15: KARTENAUSSCHNITT (NÖRDLICHER TEIL VON BRUGG) MIT DEM MODELLIERTEN STANDORTSPOTENTIAL

Grossflächige Gebiete mit erhöhter Brandgefahr gibt es v.a. in den Juraketten nördlich von Aarau, dem Chestenberg und der Lägern sowie nördlich von Remigen. In Wynen- und Suhrental wechselt das ermittelte Standortspotential kleinflächig.

3.2 Entzündungspotential

Beim Entzündungspotential kommt zusätzlich zu den Faktoren aus dem Standortspotential der WUI hinzu. Es zeigt, wo ein Waldbrand am wahrscheinlichsten ist, weil potenzielle Zündquellen (v.a. menschliche Aktivität) vorhanden sind und die Bedingungen für eine Ausbreitung gut sind.

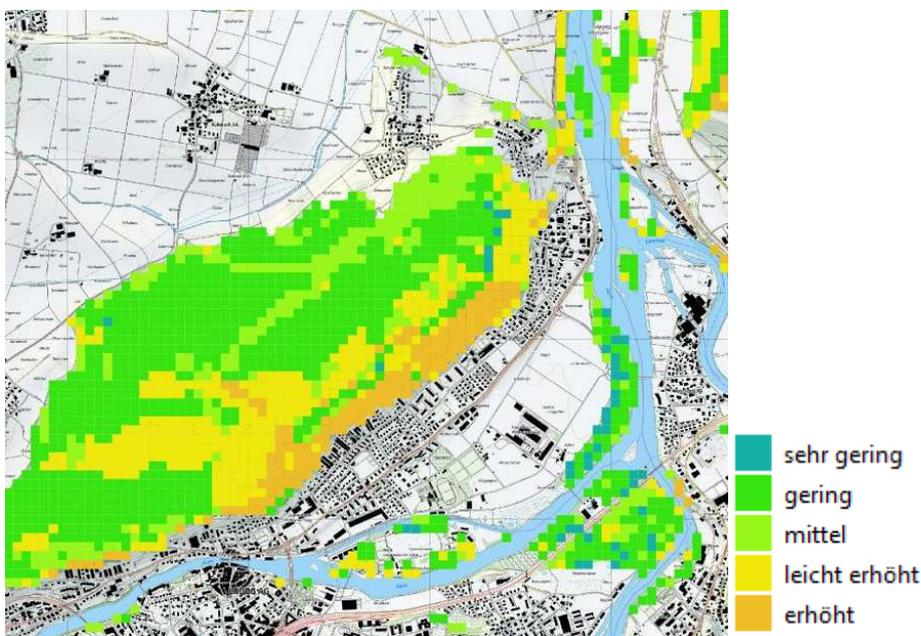


ABB. 16: KARTENAUSSCHNITT (NÖRDLICHER TEIL VON BRUGG) MIT DEM MODELLIERTEN ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL

Auf die grossräumige Verteilung des Entzündungspotentials im Aargau hat der WUI keinen offensichtlichen Einfluss. Die Änderungen sind lokal: Die Brandgefährdung von Gebieten nahe an Infrastruktur und an Siedlungen ist für das Entzündungspotential höher als für das Standortspotential.

3.3 Diskussion Waldbrandpotential

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei den Resultaten nicht um eine absolute Brandgefahr. Die Werte sind nicht direkt mit jenen anderer Kantone vergleichbar, weil jeder Kanton leicht andere Einflussfaktoren definiert hat. So ist z.B. eine «erhöhte» Brandgefahr im Kanton Aargau nicht dasselbe wie eine «erhöhte» Brandgefahr im Kanton Wallis. Insgesamt lässt sich sagen, dass im Aargau die Brandgefährdung vergleichsweise gering ist (vgl. Kapitel 2.1).

Es ist davon auszugehen, dass das Waldbrandpotential in Zukunft auch im Kanton Aargau steigen wird. Wie stark und wie schnell das geht, ist schwierig vorauszusagen, und eine Modellierung dazu wäre nicht belastbar. Wichtige Faktoren für die Entwicklung der Waldbrandgefahr sind klimatische Entwicklungen und Veränderungen der Vegetation, sowie die zusammenhängende Waldfläche. Der Anteil an Nadelbäumen im Aargauer Wald wird voraussichtlich weiter abnehmen und Laub-Mischwälder zunehmen. Laubwälder sind weniger gefährdet für Kronenbrände und bei vielen Arten ist die Streu schneller abbaubar als bei Nadelbäumen. Der Abbau von Eichen- oder Kastanienlaub geht aber ebenfalls langsamer. Buchenlaub am Boden eines Buchenhallenwaldes bleibt in der Regel sehr feucht und damit schlecht entzündbar, bei sehr trockenen Verhältnissen kann es aber auch mal austrocknen und dadurch zu viel gut brennbarem Material führen (Maringer et al. 2020). Aus Sicht der Waldbrandprävention sind folglich Mischwälder mit verschiedenen Laubbaumarten zu bevorzugen. Grössere zusammenhängende Waldflächen würden tendenziell zu grösseren Bränden führen, die Waldfläche wird sich im Aargau aber nicht weiter ausdehnen. Ein weiterer Punkt ist eine mögliche Änderung der Saisonalität der Waldbrände. Im Winter ist es im Aargau (und generell in der Nordschweiz) bisher zu feucht für Waldbrände. Wenn im Winter weniger Schnee liegt, ist eine Austrocknung möglich, dafür braucht es aber viel Sonneneinstrahlung, was im Aargau über die Wintermonate aufgrund des Hochnebels nicht (auch nicht in absehbarer Zukunft) der Fall sein wird.

Bei der Interpretation des modellierten «Waldbrandpotentials» ist wichtig zu beachten, dass eine erhöhte Brandgefahr nicht heisst, dass es dort bald brennen muss und umgekehrt auch nicht, dass es nicht brennen kann, wenn das Waldbrandpotential gering ist. Die Analyse zeigt Gebiete, in denen ein Waldbrand wahrscheinlicher ist. Diese Analysen sind zwar klimaabhängig, aber wetterunabhängig und ersetzen die Einschätzung der aktuellen Gefahrenlage nicht. Die Resultate dürfen zudem nicht anhand einzelner «Kacheln» interpretiert werden, sondern als Gebiet. Wenn ein Wald eine einzelne Kachel mit «erhöhter» Waldbrandgefahr hat und ansonsten eine geringe Gefahr, ist die Gefahr für dieses Gebiet insgesamt als gering einzustufen.

Die vorliegenden Analysen dienen als Grundlage für das Waldbrandmanagement. Konkrete Massnahmen werden in Kapitel 8 vorgestellt.

4 Worst-Case-Szenario

Das Worst-Case-Szenario soll aufzeigen, wo die Entwicklung grösserer Waldbrände am wahrscheinlichsten ist. Dies ist insbesondere in grossen zusammenhängenden Waldflächen und in steilen Gebieten der Fall (vgl. Abb. 17, Quelle Artikel WSL 2024). Dieser Ansatz wurde hier verfolgt, weil bei in Zukunft häufigerer Austrocknung des brennbaren Materials im Wald eine trockene, zusammenhängende Schicht an brennbarem Material vorhanden sein wird, wodurch sich grosse Waldbrände entwickeln könnten. Die Resultate des Worst-Case-Szenarios zeigen, wo solche grossen Waldbrände am wahrscheinlichsten sind.

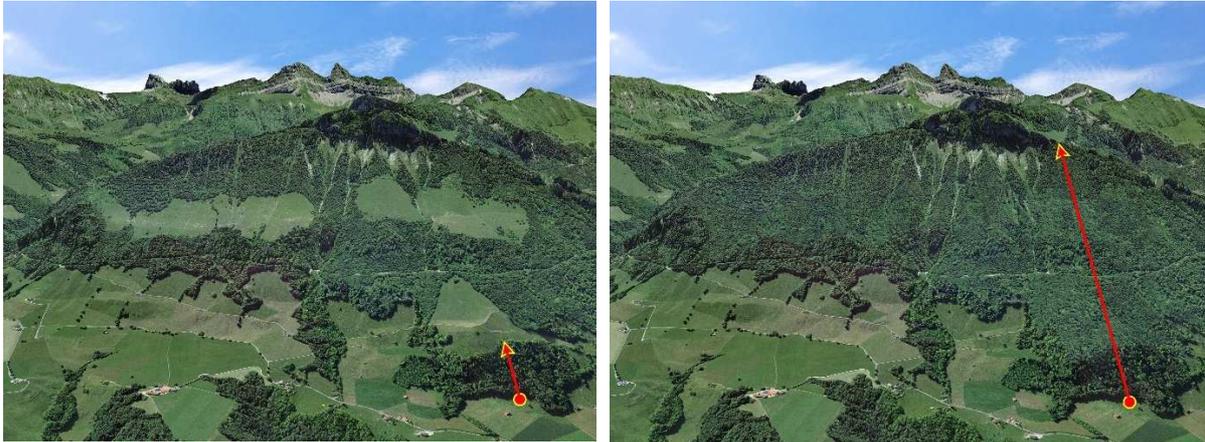


ABB. 17 : DER EFFEKT ZUSAMMENHÄNGENDER WALDFLÄCHE AUF DIE WALDBRANDGRÖSSE (ABBILDUNG VON MARCO CONEDERA UND BORIS PEZZATTI)

4.1 Vorgehen Worst-Case-Szenario

Die Gruppe für insubrische Ökosysteme an der WSL in Cadenazzo beschäftigt sich bereits seit vielen Jahren mit dem Thema und hat eine Methode entwickelt, die die Waldbrandentwicklung entlang der steilsten Neigung berechnet, ohne Einfluss des Windes. Dies gibt Anhaltspunkte dafür, wo grössere Waldbrände am ehesten entstehen können. Waldbrände können sich situativ zwar auch in der Ebene entwickeln, insbesondere im Zusammenhang mit Wind, eine Ausbreitung entlang einer Steigung ist im Allgemeinen aber am wahrscheinlichsten und schnellsten.

Mit dem Worst-Case-Szenario werden Gebiete ermittelt, in denen grössere Waldbrände auftreten könnten. Die Methodik ist im Gegensatz zum Waldbrandpotential expositionsunabhängig. Sie gibt deshalb auch keine Auskunft über die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Waldbrand entzündet, sondern nur darüber, wie gross er potenziell werden könnte.

Um die Wahrscheinlichkeit eines grösseren Waldbrandes darzustellen, wurde in der vorliegenden Analyse die Laufliniendichte pro Kachel berechnet. Das Maximum lag bei 90 Lauflinien pro Kachel. Je länger die Lauflinien, die durch eine Fläche gehen, desto grösser können potenzielle Waldbrände werden. Um diesen Effekt zu berücksichtigen, wurden die 20 % längsten Lauflinien (im Aargau: Lauflinien ab 359.7 m) und die 5 % längsten Lauflinien (im Aargau: Lauflinien ab: 670.1 m) berücksichtigt. Der Median aller Lauflinien liegt im Aargau bei rund 150 m.

Anhand der Faktoren Dichte der Lauflinien und Länge der Lauflinien wurden die Kacheln in Kategorien eingeteilt (vgl. Abb. 18) Mehr Details zum Vorgehen sind im Kapitel 11.2. beschrieben.

4.2 Resultate und Diskussion Worst-Case-Szenario

Im Gegensatz zum Waldbrandpotential sind hier die Juragebiete weniger betroffen. Grössere Flächen mit Worst-Case-Potential befinden sich westlich von Villmergen, südlich

und östlich von Baden, nördlich von Brugg, nördlich von Wildegg und südlich von Zeiningen. In Abb. 18 ist die Region nördlich von Möriken (Chestenberg) zu sehen.

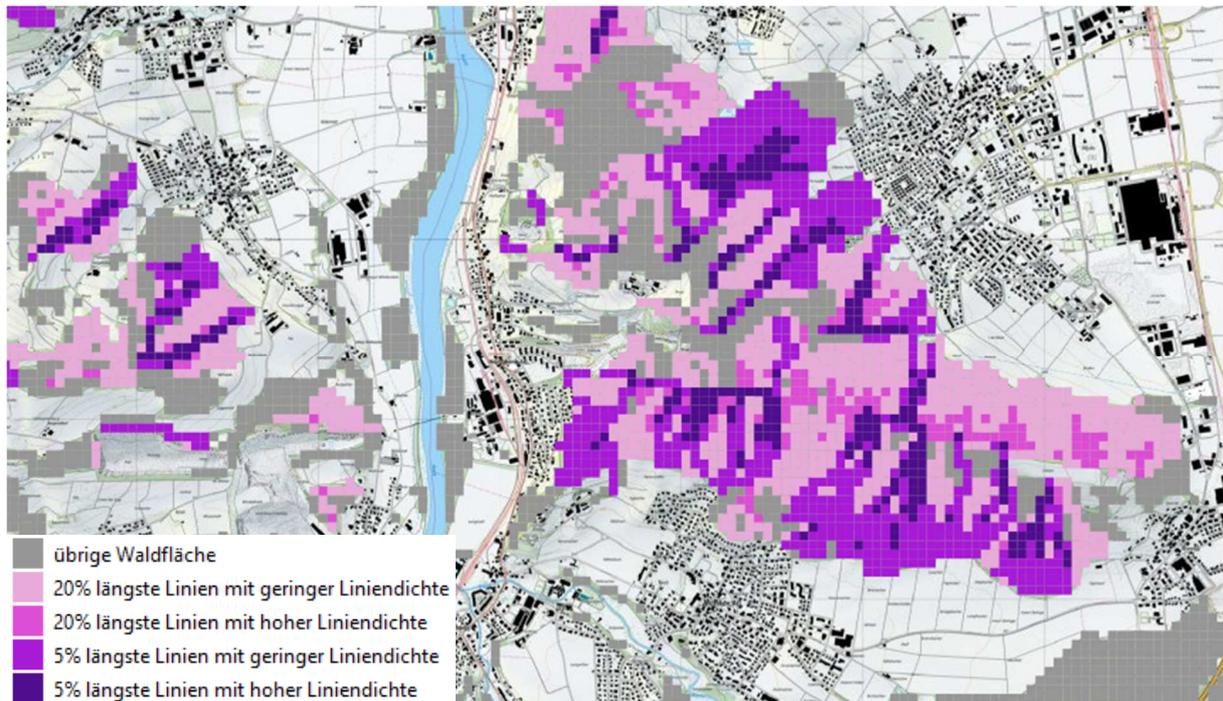


ABB. 18 : KARTENAUSSCHNITT (CHESTENBERG) MIT RESULTAT DES MODELLIERTEN DES WORST-CASE-SZENARIOS.

Für die Worst-Case-Szenarien kann anhand der Länge der jeweiligen Lauflinien die ungefähre Grösse des zu erwartenden Waldbrandes abgeleitet werden. Diese Abschätzungen beruhen auf den Resultaten von Conedera et al (2024). Bei einer Median-Lauflinie von 150 m, wie im Kanton Aargau, liegt die durchschnittliche Grösse der 5 % grössten Brände bei ca. 1.25 ha (+/- 30%). Dies entspricht auch in etwa dem Durchschnitt der 5 % grössten historischen Brände in Kapitel 2.3. Im Aargau bleiben die Waldbrände folglich klein. Im Wallis und im Tessin waren die grössten 5 % der Brände rund 40 ha gross (Conedera et al 2024).

4.3 Fazit Worst-Case-Szenario

Das Worst-Case-Potential gibt darüber Auskunft, wie gross ein Waldbrand werden könnte. Im Kanton Aargau sind die 5 % grössten erwarteten Waldbrände mit rund 1.25 ha vergleichsweise klein. Die Waldbrandgefahr im Kanton Aargau, insbesondere was grössere Brände (>1ha) betrifft, ist eher gering. Dies vor allem aufgrund der Topografie und den vergleichsweise kleinen Waldflächen. Die Waldbrandgefahr wird in Zukunft zunehmen. Die Grösse der potenziellen Waldbrände wird aber gleichbleiben. Gebiete, in denen das Worst-Case-Potential für den Kanton Aargau vergleichsweise hoch ist, werden für die Analyse des Schadenpotentials berücksichtigt.

5 Schutzziel für Erstinterventionen

Mit diesem Kapitel soll gezeigt werden, wo die Feuerwehr wie schnell vor Ort ist. Dies kann einen grossen Einfluss auf die Entwicklung des Waldbrandes haben. Ziel ist es, zu analysieren, ob mit der aktuellen Verteilung der Standorte der Feuerwehr und dem bestehenden Strassennetz die Wälder mit höherem Entzündungs- und Worst-Case Potential ausreichend abgedeckt werden können.

Um zu veranschaulichen, welche Gebiete je Einsatzart von den verfügbaren Standorten der Feuerwehr abgedeckt werden können, wurden sogenannte Isochronenkarten entwickelt.

Für Brandeinsätze sind folgende Richtzeiten gemäß der FKS Konzeption «Feuerwehr 2030» einzuhalten (Tabelle 8). Die Ausrückzeit umfasst dabei die Zeit ab Eintreffen der Alarmmeldung bei den Angehörigen der Feuerwehr (AdF) bis zum Eintreffen der Feuerwehr auf dem Schadenplatz. Sie ist von der Besiedlungsdichte abhängig.

TABELLE 8: AUSTRÜCKZEITEN ERSTEINSATZELEMENT GEMÄSS DER FKS „FEUERWEHR KONZEPTION 2030“

AUSTRÜCKZEIT ERSTEINSATZELEMENT	MAX. ZEITDAUER
Gebiete mit mittleren bis hohen Risiken	10 min
Gebiete mit geringen bis mittleren Risiken	15 min

Die zusätzlich zum Ersteinsatzelement aufgeborenen Fachspezialisten treffen innerhalb der Richtzeiten gemäss Tabelle 9 am Ereignisort ein.

TABELLE 9: ERGÄNZUNG ZUM ERSTEINSATZELEMENT GEMÄSS FKS-KONZEPTION

ZUM ERSTEINSATZELEMENT ERGÄNZENDE FACHSPEZIALISTEN	MAX. ZEITDAUER
zur Unfallrettung auf Strassen	20 min
für Einsätze mit Autodrehleiter/Hubretter in überwiegend dicht besiedelten Gebieten	20 min
für Öl- und Chemiewehren	45 min
für Strahlen- und B-Wehren	120 min

Bei Waldbrand wird eine Ausrückzeit von 30 Minuten als ausreichend angenommen.

5.1 Modellierung

Die im folgenden vorgestellten Isochronenkarten geben Auskunft über die Fahrtzeit zum Ereignisort. Das Verschieben der AdF zum Feuerwehrdepot ist nicht enthalten.

Die Standorte der Feuerwehr im Kanton Aargau stehen nicht digital zur Verfügung, weshalb die verwendeten Standorte nicht immer aktuell sind und die Resultate mit Vorsicht interpretiert werden müssen. Da für diese Analyse auch zu den verfügbaren Mitteln der Feuerwehr an den jeweiligen Standorten keine flächendeckenden Angaben vorhanden waren, ist möglicherweise nicht jeder Standort ausgerüstet, um einen Waldbrand zu bekämpfen. Für die Modellierung wurden je nach Strassentyp branchenübliche Fahrtgeschwindigkeiten angenommen. Für genauere Informationen siehe Anhang 3: Vorgehen Erreichbarkeit

Es ist zu berücksichtigen, dass die vom Modell erzeugten Polygone nicht dem tatsächlich abgedeckten Gebiet in der abgebildeten Zeitspanne entsprechen. Tatsächlich stellen die Polygone die Flächen dar, die die Straßen enthalten, die in dem abgebildeten Zeitintervall erreichbar sind (Abb. 19). Dies führt dazu, dass ein Gebiet zwischen zwei Straßen als bedient erscheinen kann, obwohl es in Wirklichkeit unzugänglich ist. Es wird davon ausgegangen, dass Gebiete bis zu 100 m von einer befahrbaren Strasse zu Fuss abgedeckt werden können. Bei mehr als 100 m wird es aufgrund der Infrastruktur und Distanz schwierig erreichbar. Je höher die Straßendichte, desto besser ist die Abschätzung bezüglich der Erreichbarkeit.



ABB. 19 : BEISPIEL FÜR DIE MODELLIERUNG DER ANFAHRTSZEIT VOM FEUERWEHRDEPOT ZUM EREIGNISORT

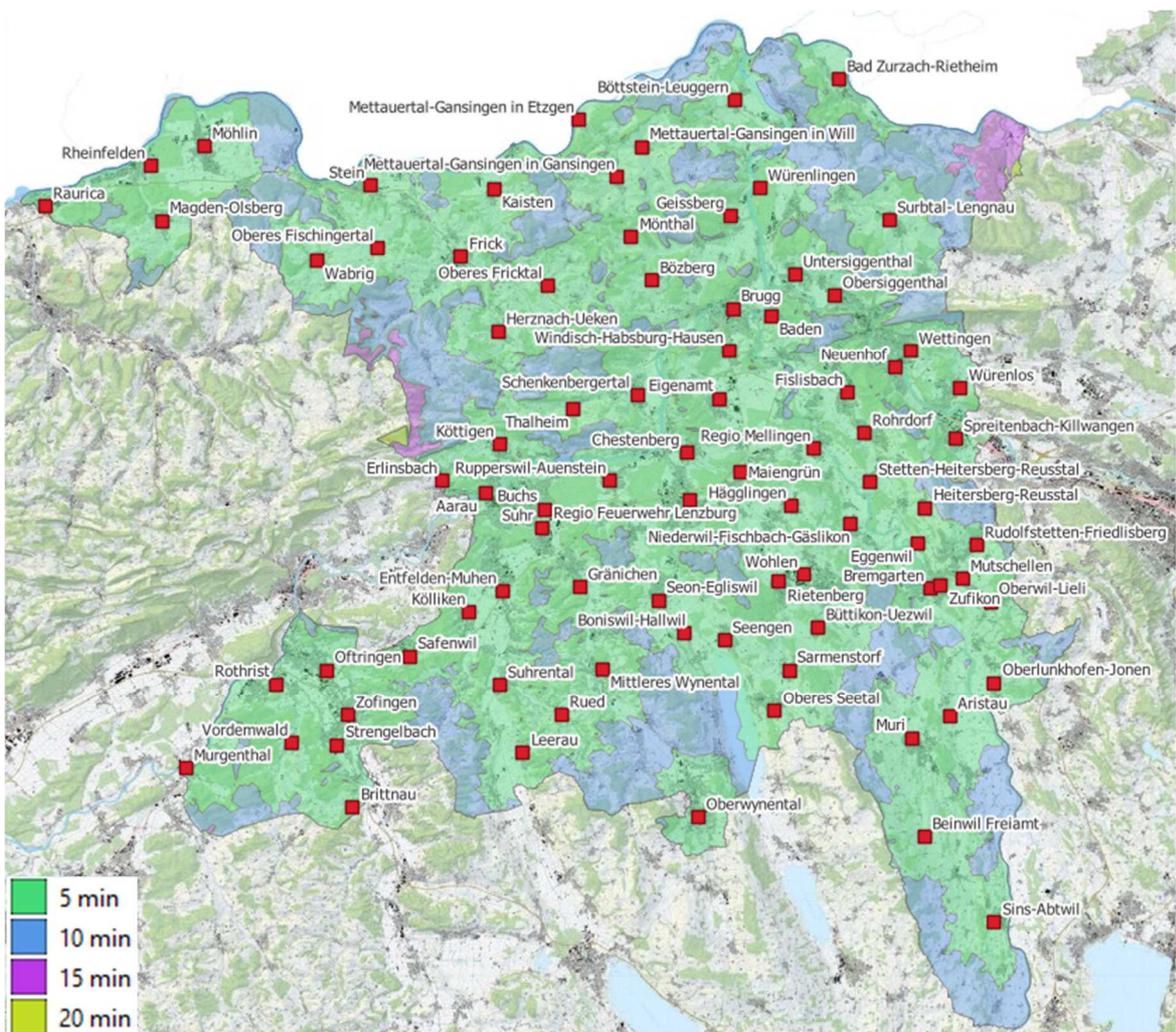


ABB. 20 : ÜBERSICHT ÜBER DIE ANFAHRTSZEITEN VON DEN FEUERWEHRDEPOTS ZUM EREIGNISORT FÜR WALDGEBIETE IM KANTON AARGAU

5.2 Fazit Erreichbarkeit und Schutzziele

Wie bereits erwähnt, können nur vorsichtige Aussagen anhand dieser Analyse gemacht werden, weil die Daten zu den Standorten der Feuerwehr nicht vollständig sind. Grundsätzlich kann aber gesagt werden, dass die Abdeckung im Kanton Aargau sehr gut zu sein scheint. 98% des Kantonsgebiets ist in unter 10 Minuten Anfahrtszeit mit einem Tanklöschfahrzeug erreichbar (ohne Verschiebung zum Feuerwehrdepot). Gemäss nationalen Richtlinien der Feuerwehr sollen dicht besiedelte Gebiete in 5-10 Minuten erreichbar sein (ab Alarmierung der AdF bis zum Eintreffen am Ereignisort, FKS 2030). Einige wenige Gebiete sind in 15-20 min Anfahrtszeit erreichbar. Bei speziell schützenswerten Objekten könnten in diesen Fällen organisatorische Massnahmen von Vorteil sein. In Projekten der EcoEng AG in anderen Kantonen wurden bis zu 30 min als zu erreichende Zeit (Verschiebung zum Feuerwehrdepot und Anfahrt zum Ereignisort) für Waldgebiete festgelegt und dies wird im Kanton Aargau flächendeckend erreicht. Die Orte, die am wenigsten schnell erreichbar sind, sind das Gebiet nördlich von Erlinsbach und das Gebiet um Fisibach im Norden des Kantons. Kurze Recherchen haben ergeben, dass sich im angrenzenden Kanton Zürich keine Feuerwehrstandorte in unmittelbarer Nähe befinden. Aber auch in diesen zwei eher abgelegenen Orten ist die zeitliche Erreichbarkeit immer noch genügend.

Hinzu kommt, dass die Aargauer Wälder sehr gut erschlossen sind und das Wegnetz grösstenteils auch Lastwagen-befahrbar ist. Dies ist essenziell, um die Reichweite des Feuers schnell einzugrenzen.

6 Schadenpotential

Durch Waldbrände können direkte Schäden und indirekte Schäden entstehen. Im Rahmen dieses Projektes wurden Gebäude und weitere Infrastruktur wie Hochspannungsleitungen, Strassen, Eisenbahn u.Ä. analysiert, die durch die Nähe zu Gebieten mit erhöhter Waldbrandgefahr potenziell stärker gefährdet sind. Indirekte Schäden können dadurch entstehen, dass ein Wald nach einem Waldbrand nicht mehr die nötige Schutzleistung erbringen kann. Dies kann insbesondere im Schutzwald grössere Auswirkungen haben.

6.1 Vorgehen direktes Schadenpotential

Vorgehen Gebäude

Die Daten von rund 220'000 georeferenzierten Gebäuden wurden ausgewertet. Für einen ersten Überblick über die Daten wurde untersucht, in welchem Abstand zum Wald welche Gebäudekategorien vorkommen und wie hoch der durchschnittliche Versicherungswert ist.

Untersucht wurden alle Gebäude, die maximal 40 m vom Waldrand entfernt sind. Die räumliche Lage eines Gebäudes in Bezug auf den umgebenden Wald ist ein entscheidender Faktor bei der Beurteilung der Gefährdung durch Waldbrände, daher müssen sowohl die Entfernung als auch die relative Lage (Lage des Gebäudes hangaufwärts oder hangabwärts des Waldes) berücksichtigt werden. Typischerweise klettert das Feuer aufgrund der kombinierten Wirkung von Vorwärmung und Kamineffekt schnell die Hänge hinauf. Dadurch sind die bergseitigen Gebäude stärker der Gefahr ausgesetzt. Im Gegensatz dazu wandern Brände langsamer den Hang hinunter und bieten potenziell mehr Zeit für Intervention und Evakuierung. Dies wurde für die Analyse ebenfalls berücksichtigt, indem das Zentrum des Puffers um die Gebäude neigungsabhängig gemacht wurde. Für genauere Angaben siehe Anhang 4: Vorgehen Schadenpotential.

Basierend auf diesen Analysen wurden Heatmaps erstellt, die zeigen, wo am meisten Gebäude nahe eines Waldes sind, wo sich am meisten Gebäude in der Nähe eines Waldes mit erhöhtem Entzündungspotentials befinden und wo der Versicherungswert der Gebäude in Waldesnähe am höchsten ist.

Um speziellen Situationen Rechnung zu tragen, wurden Gebäude und die weitere Infrastruktur auch qualitativ untersucht. Spezielle Fälle, wie z.B. Industrie, Gesundheitseinrichtungen und Freizeitanlagen oder weitere Infrastruktur sehr nahe am Wald und/oder in entzündungsgefährdeten Gebieten, sind in den Resultaten dokumentiert.

Ergänzungen Vorgehen weitere Infrastruktur

Unter weiterer Infrastruktur werden hier die Datensätze der Swisstopo zu Strassen, Eisenbahn, Stromleitungen, Versorgungspunkte, Verkehrsarealen, Verkehrsbauten, Freizeitarealen und Nutzungsarealen sowie die Kernkraftwerke verstanden. Das Vorgehen entspricht weitestgehend demjenigen für die Gebäude.

6.2 Resultate und Diskussion direktes Schadenpotential

Überblick über die Gebäude

Von den insgesamt rund 220'000 Gebäuden sind rund 65 % Wohngebäude und machen damit den Grossteil der Gebäude aus. Weitere 20 % sind Kleinbauten. Andere Gebäudekategorien machen somit nur 15 % der Gebäude aus (Abb. 50).

Wenn man die Gebäudekategorien in Abhängigkeit zu ihrer Distanz zum Wald betrachtet, sieht man hingegen, dass es sich gerade bei Gebäuden, die sich auf Waldareal befinden, vorwiegend um öffentliche Gebäude, Gewerbe oder landwirtschaftlich genutzte Gebäude handelt (Abb. 21). Zu den öffentlichen Gebäuden im Wald gehören z.B. Kapellen, Bunker/militärische Anlagen, Hütten (Wald, Fischerei, Pfadi, Jagd, u.Ä.), Forstwerkhöfe und Scheibenstände. Der Anteil an Wohngebäuden nimmt aber bereits ab der Waldgrenze zu. Ein Abstand von 0 m zum Wald bedeutet bis 0 Meter (die Gebäude sind also im Waldgebiet oder schneiden dieses zumindest). Ein Abstand von 5 m bedeutet 0 bis 5 m Abstand zum Wald und so weiter.

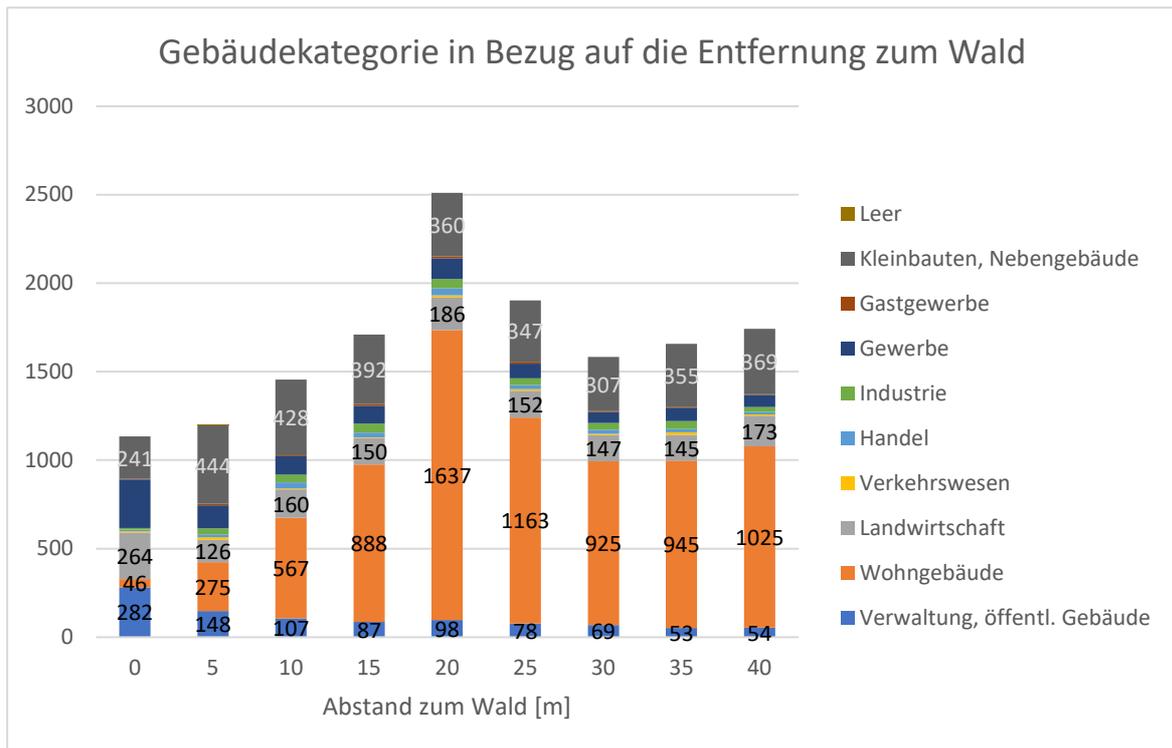


ABB. 21: ANZAHL DER OBJEKTE PRO KATEGORIE UND DISTANZ ZUM WALD

Der Gesamtwert der versicherten Gebäude in der Nähe des Waldes ist eher gering und erreicht bis 20 m Distanz einen Höchstwert (Abb. 22). Der gesetzliche Waldabstand im Kanton Aargau liegt bei 18 m. Der Höchstwert bei 15-20 m kann also als Folge des gesetzlichen Waldabstandes und der möglichst guten Ausnutzung der Siedlungsfläche gewertet werden.

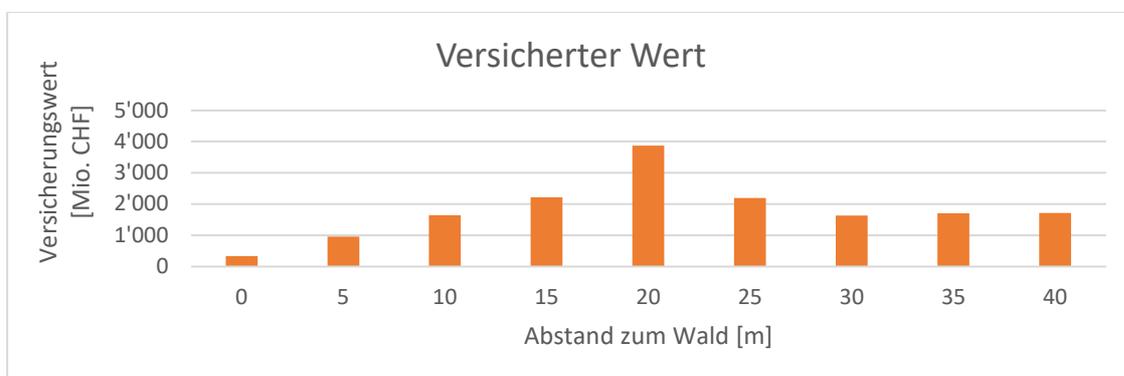


ABB. 22: VERSICHERTER WERT NACH WALDABSTAND

Beispiel Resultat potenziell stärker gefährdete Gebäude

In Abb. 23 ist ein Beispiel für die Analysen auf Gebäudeebene abgebildet. Im linken Teil sind die Gebäude mit max. 40 m Entfernung zum Wald entsprechend dem Entzündungspotential «leicht erhöht» oder «erhöht» im am nächsten gelegenen Wald eingefärbt. Im rechten Teil der Abbildungen sind alle Gebäude dunkelviolett eingefärbt, die max. 40 m von einem «erhöhten» Entzündungspotential sind, das Lauflinien ab 670 m (5% längste) enthält.

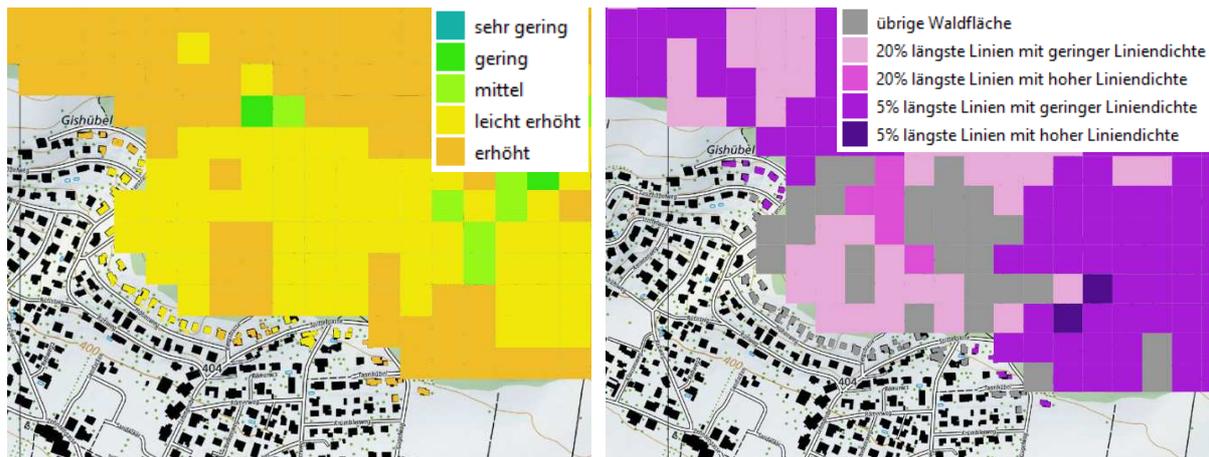


ABB. 23: KARTENAUSSCHNITT (CHESTENBERG, GISHÜBEL) MIT RESULTAT DER MODELLIERTEN GEFÄHRDUNG DER GEBÄUDE. LINKS: ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL UND RECHTS WORST-CASE-SZENARIO.

Wie im Vorgehen beschrieben (Anhang 4, Kapitel 11.4), ist in der Attributtabelle der Gebäude vermerkt, ob es «leicht erhöhtes» bis «erhöhtes» Entzündungspotential in der Nähe hat und ob es «erhöhtes» Entzündungspotential kombiniert mit dem Worst-Case-Szenario gibt. Die Resultate dieser Analysen wurden verwendet, um die Beispiele der speziellen Fälle herauszusuchen.

Spezielle Gebäude und Infrastruktur mit Waldbrandrisiko

Im Folgenden werden einige Objekte aufgeführt, die in oder nahe an Wald mit leicht bis erhöhtem Waldbrandpotential liegen. Waldhütten werden nicht speziell aufgeführt.

Die Lokalisierung der aufgeführten Objekte stammt von google maps und swisstopo.

I. Gebäude allgemein

TABELLE 10: EINORDNUNG DER GEFÄHRDUNG WALDESNAHER BAUTEN ALLGEMEIN

Objekt	Entzündungspotential	Worst-Case Potential	Abstand zum Wald	Position im Gelände	Evakuierung
Landenhof (Schule für Schwerhörige), Unterentfelden	leicht erhöht	gering	> 10 m	unterhalb Wald	zeitaufwändig
KEBA, Aarau	gering	sehr gering	< 10 m	unterhalb Wald, flach	schnell
Schloss Brunegg, Brunegg	leicht erhöht	gering	< 10 m	oberhalb Wald	schnell bis ressourcenintensiv
PSI, Villigen (Teil im Wald Richtung Würenlingen)	mittel	sehr gering	< 10 m	oberhalb Wald	schnell

Der Landenhof ist relativ nahe an potentiell brandgefährdetem Wald. Weil er jedoch topografisch unterhalb des Waldes liegt, ist er nicht per se gefährdet, sondern nur bei entsprechender Windrichtung. Die KEBA Aarau ist sehr nahe am Wald, der brandgefährdete Waldteil ist jedoch eher klein und nicht unmittelbar angrenzend an die KEBA. Das Schloss Brunegg befindet sich oberhalb eines brandgefährdeten Waldes, etwas grössere Brände sind nicht auszuschliessen. Je nach Nutzung Beschaffenheit des Schlosses muss ihm eine andere Priorität gegeben werden. Dicke Schlossmauern scheinen nicht allseitig vorhanden

zu sein. Bei einem Schloss liegt jedoch die Vermutung nahe, dass dicke Gebäudemauern das Gebäude schützen. Teile des PSI liegen mitten im Wald, weshalb es hier erwähnt wird. Die Brandgefährdung ist aber nicht speziell erhöht.

II. Campingplätze

TABELLE 11 : EINORDNUNG DER GEFÄHRDUNG WALDESNAHER CAMPINGPLÄTZE

Objekt	Entzündungs-potential	Worst-Case Potential	Abstand zum Wald	Position im Gelände	Evakuierung
Heliosport, Chläbmatte Auenstein	<i>erhöht</i>	<i>gering</i>	<i>< 10 m</i>	<i>oberhalb Wald</i>	<i>Schnell bis ressource nintensiv</i>
Waldesruh, Mettau	<i>erhöht</i>	<i>gering</i>	<i>< 10 m</i>	<i>unterhalb Wald</i>	<i>schnell</i>

Der Heliosport Chläbmatte ist umgeben von Wald mit erhöhtem Waldbrandpotential. Die Gefahr für grössere Brände ist hangaufwärts des Campingplatzes grösser. Der Camping Waldesruh grenzt an einen Wald mit erhöhtem Waldbrandpotential, er befindet sich jedoch neigungsabwärts.

III. Nutzungsareale

TABELLE 12 : EINORDNUNG DER GEFÄHRDUNG WALDESNAHER NUTZUNGSAREALE

Objekt	Entzündungs-potential	Worst-Case Potential	Abstand zum Wald	Position im Gelände	Evakuierung
Spitalareal KSB in Dättwil	<i>leicht erhöht</i>	<i>sehr gering</i>	<i>> 20 m</i>	<i>oberhalb Wald</i>	<i>zeitaufwändig</i>
Rehazentrum Rheinfelden	<i>gering</i>	<i>sehr gering</i>	<i>> 10 m</i>	<i>flach</i>	<i>zeitaufwändig</i>

Das Spitalareal KSB Dättwil liegt an erhöhter Lage oberhalb eines Waldes mit erhöhtem Waldbrandpotential. Das Worst-Case-Potential ist jedoch gering. Das Bezirksspital Rheinfelden befindet sich in einem sehr flachen Gebiet, wodurch die Gefährdung als gering eingestuft wird.

Es sind potenziell auch einige Reben, Obstanlagen und Friedhöfe, Steinbruchareale und Historische Areale betroffen, die hier jedoch nicht genauer untersucht wurden.

IV. Freizeitareale

TABELLE 13 : EINORDNUNG DER GEFÄHRDUNG WALDESNAHER FREIZEITAREALE

Objekt	Entzündungspotential	Worst-Case Potential	Abstand zum Wald	Position im Gelände	Evakuierung
Zooareal Wildpark Heitern in Zofingen	<i>erhöht</i>	<i>möglich</i>	<i>teilweise < 10 m</i>	<i>unterhalb Wald</i>	<i>schnell</i>
Zooareal Tierpark Bad Zurzach	<i>leicht erhöht</i>	<i>sehr gering</i>	<i>teilweise < 10 m</i>	<i>unterhalb Wald</i>	<i>schnell</i>
Wildpark Roggenhausen	<i>mittel</i>	<i>möglich</i>	<i>teilweise < 10 m</i>	<i>unterhalb Wald</i>	<i>schnell</i>

Diese Areale liegen in einem Gebiet mit erhöhtem Entzündungspotential. Der Tierpark Bad Zurzach ist umgeben von Wald in einer Talsenke. Der Wildpark Heitern befindet sich an leicht erhöhter Lage, grenzt aber nur an einer schmalen, östlichen Seite an Wald. Der Wildpark Roggenhausen liegt in einem Talkessel in einer Waldumgebung, die teilweise erhöhtes Entzündungspotential, sowie ein Potential für grössere Brände aufweist.

V. Hochspannungsleitungen

Hochspannungsleitungen verlaufen gemäss qualitativer Analyse nicht durch besonders gefährdete Gebiete. Zudem verlaufen sie in der Regel nicht entlang der Käme, sondern eher im Tal und durch eher kleine Waldgebiete. Auch die geplante Hochspannungsleitung zwischen Niederwil und Obfelden ist da keine Ausnahme. Die am ehesten kritischen Fälle sind die Hochspannungsleitungen, die von den Jurazügen nördlich von Aarau in Richtung Frick verlaufen.



ABB. 24: IN GELB (LEICHT ERHÖHT) UND ORANGE (ERHÖHT) SIND STARKSTROMLEITUNGEN, DIE DURCH WALDGEBIETE MIT EINEM LEICHT ERHÖHTEN BIS ERHÖHTEN ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL FÜHREN (AUSSCHNITT ZEIGT DEN NÖRDLICHEN KANTONSTEIL). IN GRAU SIND ALLE ÜBRIGEN STARKSTROMLEITUNGEN.

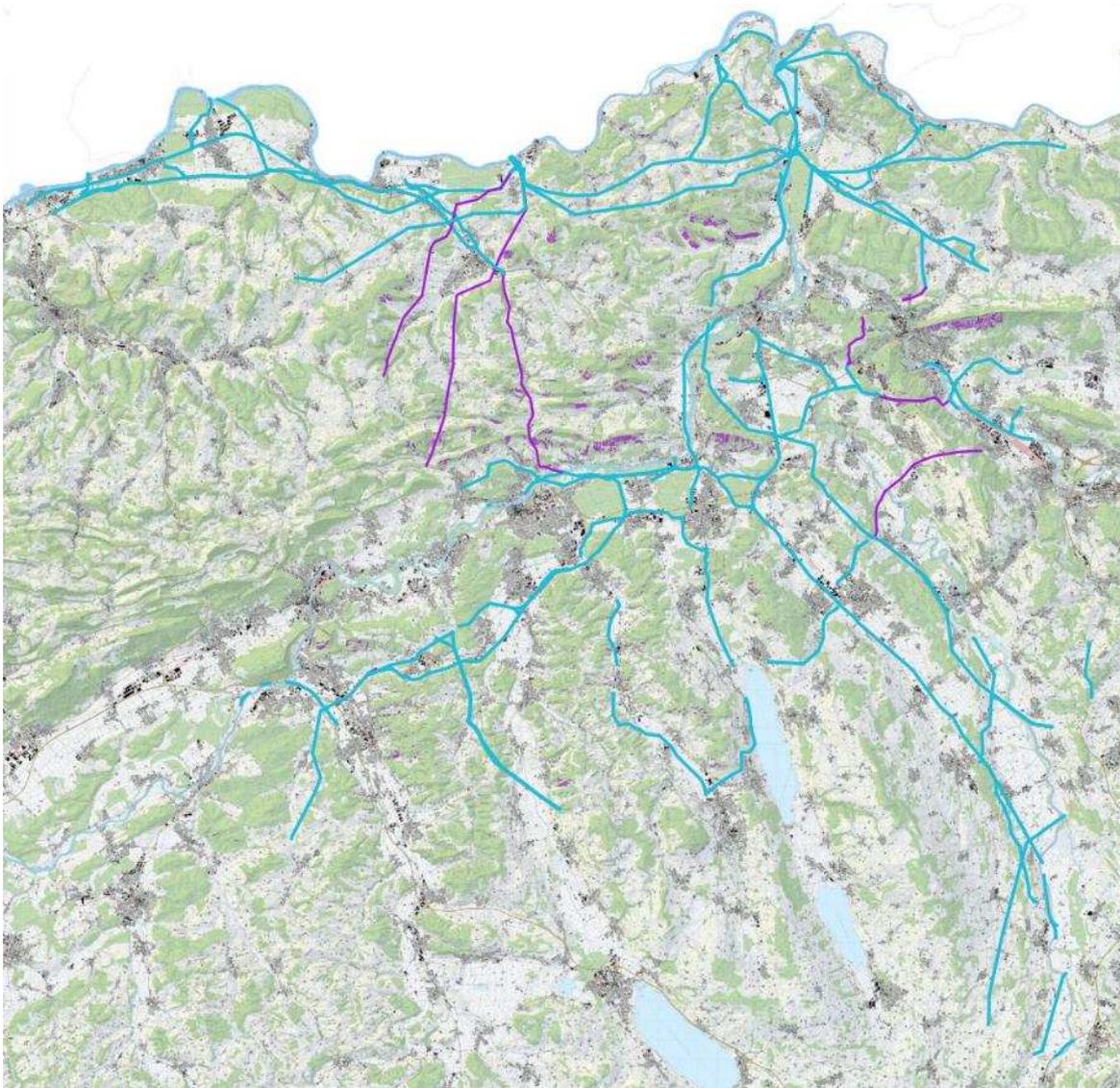


ABB. 25 : IN VIOLET SIND STARKSTROMLEITUNGEN, DIE DURCH WALDGEBIETE MIT EINEM LEICHT ERHÖHTEN BIS ERHÖHTEN ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL FÜHREN IN DENEN GRÖSSERE BRÄNDE GEMÄSS WORST-CASE-SZENARIO MÖGLICH WÄREN. IN BLAU SIND ALLE ÜBRIGEN STARKSTROMLEITUNGEN.

VI. Strassen

Auch bei den Strassen gibt es keine sehr stark gefährdeten Abschnitte, da sie auch meist unterhalb von Waldflächen und in Tälern verlaufen oder weil die Wälder, die sie kreuzen, sehr klein oder flach sind. Am ehesten gefährdet sind die Strecken auf die Salhöhe und auf den Burersteigpass. Dort ist sowohl das Entzündungspotential erhöht als auch ein Potential für ein Worst-Case-Szenario vorhanden und die Strassen verlaufen über längere Abschnitte in einem zusammenhängenden Waldstück.

VII. Eisenbahn

Für die Eisenbahninfrastruktur wird ebenfalls keine grosse direkte Gefahr infolge Waldbrandes gesehen. Es gibt eine Eisenbahnstrecke, die sich in und oberhalb von einem Waldstück mit erhöhtem Entzündungspotential befindet, das kleinflächig auch ein gewisses Worst-Case-Potential aufweist. Es handelt sich um den Streckenabschnitt oberhalb von Wallbach. Er ist Teil der Bözbergstrecke. Diese wird grösstenteils für Güterzüge genutzt, es fahren jedoch auch immer wieder Personenzüge auf dieser Strecke. Im Gegensatz zu

Autos kann ein Zug durch Funken auch einen Waldbrand auslösen. Dies kommt zwar selten vor, ist aber nicht zu vernachlässigen bei der Priorisierung in sehr trockenen Zeiträumen.

VIII. Versorgungsbauten

Mit Versorgungsbauten sind grosse und kleine Antennen gemeint. Von diesen gibt es einige, die auf potentiell gefährdeten Stellen gebaut sind. Zum Beispiel: Wasserflue, Striegüpfel, Burghalde, Egghalde bei Mettau, Burghorn auf der Lägern u.a.

IX. Verkehrsbauten

Von den Verkehrsbauten befinden sich nur Perrons in Waldesnähe. Keine Situation lässt aber vermuten, dass eine spezielle Gefährdung durch Waldbrand besteht.

X. Verkehrsareale

Von den Verkehrsarealen gibt es zwei Parkplätze (östlich von Barmelweid und auf der Salhöhe), die sowohl in einem Gebiet mit erhöhtem Entzündungs- als auch Worst-Case-Potential liegen.

XI. Kernkraftwerke

Die Kernkraftwerke befinden sich in angemessenem Abstand zum Wald und in flacher Lage. Eine Bedrohung durch Waldbrand ist unwahrscheinlich.

Heatmaps

Anzahl Gebäude mit ≤ 40 m Waldabstand, gewichtet nach Entzündungspotential des nächstgelegenen Waldes

Die Anzahl der Gebäude mit einem max. Abstand von 40 m zum Wald ist in der Nähe der Städte am höchsten (Baden, Brugg, Lenzburg, Aarau, Bremgarten und Zofingen; s. Abb. 52 im Anhang). Es gibt aber auch einige eher ländliche Gebiete entlang des Rheins, im Wynental oder nahe Murgenthal, in denen sich viele Gebäude in der Nähe eines Waldes mit höherem Entzündungspotential befinden.

Die Städte bleiben am auffälligsten, wenn man die Anzahl der Gebäude mit maximal 40 m Distanz zu einem Wald nach dem Entzündungspotential des nächstgelegenen Waldes gewichtet (Abb. 26). Das Gebiet im Wynental wird jedoch prominenter und die Gebiete am Rhein treten eher zurück.

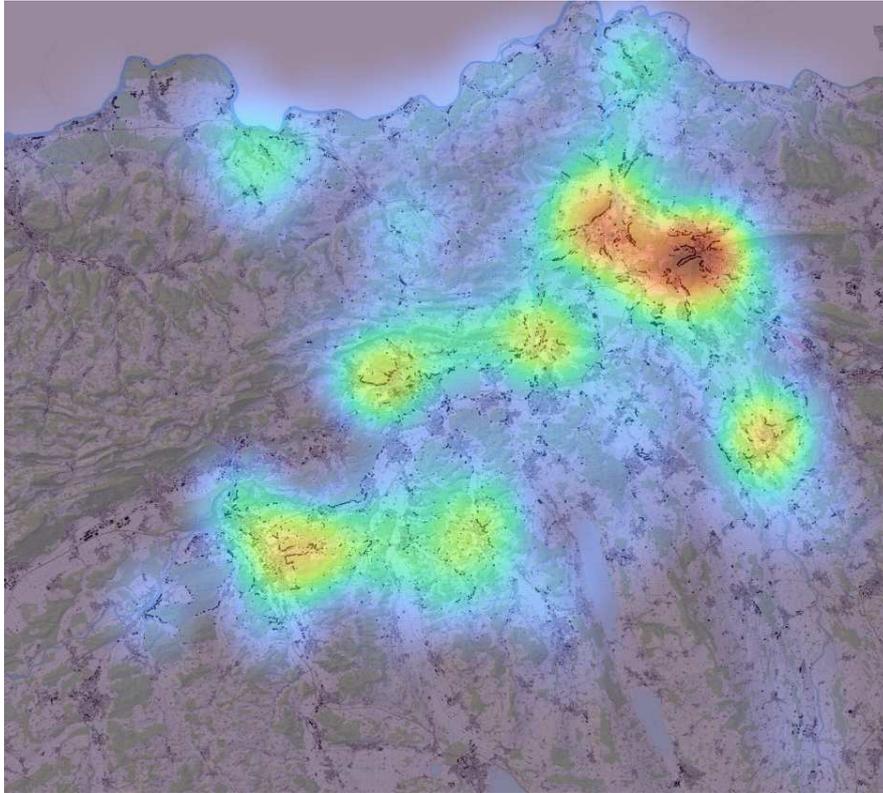


ABB. 26: HEATMAP DER ANZAHL GEBÄUDE MIT MAXIMAL 40 M WALDABSTAND GEWICHTET NACH ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL DES NÄCHSTGELEGENEN WALDES. AUSSCHNITT KANTON AARGAU.

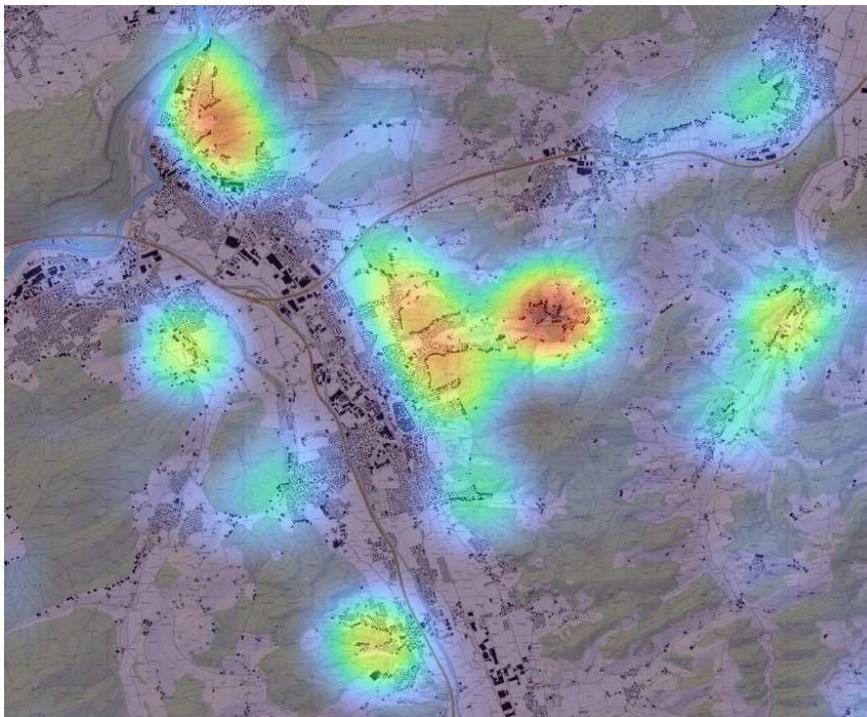


ABB. 27: HEATMAP DER ANZAHL GEBÄUDE MIT MAXIMAL 40 M WALDABSTAND GEWICHTET NACH ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL DES NÄCHSTGELEGENEN WALDES. AUSSCHNITT UM ZOFINGEN. DAS GEBIET UM DIE «OELTROTTE» STICHT NOCH ETWAS MEHR HERAUS.

Gebäudewert ≤ 40 m Waldabstand

Interessant ist auch das Resultat, wenn man den Versicherungswert der Gebäude mit max. 40 m Abstand zum Wald betrachtet (Abb. 28). Viele der Städte werden verhältnismässig weniger wichtig.

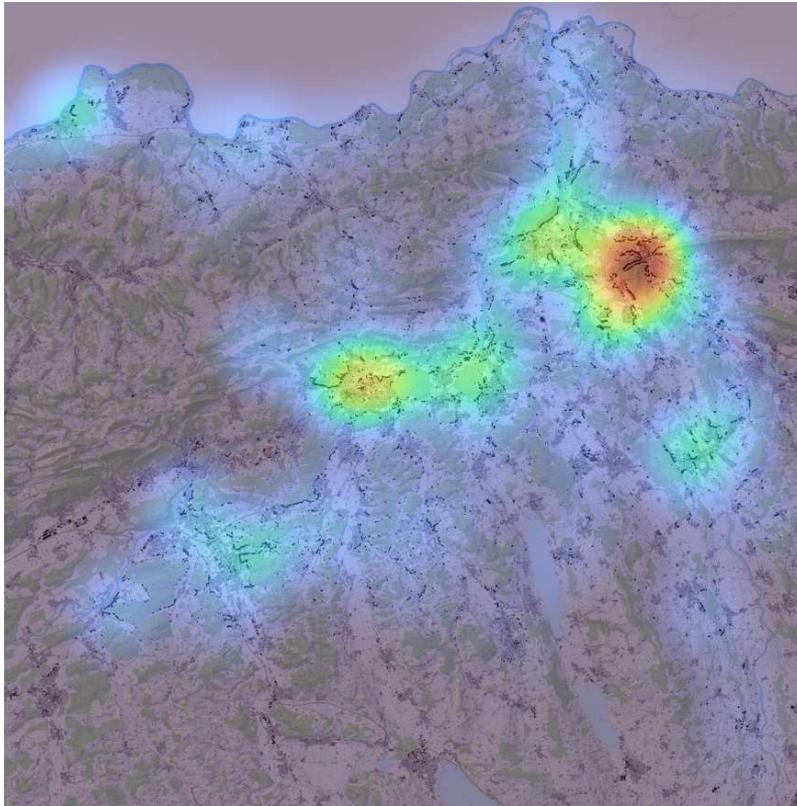


ABB. 28: HEATMAP DER ANZAHL GEBÄUDE MIT MAXIMAL 40 M WALDABSTAND GEWICHTET NACH VERSICHERUNGSWERT DER GEBÄUDE. AUSSCHNITT KANTON AARGAU.

Prioritäre Gebiete aufgrund des Entzündungspotentials und potentieller Grösse der Waldbrände (Kombination aus Entzündung und Worst-Case-Potential)

Wenn man nach Entzündungspotential und potenzieller Grösse der Waldbrände (Worst-Case) gewichtet, werden «Hotspots» sichtbar: Remigen, Baden – Dättwil, Chestenberg, Jurasüdhang um Biberstein, Zofingen und Unterkulm (Abb. 28). Es handelt sich meist nur um wenige Gebäude oder allenfalls eine Gebäudereihe am Waldrand (Abb. 29).

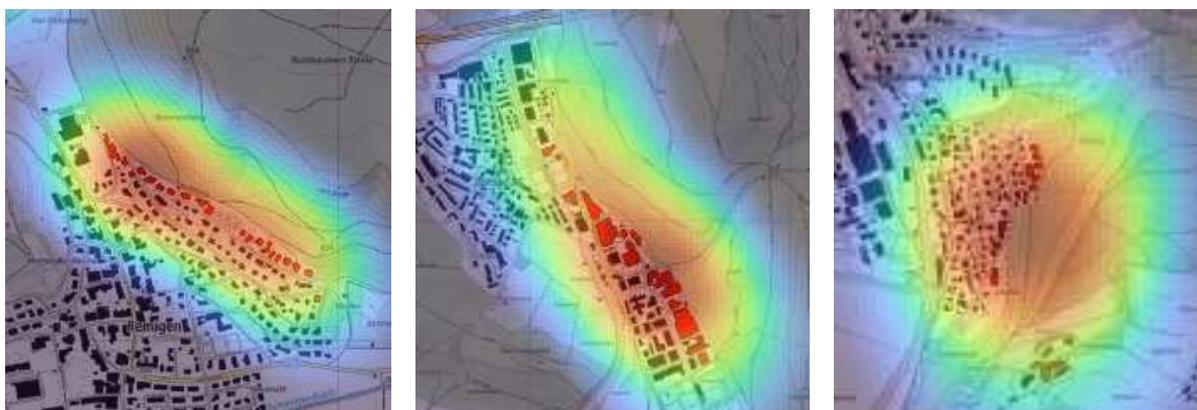


ABB. 29: HEATMAP DER ANZAHL GEBÄUDE MIT MAXIMAL 40 M WALDABSTAND GEWICHTET NACH ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL DES NÄCHSTGELEGENEN WALDES UND DER POTENZIELLEN WALDBRANDGRÖSSE. AUSSCHNITTE V.L.N.R.: REMIGEN, BADEN – DÄTTWIL, HOLDERBANK

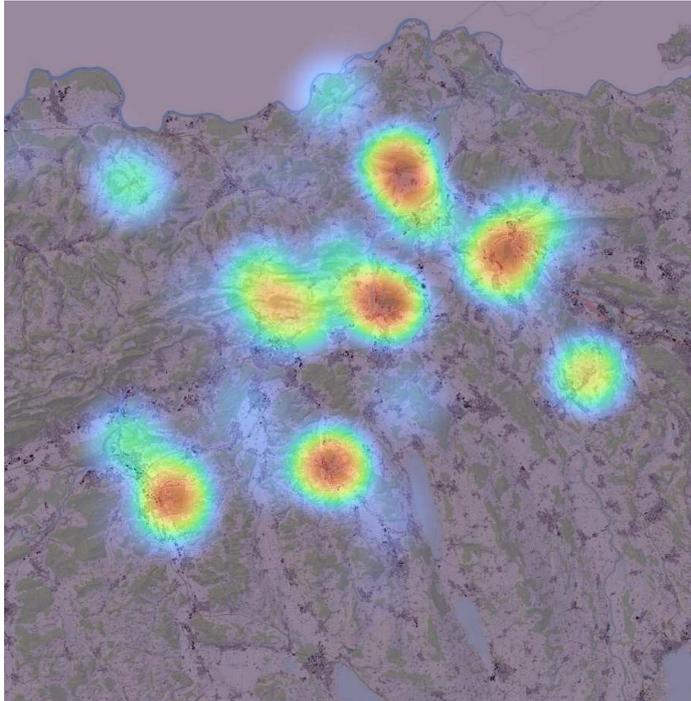


ABB. 30: HEATMAP DER ANZAHL GEBÄUDE MIT MAXIMAL 40 M WALDABSTAND GEWICHTET NACH ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL DES NÄCHSTGELEGENEN WALDES UND DER POTENZIELLEN WALDBRANDGRÖSSE. AUSSCHNITT KANTON AARGAU.

6.3 Vorgehen indirektes Schadenpotential

Nach einem Waldbrand erfüllt der Wald möglicherweise seine Schutzfunktion nicht mehr oder nicht mehr in gleichem Masse wie vor dem Brand. Dies kann insbesondere dann gravierende Auswirkungen haben, wenn ein Schutzwald betroffen ist. Um einem Schutzverlust bestmöglich vorzubeugen und betroffene Schutzwälder bei Eingriffen zu priorisieren oder auch weitere Massnahmen für den Ernstfall zu treffen, wurde analysiert, in welchen Schutzwäldern die Gefahr eines Waldbrandes erhöht ist.

Betrachtet wurden sowohl Steinschlagschutzwälder und gerinnerelevante Schutzwälder als auch Schutzwälder gegen Murgänge. Alle drei Typen wurden gleich behandelt und bezüglich dem Waldbrandpotential untersucht. Für jeden Schutzwald wurde der Median des Standortpotentials, des Entzündungspotentials und des Worst-Case-Szenarios über die Gesamtfläche des Schutzwaldes berechnet. Der Aargau weist ca. 3'000 ha Schutzwald aus (ca. 6 % der Waldfläche). In dieser Modellierung fallen 8.75 % der Waldfläche in die Kategorie Schutzwald. Diese Überschätzung kommt dadurch zustande, dass die Waldfläche für die Modellierung in 50x50m Kacheln aufgeteilt wurde und jeweils die ganze Kachel als Schutzwald gewertet wurde, auch wenn sie nur teilweise Schutzwald ist.

6.4 Resultate und Diskussion indirektes Schadenpotential

In Abb. 31 ist ein Ausschnitt aus der Modellierung des Entzündungspotentials in Schutzwäldern abgebildet. Alle Resultate dazu sind als Geodaten vorhanden.

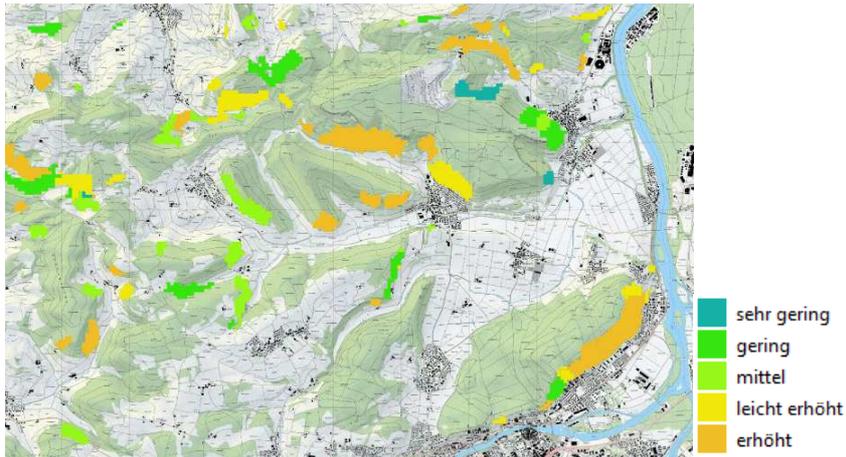


ABB. 31: KARTENAUSSCHNITT DER MODELLIERTEN ENTZÜNDUNGSPOTENTIALE FÜR DEN SCHUTZWALD

Gemäss den Modellierungen ist der Schutzwald tendenziell waldbrandgefährdeter als der übrige Wald. Der Mittelwert des Standorts- sowie des Entzündungspotentials ist ungefähr doppelt so hoch wie auf der übrigen Waldfläche. Dies ergibt Sinn, wenn man bedenkt, dass der Schutzwald eher in steilen Gebieten ausgeschieden wird. Anhand der Modellierungen für das Worst-Case-Szenario liegt der Schutzwald aber nicht ganz so oft in den Gebieten mit Potential für grosse Waldbrände. Dies könnte daran liegen, dass die Lauflinien, die als Basis für das Worst-Case-Szenario dienen, auf den Kreten zusammenlaufen und die Schutzwälder eher unterhalb in der Nähe der Siedlungen ausgeschieden wurden.

6.5 Fazit und Handlungsempfehlungen Schadenpotential

Nur wenige Gebäude und Infrastrukturen befinden sich in Gebieten, in denen das Entzündungs- sowie Worst-Case-Potential erhöht sind. Wiederum ein grosser Teil davon befindet sich unterhalb des jeweiligen Waldes, oder neben eher kleinen, unzusammenhängenden Wäldern. Es ist wichtig die aufgeführten Objekte im Fall eines Brandes zu beachten und je nach Situation weitere präventive Massnahmen zu treffen (z.B. Sensibilisierung, Ausbildung). Im Falle eines Feuers werden gemäss der Priorisierung der Feuerwehr Koordination Schweiz (FKS) zuerst Personen, dann Tiere, dann Umwelt und dann Sachwerte geschützt. Der Schutzwald wäre bei der Umweltschutz einzuordnen, soll aber gegenüber dem übrigen Wald prioritär betrachtet werden.

7 Fallbeispiele

Um das Vorgehen bei einem Waldbrand zu illustrieren, wurden drei fiktive Beispiele gewählt. Die Auswahlkriterien umfassten Wälder mit leicht erhöhtem bis erhöhtem Entzündungspotential, ein Potential für grössere Waldbrände, sowie potentiell gefährdete Schutzgüter (Siedlungen, Infrastruktur) und/oder Schutzwald.

Die Szenarien finden an einem weiteren warmen und trockenen Tag Ende Juli statt, nachdem es bereits seit drei Wochen trocken und warm geblieben ist. Am Nachmittag kommt ein Südwestwind von etwa 45 km/h auf.

Als Grundlage für die gewählten Beispiele wurden zusätzlich zu den Resultaten aus diesem Projekt die Bestandeskarten des jeweiligen Gebiets konsultiert.

Der Kanton Aargau ist generell sehr gut erschlossen, sodass die Brandbekämpfung fast überall mit dem Tanklöschfahrzeug (TLF) durchgeführt werden kann. Ein Helikoptereinsatz ist empfehlenswert, wenn 1) keine Erschliessung vorhanden ist (sehr steiles, steiniges Gelände), 2) sich keine Wasserbezugsorte für TLF in der Nähe befinden oder 3) es für die Einsatzkräfte schwierig ist sich zu Fuss fortzubewegen (z.B. Achenberg, nördlich von Aarau).

Für die Einsatzvorbereitung kann der Atlas verwendet werden (vgl. Kapitel 9.2). Er enthält Angaben zur vorhandenen Erschliessung, Luftfahrthindernissen, Feuerstellen, Gebieten mit steiler Hangneigung und vorhandenen Schutzwäldern.

7.1 Fallbeispiel Remigen

Der Wald (inklusive Steinschlagschutzwald) oberhalb Remigen weist ein erhöhtes Entzündungspotential, auf und grössere Brände sind möglich (vergleiche Analysen Entzündungspotential und Worst-Case-Potential, Abb. 32). Je nach Windrichtung und Brandentwicklung könnten bei einem Feuer Wohnhäuser und Industrie zu Schaden kommen. Wenn der Schutzwald grösseren Schaden nimmt, kann dies auch längerfristig negative Auswirkungen auf die Schutzgüter haben.

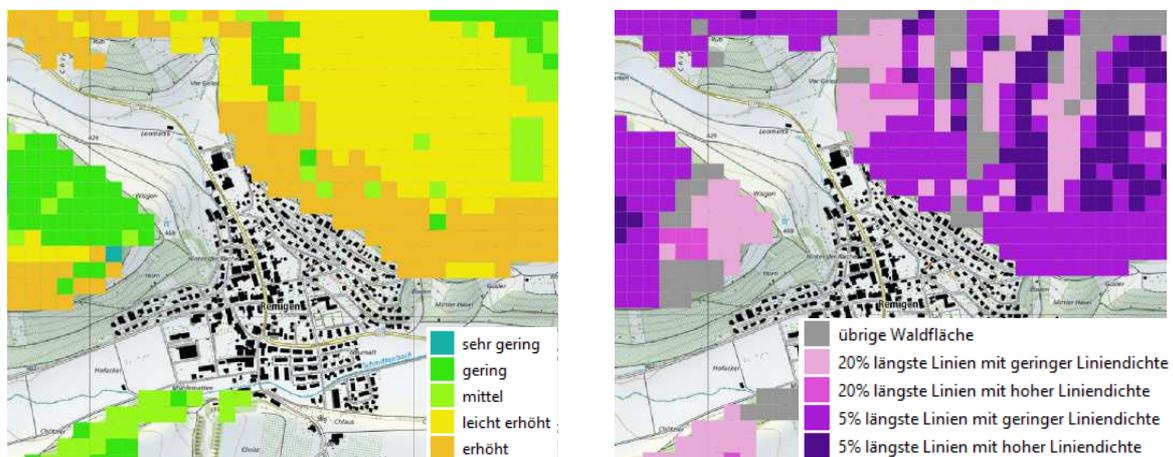


ABB. 32: ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL (LINKS) UND WORST-CASE-POTENTIAL (RECHTS)

Der Wald besteht vorwiegend aus Laubbäumen von meist 20-40 cm Durchmesser (vereinzelt bis 50 cm Durchmesser). Die Bestände sind vorwiegend einschichtig und gedrängt. Anhand der Bestandesstruktur (Unterwuchs und kleine Bäume vorhanden, Kronenschluss gedrängt bis normal) kann man davon ausgehen, dass die Kontinuität des brennbaren Materials gut ist, was einen Brand begünstigen würde.

Für dieses Fallbeispiel wurde angenommen, dass Brand in der Industrie nord-westlich von Remigen ausbricht. Für die Abschätzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Falle eines Waldbrandes kann die Tabelle aus Kapitel 9.3 verwendet werden. Es sind Angaben zur Neigung und zur Windgeschwindigkeit nötig. Im Bereich des Schutzwaldes (vgl. Abb. 33) ist die Neigung steil (über 60%) und flacht dann ab (Plateau). Die Feuerwehr hat einen Anfahrtsweg von maximal 10 Minuten in dieses Gebiet. Die Haltelinie nach 15 oder 30 Minuten Feuerausbreitung ist realistisch. Somit kann ein Teil des Schutzwaldes erhalten

werden (vgl. blaue, gezahnte Linie in Abb. 33). Nach 15 Minuten ist die brennende Fläche knapp 0.5 ha gross, nach 30 Minuten ist sie 2 ha und nach einer Stunde 6 ha gross.

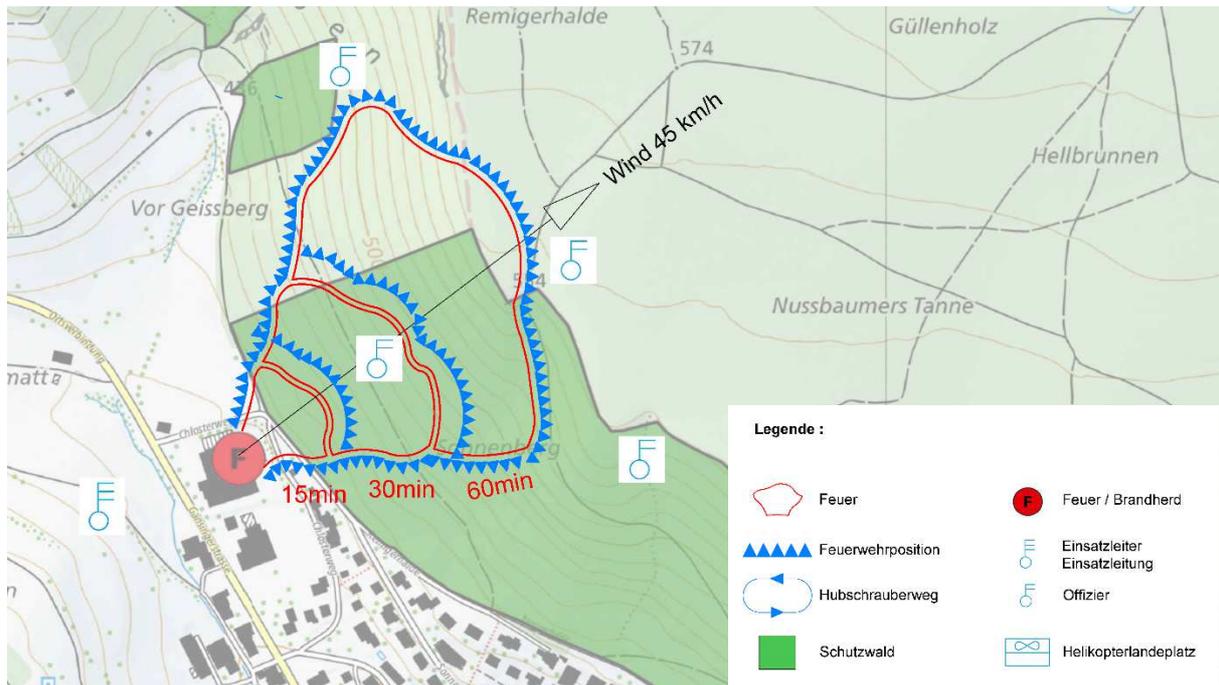


ABB. 33 : AUSBREITUNG DES FEUERS ANHAND DES WINDES (ROTE LINIEN) UND HALTELINIEN (BLAUE, GEZAHNTE LINIE) UND WASSERTRANSPORT (BLAUE LINIE) FÜR DAS FALLBEISPIEL REMIGEN

Die Haltelinien werden situativ vom Einsatzleiter definiert. Die Haltelinien müssen so platziert werden, dass der Waldbrand dort gestoppt werden kann, wo es anhand der Ausbreitung des Feuers realistisch ist. Man soll soweit möglich von der Erschliessung profitieren, ohne eine unnötige Ausbreitung zuzulassen. Deshalb wurde in diesem Fall für das 15 min Szenario eine Haltelinie unterhalb des Maschinenwegs gewählt. Je nach Feuerintensität wird definiert, ob die Haltelinien trocken oder nass sein sollen. Je ein Offizier (inkl. seines Teams) ist verantwortlich für eine Haltelinie und einer ist verantwortlich für das Löschen.

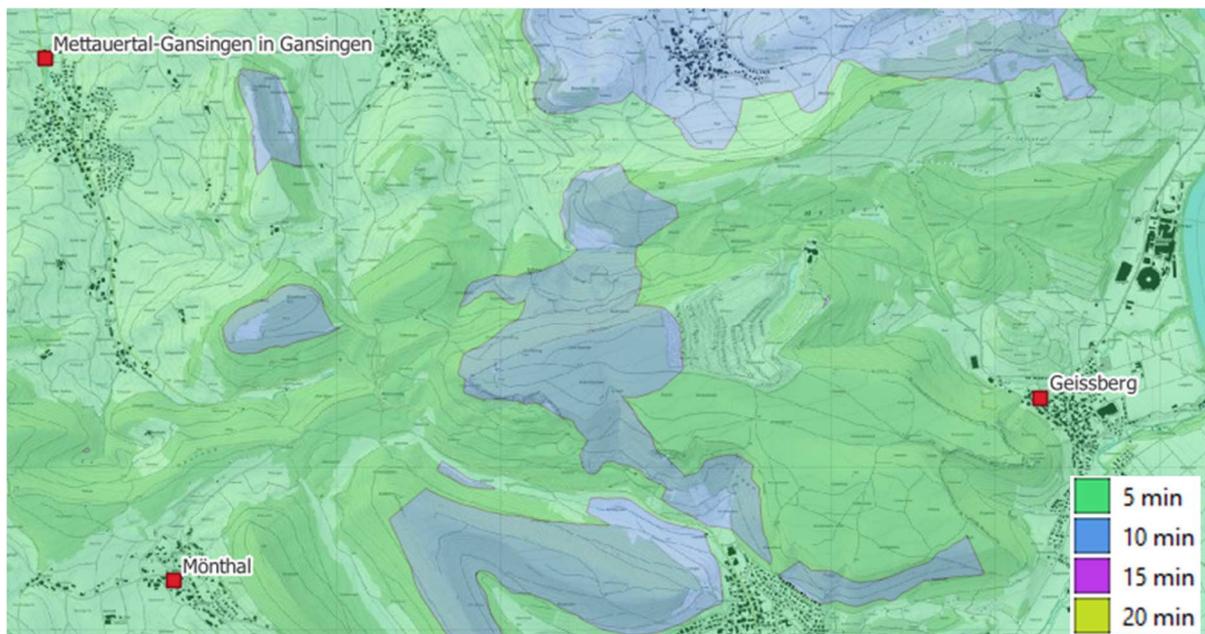


ABB. 34: ERREICHBARKEIT DURCH DIE FEUERWEHR

Die Gebäude in Waldesnähe können durch die Feuerwehr Geissberg am schnellsten erreicht werden. Für eine Haltelinie auf dem Plateau bietet sich ebenfalls die Feuerwehr Geissberg an. Die Feuerwehr Möhntal kann von westlicher Seite unterstützen und die Ausbreitung in diese Richtung verhindern. Die Abdeckung durch die Feuerwehr ist mit max. 10 min Anfahrtszeit zum Ereignisort sehr gut (vgl. Abb. 34).

Zusammenfassung wichtigste Punkte Fallbeispiel Remigen

Die wichtigsten Schutzziele sind die Gebäude am Waldrand und dann der Schutzwald. Für den Schutzwald wird man die Entscheidung treffen müssen, welche Bereiche des Schutzwaldes man realistischerweise schützen kann. Das Feuer könnte sich aufgrund der Hangneigung, des Bestandes und je nach Wind ziemlich schnell ausbreiten. Die Feuerwehr kann das Gebiet aber gut abdecken. Die Erschliessung ist generell gut, jedoch ist es innerhalb des Schutzwaldes steil. Dieser Teil ist deshalb schwerer zugänglich.

7.2 Fallbeispiel Oeltrotte

Der Wald rund um das Gebiet «Oeltrotte» (inkl. gerinnerelevanter Schutzwald und Schutzwald vor Hangmuren) weist ein erhöhtes Entzündungspotential auf, und grössere Brände sind möglich (vergleiche Analysen Entzündungspotential und Worst-Case-Potential, Abb. 35). Je nach Windrichtung und Brandentwicklung könnten bei einem Feuer Wohnhäuser zu Schaden kommen. Es geht auch ein Wanderweg durch das Gebiet und auf dem Rothenberg/Hochwacht im Nord-Osten der «Oeltrotte» steht eine kleine Antenne. Wenn der Schutzwald grösseren Schaden nimmt, kann dies auch längerfristig negative Auswirkungen auf die Schutzgüter haben.

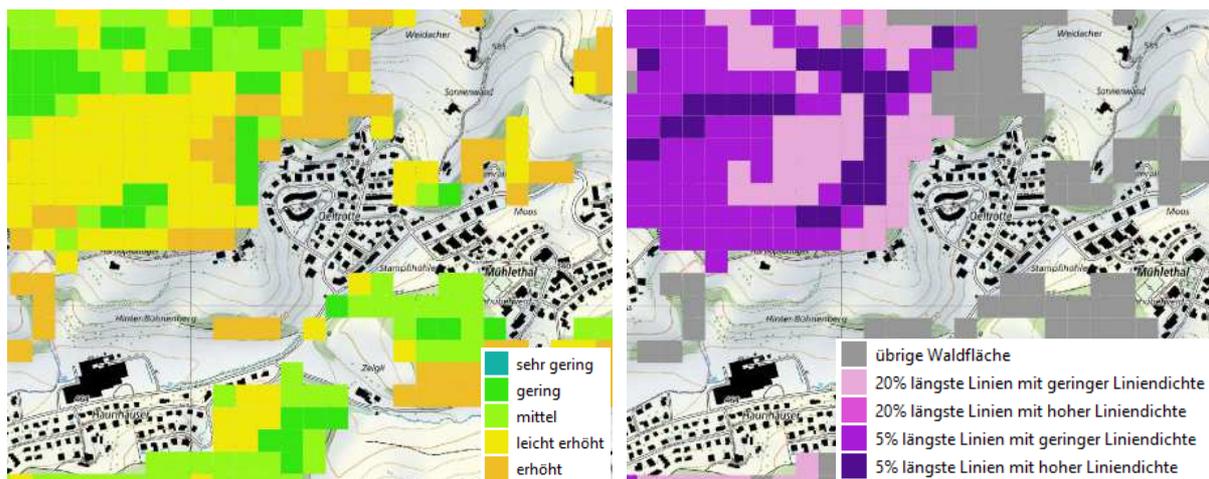


ABB. 35: ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL (LINKS) UND WORST-CASE-POTENTIAL (RECHTS)

Das Waldgebiet ist heterogen zusammengesetzt und es hat sowohl Bestände mit vorwiegend Laubholz als auch solche mit ausschliesslich Nadelholz. Die Bestände sind einschichtig und gedrängt bis locker. Die Bestandesstruktur im Hochwald ist einschichtig und die Kontinuität des brennbaren Materials in Bodennähe ist nicht durchgehend vorhanden. Das verlangsamt die Brandentwicklung.

Für das Fallbeispiel wird von einer Entzündung beim Grillplatz im Wald westlich der Oeltrotte ausgegangen (Abb. 36).

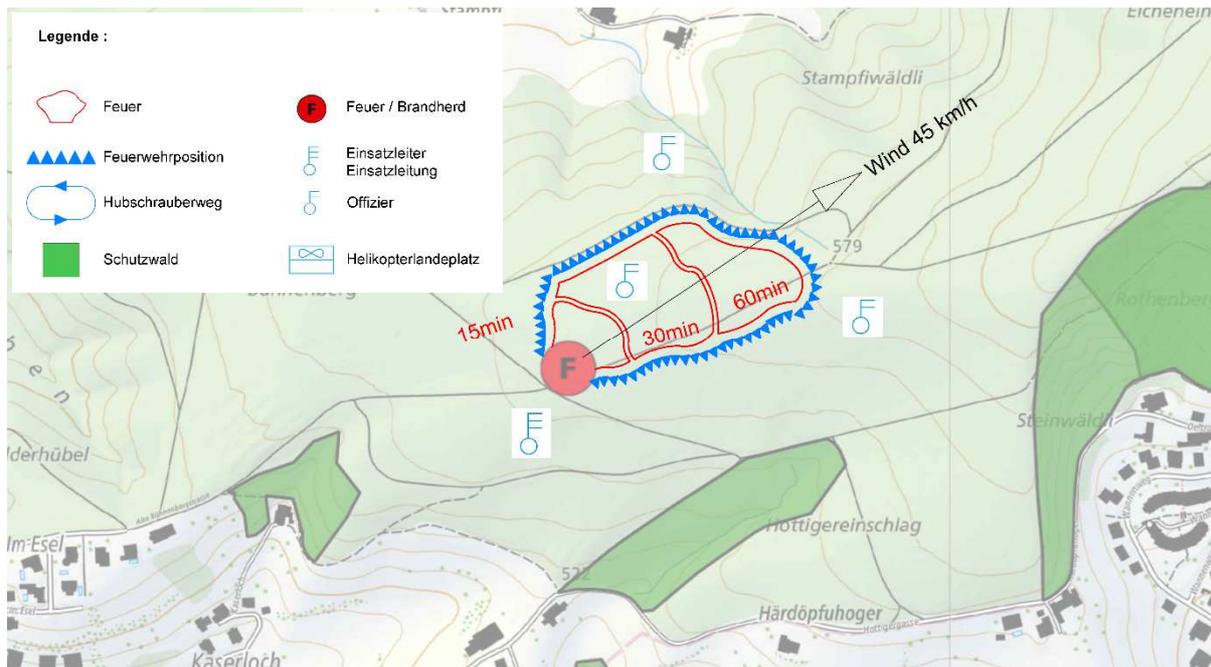


ABB. 36: AUSBREITUNG DES FEUERS ANHAND DES WINDES MIT HALTELINIEN FÜR DAS FALLBEISPIEL OELTROTTE

Für die Abschätzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit wurde wiederum die Tabelle aus Kapitel 9.3 verwendet. Am angenommenen Entzündungsort ist die Neigung flach und nimmt erst im Schutzwald zu. Aufgrund der eher flachen Neigung sollte das Feuer bei einer schnellen Entdeckung und nicht allzu starkem Wind relativ kleinflächig bleiben. Die Feuerwehr hat eine Anfahrtszeit von maximal 10 Minuten (Abb. 37). Die Haltelinie von 15 oder 30 Minuten sind realistisch. Nach 15 Minuten ist die brennende Fläche 0.4 ha gross, nach 30 Minuten ist sie 1.6 ha und nach einer Stunde 2.4 ha gross.

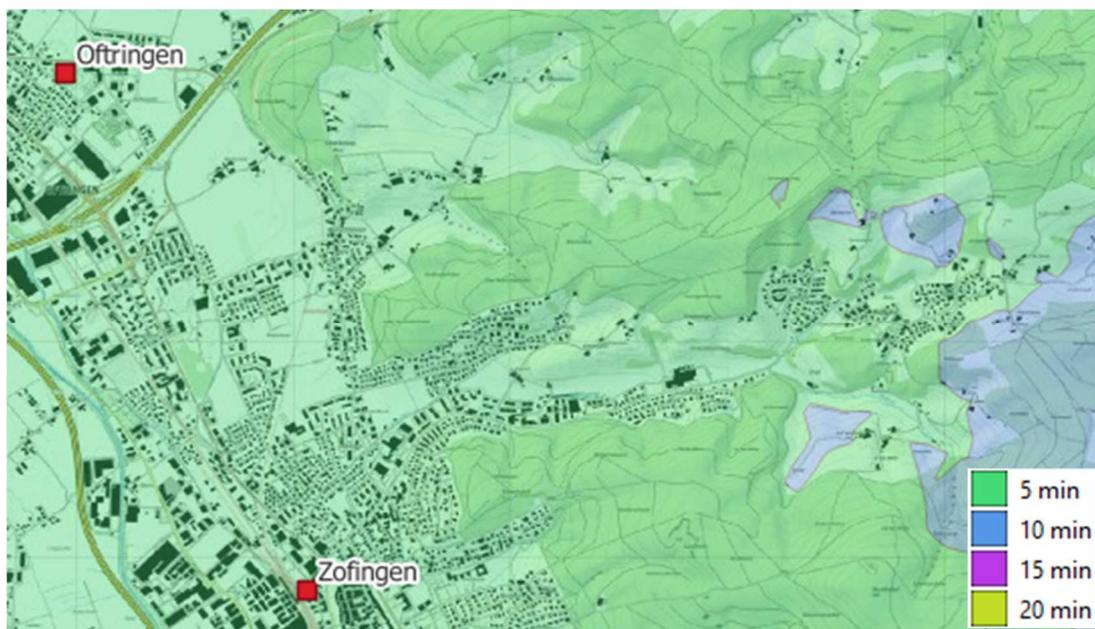


ABB. 37: ERREICHBARKEIT DURCH DIE FEUERWEHR

Die Gebäude der Siedlung Oeltrotte in Waldesnähe können durch die Feuerwehr Zofingen am schnellsten erreicht werden. Sie soll folglich für die Haltelinie der Siedlung verantwortlich sein. Für eine Haltelinie von nördlicher Seite bietet sich die Feuerwehr Oftringen an. Die Abdeckung durch die Feuerwehr ist mit max. 10 min Anfahrtszeit zum Ereignisort sehr gut.

Zusammenfassung wichtigste Punkte Fallbeispiel Oeltrotte

Die wichtigsten Schutzziele sind die Siedlung Oeltrotte und dann der Schutzwald. Aufgrund der Topographie ist nicht mit grossflächigen Bränden von mehr als 2 ha zu rechnen, zumal die Feuerwehr sehr schnell vor Ort ist und die Erschliessung sehr gut ist.

7.3 Fallbeispiel Chestenberg

Der Wald rund um das Gebiet «Chestenberg» (inkl. Schutzwald vor Hangmuren und ein kleiner Teil gerinnerelevanter Schutzwald) weist ein erhöhtes Entzündungspotential auf, und grössere Brände sind möglich (vergleiche Analysen Entzündungspotential und Worst-Case-Potential, Abb. 38). Je nach Windrichtung und Brandentwicklung könnten bei einem Feuer Wohnhäuser zu Schaden kommen. Es gehen auch mehrere Wanderwege durch das Gebiet und auf der Krete steht ein Mobilfunkmasten. Unterhalb des Nordhangs führt eine Hochspannungsleitung durch. Wenn der Schutzwald grösseren Schaden nimmt, kann dies auch längerfristig negative Auswirkungen auf die Schutzgüter haben.

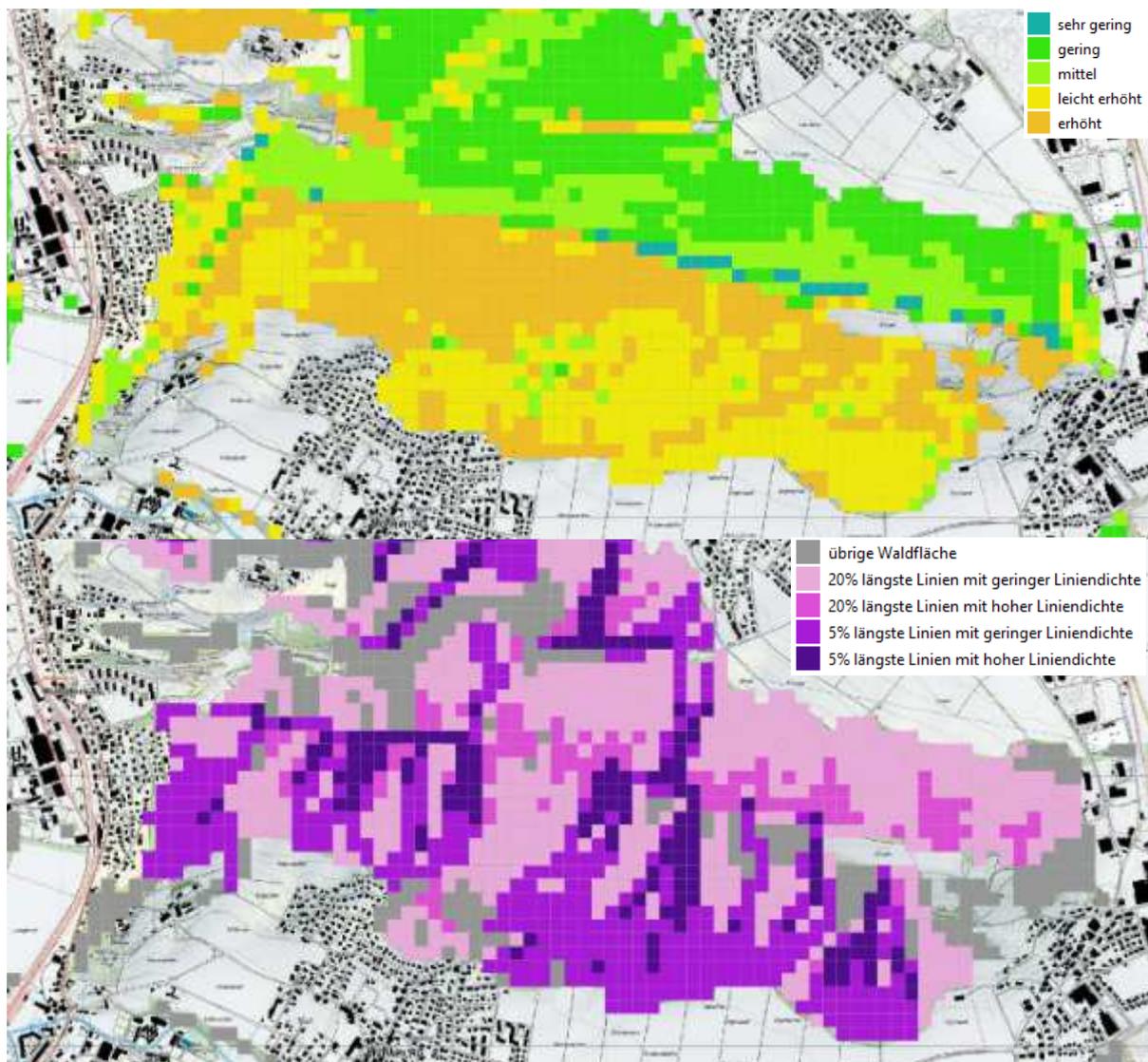


ABB. 38: ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL (OBEN) UND WORST-CASE-POTENTIAL (UNTEN)

Das Waldgebiet besteht zu einem sehr grossen Teil aus Laub-Mischwäldern, mit nur wenig beigemischt Nadelholz. Die Bestände sind grösstenteils einschichtig und der Schlussgrad mehrheitlich normal, z.T. auch gedrängt. Die Bestandesstruktur im Hochwald ist einschichtig und die Kontinuität des brennbaren Materials in Bodennähe ist nicht durchgehend vorhanden. Das verlangsamt die Brandentwicklung.

Für das Fallbeispiel wird von einer Entzündung von einer «spontanen» Feuerstelle am Waldrand auf der Südseite des Chestenbergs (Abb. 39) ausgegangen.

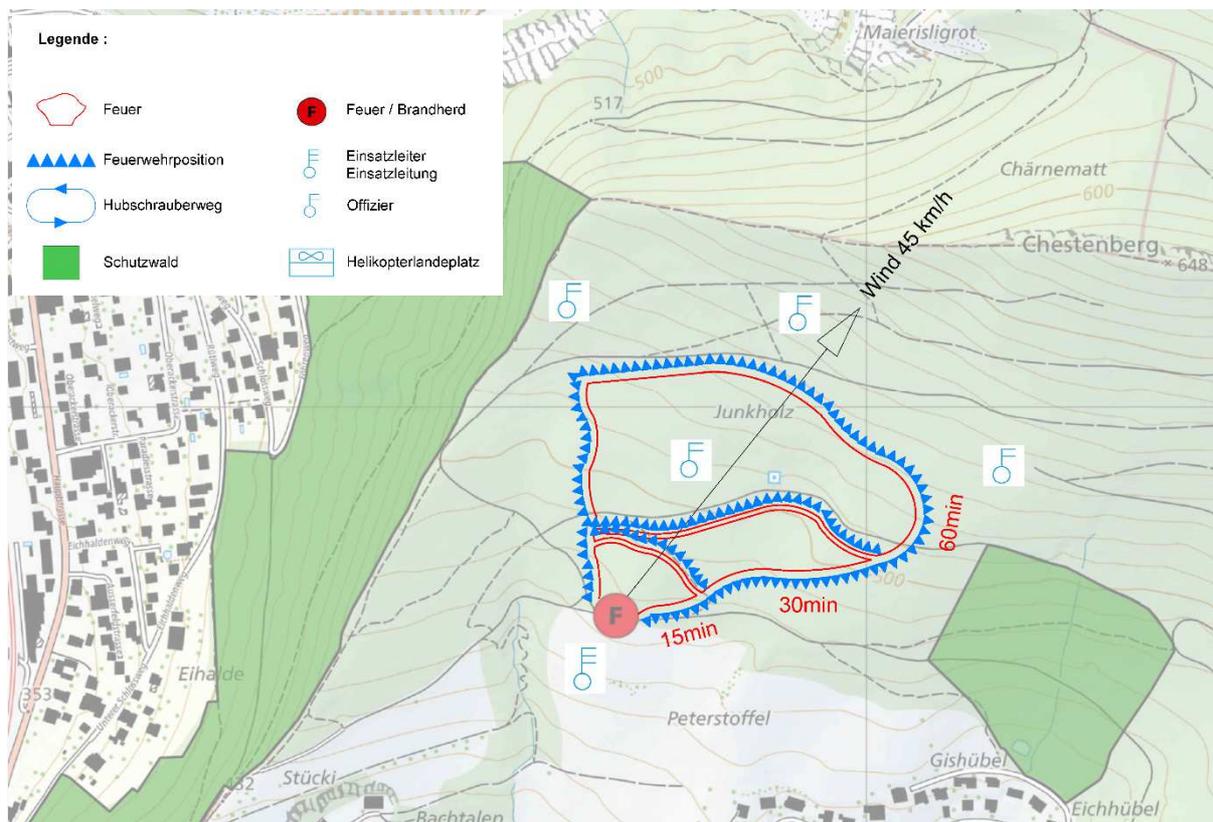


ABB. 39: AUSBREITUNG DES FEUERS ANHAND DES WINDES MIT HALTELINIEN FÜR DAS FALLBEISPIEL CHESTENBERG

Für die Abschätzung der Ausbreitungsgeschwindigkeit wurde die Tabelle aus Kapitel 9.3 verwendet. Am angenommenen Entzündungsort ist die Neigung bereits steil. Wenn möglich soll die Strasse, die im Nord-Westen nach etwa 15 min durch das Feuer erreicht wird, gehalten werden. Sie eignet sich gut als Haltelinie. Die wichtigsten Schutzziele sind die Siedlung beim Gishübel die Schutzwälder und die Kreten. Die Feuerwehr Chestenberg ist am schnellsten bei der Siedlung im Bereich Gishübel. Die Feuerwehren Eigenamt und Maiengrün könnten die Kreten im Norden, beziehungsweise im Westen schnell erreichen. Die Abdeckung durch die Feuerwehr ist mit max. 10 min Anfahrt zum Ereignisort sehr gut (Abb. 40). Die Haltelinie von 15 oder 30 Minuten sind realistisch. Nach 15 Minuten ist die brennende Fläche 0.5 ha gross, nach 30 Minuten ist sie 1.5 ha und nach einer Stunde 5.8 ha gross.



ABB. 40: ERREICHBARKEIT DURCH DIE FEUERWEHR

Zusammenfassung wichtigste Punkte Fallbeispiel Chestenberg

Die wichtigsten Schutzziele ist das Siedlungsgebiet Gishübel und dann der Schutzwald. Bei höheren Windgeschwindigkeiten als 45 km/h wird man für den Schutzwald die Entscheidung treffen müssen, welche Bereiche des Schutzwaldes man realistischerweise schützen kann. Das Feuer könnte sich aufgrund der Hangneigung je nach Wind ziemlich schnell ausbreiten. Die Feuerwehr deckt das Gebiet aber gut ab. Die Erschliessung ist ebenfalls gut, auch wenn die Kreten nicht mit Fahrzeugen erreichbar sind.

8 Handlungsempfehlungen für den Kanton Aargau

Die Analysen sind wertvoll für die Ableitung eines Waldbrandmanagements. Sie können dazu dienen, Warnsysteme zu planen und zu installieren, waldbauliche Massnahmen zu ergreifen, die Organisation der Feuerwehr auf Waldbrände anzupassen (z.B. Waldfachpersonal organisatorisch integrieren, Ausrüstung anpassen) oder die Wasserversorgung für allfällige Löschaktionen zu verbessern. Für den Kanton Aargau ergeben sich folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen aus den Analysen.

Bestimmung der Waldbrandgefahr

Die Besprechung in einem Expertengremium wird als sinnvoll empfunden und auch die Sitzungsfrequenz ist angemessen. Entscheidungen zur Gefahrenstufe und Massnahmen sollen nicht jeden Tag geändert werden, sondern wie bisher wöchentlich für die kommende Woche definiert werden. Es ist zu prüfen, ob eine Vereinfachung bei der Festlegung der Massnahmen möglich ist. Die Entscheidung soll in nützlicher Frist und von der Stelle getroffen werden, die die beste fachliche Entscheidungskompetenz hat.

Für die Befragung der Förster wird vorgeschlagen, dass eine gemeinsame Beurteilungsmethode für alle Förster festgelegt wird, damit die Resultate der Befragungen vergleichbar sind. Ein wichtiger Indikator wäre zum Beispiel bis in welche Tiefe der Boden trocken ist. Im Kanton Tessin werden zusammen mit den Förstern Probefeuern gemacht, die helfen sollen, die Brandgefahr in Abhängigkeit der Trockenheit des Bodens und brennbaren Materials korrekt einzuschätzen. Dies wäre aber für den Kanton Aargau in vorhersehbarer Zeit noch unverhältnismässig.

Ab Sommer 2025 soll «Satromo» vom Bund zur Verfügung gestellt werden. Das Tool bestimmt die aktuelle Trockenheit abhängig von der Vegetation («Vegetation Condition Index» anhand von Sentinel2-Daten) und den klimatischen Bedingungen («Thermal Condition Index» anhand Meteosat-Daten). Der Index ist nützlich, um zu sehen, ob die Vegetation trocken ist.

Ein weiterer Index, der «Nearest Fire Day» (NFD), ist im Auftrag des BAFU in Entwicklung und soll nach der Testphase im 2025 in IGNIS eingebaut werden.

Aufgrund der vorliegenden Analysen werden für den Kanton Aargau nur wenige, präventive und/oder organisatorische Massnahmen empfohlen:

- I. Informationsablauf, der bei einem Waldbrand auch den jeweiligen Förster informiert.
Die Förster kennen die von ihnen bewirtschafteten Wälder sehr gut und können wichtige und aktuelle Informationen zur Erschliessung und zu möglichen Gefahren durch den Waldbestand geben.
- II. Übung für Ernstfall
Abläufe und Verantwortlichkeiten für zwei bis drei Beispiele im eigenen Gebiet (Feuerwehr) bzw. Revier (Förster) durchspielen. Als Anhaltspunkte können die Fallbeispiele verwendet werden. Neben der praktischen Übung hilft dies kritische Punkte für den Ernstfall zu klären und Informations- und Kommunikationsabläufe zu etablieren. Zur Info: im Jahr 2025 findet in Brugg eine gemeinsame Übung der Feuerwehr und der Armee statt, bei der auch Helikopter zum Einsatz kommen.
- III. Geodaten zu Wasserbezugsorten, Feuerwehrstandorten und vorhandenem Material pro Standort erarbeiten
Geodaten sind ein wichtiger Bestandteil für die regionale Planung, die bei grösseren Ereignissen wie z.B. grösseren Waldbränden essenziell sind.
- IV. Entfernen von Schlagabraum unmittelbar um Feuerstellen in Waldgebieten mit erhöhtem Entzündungspotential.

In Gebieten mit leicht erhöhtem oder erhöhtem Entzündungspotential kann überlegt werden, das brennbare Material um Feuerstellen zu entfernen, wenn es mit geringem Aufwand aufgeht. Explizite Massnahmen sollen aber immer anderen Funktionen untergeordnet werden, da die Waldbrandgefahr insgesamt gering ist. Das Entfernen von Schlagabraum kann die Ausbreitung des Feuers verlangsamen, weil die Menge an brennbarem Material ein wichtiger Faktor für die Ausbreitung eines Feuers ist.

- V. Entfernen von Schlagabraum im Schutzwald
In Schutzwäldern mit leicht erhöhtem bis erhöhtem Waldbrandpotential wird Schlagräumung empfohlen. Die Schlagräumung für das Waldbrandmanagement soll aber der Schutzfunktion untergeordnet werden.
- VI. Bewilligungen für Feuerstellen
Bewilligungen für Feuerstellen in Gebieten mit erhöhtem Waldbrandpotential sollen restriktiv gehandhabt werden. Feuerstellen sind häufige Ursachen für Waldbrände. In kritischen Gebieten soll die Anzahl begrenzt sein. Keine Feuerstellen zu erlauben ist nicht unbedingt zielführend, da Waldbesuchende dann eigene machen und diese den wichtigen Akteuren (Förster, Feuerwehr, Präventionsbeauftragten u.Ä.) nicht bekannt sind und/oder die Orte schnell ändern.
- VII. Aufstellung von strategisch platzierten Informationstafeln
An strategischen Orten wie Waldeingängen oder belebten Plätzen können visuell auffällige Schilder aufgestellt werden, die über die Brandgefahr aufgrund von Gelände- und Vegetationsbedingungen sowie über Feuerverbote informieren. Diese Schilder sollen die Besucher auf das Risiko aufmerksam machen und sie von Handlungen abhalten, die zu Waldbränden führen können.
- VIII. Kommunikation über soziale Netzwerke
Es können soziale Netzwerke genutzt werden, um wichtige Informationen über Risiken und Feuerverbote einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.
- IX. Sensibilisierung in Schulen / Sensibilisierungskurse für Einwohnerinnen und Einwohner und Landwirte und Landwirtinnen.
Es können Informationsveranstaltungen in Schulen organisiert werden, um die Schüler für die Brandproblematik und die zu ergreifenden präventiven Massnahmen zu sensibilisieren. Auch Informationsveranstaltungen zur Sensibilisierung der Einwohnerinnen, der Landwirte und der Winzerinnen, insbesondere derjenigen, die in der Nähe des Waldes wohnen, sind wertvoll.

Weitere Massnahmen werden für das nächste Jahrzehnt aus den folgenden Gründen als unverhältnismässig eingeschätzt:

- Die Waldbrandgefahr ist eher gering.
- Es gibt nur wenige grosse, zusammenhängende Wälder und auch diese sind schweizweit gesehen eher klein, und die Waldfläche wird sich nicht weiter ausdehnen im Aargau.
- Das Schadenpotential hangaufwärts der Wälder ist gering. Siedlungen und Bauten befinden sich meist hangabwärts und sind somit tendenziell weniger gefährdet. Bei starken Winden kann dies jedoch auch ändern.
- Die Erschliessung durch Waldstrassen im Kanton Aargau ist sehr gut, und die Feuerwehr erreicht auch abgelegene Gebiete in weniger als 30 min.

Für die nächsten 10 Jahre werden anhand vorliegender Analyse keine drastischen Veränderungen im Waldbrandregime des Kantons Aargau erwartet. Je nach Entwicklung der klimatischen Faktoren in den nächsten 10 Jahren sollte das Waldbrandmanagement für den Kanton Aargau entsprechend angepasst werden. Mit Massnahmen zur Sensibilisierung der Bevölkerung und einfachen Präventionsmassnahmen um Hotspots sollten die Waldbrände im Kanton Aargau aber auch langfristig nicht zunehmen.

9 Produkte für die Massnahmen- und Einsatzvorbereitung

9.1 Checkliste für den Einsatz

Checkliste für einen Einsatz bei Waldbrand

Diese Checkliste dient der Unterstützung. Sie hat nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Einsatzvorbereitung

Der Prozess der Erstellung einer Einsatzvorbereitung lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- 1) Erkundung und Datensammlung
- 2) Beurteilung der Situation und Bestimmung des Grades und der Stufe der Dringlichkeit.
- 3) Planung
- 4) Begleitung

Wie bei jedem Managementprozess ist eine effektive Kommunikation sowohl für den Zugang zu Informationen als auch für die Vorbereitung und Verbreitung von Informationen erforderlich, da dieser Aspekt für die optimale Umsetzung des Plans von grundlegender Bedeutung ist.

1) Erkundung und Datensammlung:

Bevor die für die Brandbekämpfung verantwortliche Person irgendwelche Maßnahmen zur Kontrolle des Feuers ergreift, muss sie eine vorherige Notfallanalyse durchführen, indem sie die Informationen sammelt, die sie benötigt, um die Risiken einzuschätzen und zu bestimmen, wie sie bekämpft werden sollen:

- Genaue Lage des Feuers
- Art und Typ der bedrohten Güter
- Art des Feuers
- Ausmass des Feuers
- Geschätzte Geschwindigkeit der Ausbreitung
- Brennbares Material im Wald
- Art der Brennstoffe, die verbrannt werden
- Wetterbedingungen am Ort (Wind, Feuchtigkeit, Temperatur ...)
- Art des Rauches, Ausbreitung des Rauches
- Anzeichen für Stabilität und Instabilität in der Atmosphäre
- Vorhandene Verteidigungslinien
- Wasserstellen
- Zugangswege
- Fluchtwege
- Geländeelemente, die eine Gefahr für die Bekämpfung darstellen.
- Niveaus der Funk- und Mobilfunkabdeckung
- Ideale Orte für den Standort der Kommandozentrale, Wartezonen, Treffpunkte.
- Helikopter: ja/nein
- Offizielle Anfrage für das Abpumpen von Wasser: ja/nein

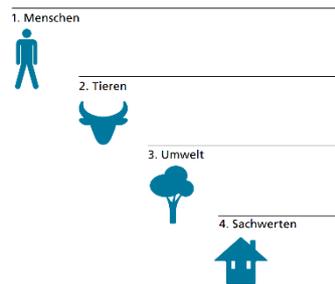
2) Beurteilung:

Durch eine analytische Untersuchung der aktuellen Brandbedingungen und der

Prognosen, die eintreten können, müssen folgende Aspekte festgelegt werden:

- Risiken im Brandperimeter

Prioritäten:



- Die Menge und Art der anzufordernden Mittel.
- Die Bereitstellung der Mittel, die aufgrund des Verhaltens des Feuers und des Perimeters am besten geeignet sind.

3) Planung:

Die Planung legt den zeitlichen und räumlichen Rahmen aller Aktionen und Einsätze fest, die nötig sind, um den Brand zu löschen. Sie beruhen auf der Strategie, der Taktik und der Wirksamkeit des Plans.

In der Strategie werden die Ziele so definiert, dass sie messbar, erkennbar, verständlich und kommunizierbar sind. Die Taktiken sind jeweils die Massnahmen, die erforderlich sind, um die in der Strategie enthaltenen Ziele zu erreichen. Die Zeit, die benötigt wird, um jede Aktion systematisch auszuführen, bestimmt die Wirksamkeit des Plans.

Nachdem die Grundlagen für den Plan geschaffen wurden, muss er mit Inhalt gefüllt werden, indem folgende Aspekte definiert werden:

- Gestaltung der Kontrolllinie durch Verbindung von natürlichen und künstlichen Linien.
- Einteilung der Einsatzzonen in Sektoren
- Räumliche Verteilung der Angriffssysteme, direkt oder indirekt
- Zuweisung von Arbeitsbereichen nach Ressourcen, entweder einzeln oder durch Bildung homogener oder heterogener Teams.
- Definition der Operationen
- Liquidationsphase und Demobilisierung

Die Informationen und Inhalte des Plans sollten in einem knappen und leicht verständlichen Dokument zusammengefasst werden, das allen beteiligten Parteien übermittelt wird.

4) Begleitung:

Während des gesamten festgelegten Einsatzzeitraums sollte der Einsatzplan anhand der erzielten Ergebnisse bewertet und jedes Mal überarbeitet werden, wenn sich wesentliche Änderungen gegenüber den ursprünglichen Annahmen ergeben. Es ist immer besser, einen Eventualplan bereitzuhalten, der im Falle von unvorhergesehenen Ereignissen eingesetzt werden kann, insbesondere in gefährlichen Situationen.

9.2 Atlas für die Einsatzvorbereitung

Auf den Kartenblättern des Atlas (Kartenwerk für die Einsatzvorbereitung) sind wichtige Informationen für die Einsatzvorbereitung abgebildet.

In der Projektgruppe wurde für folgende Aspekte entschieden:

- TLM Strassen
- Waldstrassen, die mit einem Personenwagen befahrbar sind
- Waldstrassen, die mit einem Lastwagen befahrbar sind
- Wanderwege
- Luftfahrthindernisse (gemäss BAZL)
- Schutzwald
- Neigung über 60%

Den Atlas wird als GIS-Datensatz und als pdf übermittelt.

9.3 Tabelle Ausbreitungsgeschwindigkeit

Die nachstehende Tabelle 14 zeigt die wahrscheinliche Ausbreitung von Waldbränden in Abhängigkeit von den meteorologischen und geomorphologischen Bedingungen. Es handelt sich um (theoretische) Richtwerte, die zwar Hinweise geben, aber die Realität nicht abbilden müssen.

Das Ziel der Tabelle ist es, ein einfaches Interpretationsinstrument zur Verfügung zu stellen, welches dabei hilft, schnell einzuschätzen, wie sich der Waldbrand im Gelände ausbreiten wird. Dafür werden die Neigung des Geländes und die Windgeschwindigkeit berücksichtigt und aufgrund dessen die Flammenhöhe, die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die wahrscheinliche Ausbreitungsdistanz in 15, 30 und 60 Minuten geschätzt.

Als Grundlage wurde das Programm BehavePlus 6 (Heinsch & Andrews 2010), eines der am weitesten verbreiteten Programmen für die Bewertung von Waldbränden und deren Management verwendet. Das Programm verfügt über mehr als 40 Modelle, die die Ausbreitung des Feuers vorhersagen sollen, abhängig von der Wetterlage, der Art der Streu und der Strauchschicht als Hauptindikatoren für das Verhalten des Feuers. Um die verschiedenen Aargauer Wälder in einer einzigen Tabelle abbilden zu können, wurden zwei Modelle für bewirtschaftete Wälder gewählt, die den Buchen- und Nadelwäldern im Kanton Aargau möglichst gut entsprechen:

- Model 1: Moderate load (of fine fuel), humid climate timber-shrub Model
- Model 2: Long needle or hardwood litter

Die Werte in Tabelle 14 entsprechen dem Durchschnittswert der beiden Modelle. Bei beiden Modellen ist ein Kronenbrand sehr unwahrscheinlich (vgl. Flammenhöhe in der Tabelle).

TABELLE 14: RICHTWERTE FÜR DIE AUSBREITUNGSGESCHWINDIGKEITEN UND FLAMMENHÖHEN FÜR FÜNF NEIGUNGSSTUFEN (0 %, 30 %, 45 %, 60 % UND 90 %) UND VIER WINDGESCHWINDIGKEITSSTUFEN (15, 30, 45 UND 60 KM/H) SOWIE AUSBREITUNGSDISTANZEN NACH 15, 30 UND 60 MINUTEN.

		Streuschicht und Totholz		Distanz (m) nach:		
Neigung %	Wind- geschwindigkeit (km/h)	Ausbreitungs- geschwindigkeit (m/min)	Flammenhöhe (m)	15 min	30 min	60 min
0	15	1.5	1.5	22,5	45	90
0	30	2.5	1.8	37,5	75	150
0	45	4	2	60	120	240
0	60	5	2.5	75	150	300
30	15	3	2	45	90	180
30	30	4.5	2.5	67,5	135	270
30	45	5.5	2.8	82,5	165	330
30	60	7	3.5	105	210	420
45	15	5	2.5	75	150	300
45	30	6.5	3	97,5	195	390
45	45	7.5	3.5	112,5	225	450
45	60	9	4	135	270	540
60	15	11	3	165	330	660
60	30	13	3.5	195	390	780
60	45	15	4	225	450	900
60	60	16.5	4.5	247,5	495	990
90	15	18	3.5	225	450	900
90	30	21	4	255	510	1020
90	45	23.5	5	285	570	1140
90	60	26	5.5	315	630	1260

10 Quellen

Feuerwehr Koordination Schweiz (FKS): 2022: <https://docs.feukos.ch/konzeption-2030/feuerwehr-konzeption-2030/> S. 13

Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud, and D. Williams. 1983. *Fire in forestry*. Bd. 1. New York: John Wiley and Sons.

Conedera, M. 2009: Implementing fire history and fire ecology in fire risk assessment: the study case of Canton Ticino (southern Switzerland). Dissertation, 82 S.

Conedera, M. *et al.* 2024. Linking the future likelihood of large fires to occur on mountain slopes with fuel connectivity and topography <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-023-06395-y> . Natural Hazards. V. 120. S 4657–4673.

Pezzatti, B., Conedera, M., Ferriroli, D., Ghiringhelli, A., Ballmer, Marc. und Beyeler, S. 2025: Waldbrände im Klimawandel: Ist die Schweiz vorbereitet? Forum für Wissen 2025: 61-72. 10.55419/wsl:39743.

EcoEng SA (2020), Concept de prévention et lutte contre les incendies de forêt, SFN, Canton de Fribourg

EcoEng SA (2022), Incendie de forêt, Canton de Neuchâtel

Feuerwehr Koordination Schweiz (FKS): 2022: <https://docs.feukos.ch/konzeption-2030/feuerwehr-konzeption-2030/> S. 13

Heinsch, F.A. Andrews, P.L. 2010. BehavePlus, Fire Modeling System: https://www.fs.usda.gov/rm/pubs/rmrs_gtr249.pdf S 120.

Langholz, H., and E. Schmidtmayer. Meteorologische Verfahren zur Abschätzung des Waldbrandrisikos. *Allgemeine Forstzeitschrift* 48: 394-396.

Fire Weather Indices (WSL) 2020: <https://wikifire.wsl.ch/Canadian%20forest%20fire%20weather%20index%20system9307.pdf?page=Canadian+forest+fire+weather+index+system&display=pdf>

IMFOR: 2020 Investigación de las causas que provocan los incendios forestales. Entrenamiento e Información Forestal. Cámara de Madrid

Maringer, J.; Ascoli, D.; Gehring, E.; Wohlgemuth, T.; Schwarz, M.; Conedera, M., 2020: Feuerökologie montaner Buchenwälder. Waldleistungen und waldbauliche Massnahmen nach Waldbrand. Merkbl. Prax. 65.12 S

Molina, D.M.; Bardaji, M.; Castellanou, M. 1998. Probabilidad de ignicion, grandes incendios y dificultad de extincion. *Ecologia*. N 12, S. 333-350

Sapeurs Pompiers de la France : 2024. Règle Feu de forêt : <https://laboutiqueofficiellepompiers.fr/accueil/491-regle-feu-de-foret.html>

Scott, Joe H.; Burgan, Robert E. 2005. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. General Technical Report RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. S. 72.

<https://www.resolutionmineeis.us/sites/default/files/references/scott-burgan-2005.pdf>
Van Wagner, C.E. 1987. Development and structure of the canadian forest fire weather index system. Canadian Forest Service.

WSL Swissfire database, Switzerland. www.wsl.ch/swissfire

Ziel, Robert. 2017. Fuel moisture, seasonal severity and fire growth analysis in the US fire behavior analysis tools: using Fire Weather Index (FWI) codes and indices as guides in Alaska.

https://www.frames.gov/documents/alaska/webinars/AFSC_webinar_20160216_NFDRS_Webinar_Ziel.pdf 13 p.

11 Anhang

11.1 Anhang 1: Vorgehen Waldbrandpotential

Datengrundlagen und Vorbereitung

Für die Analyse wurden folgende Daten verwendet:

- Waldfläche des Kantons Aargau
- DTM von Swisstopo
- Waldstandorte des Kantons Aargau
- Waldweiden des Kantons Aargau
- Veba Vereinbarungen: Eingriffstyp «lichte Wälder» des Kantons Aargau
- Wanderwege von Swisstopo
- TLM Strassen von Swisstopo
- Bauten im Wald des Kantons Aargau
- Bauzonen des Kantons Aargau

Modellierung Waldbrandpotential

Um Randeffekte bei allen Analysen zu vermeiden, wurden die Kantonsgrenzen um 100 m gepuffert und den gepufferten Layer jeweils für das Zuschneiden der nationalen und überregionalen Daten verwendet. Für die Modellierung des Waldbrandpotentials wurden zuerst die Kantonsfläche in ein Gitternetz mit Kacheln von 50x50 m unterteilt. Alle Kacheln mit einer Waldfläche von mindestens 40 % wurden für diese Arbeit als Wald definiert.

Hangneigung

Die Hangneigung hat einen wichtigen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, ob ein Waldbrand ausbricht. Sie beeinflusst das Wasserregime und somit die Trockenheit, die Menge an brennbarem Material und die Kontinuität des brennbaren Materials (Conedera 2009). Im Aargau gibt es sowohl sehr flache Gebiete als auch steile Partien. Ab einer Steigung von >65 % kann davon ausgegangen werden, dass sich keine kontinuierliche Schicht aus brennbarem Material mehr bilden kann (Conedera 2009). Bei einer Neigung zwischen 14.5 und 65 % ist die Ausbreitung des Feuers begünstigt durch die Thermik an Hängen und brennbares Material, das eine durchgehende Schicht bilden kann (Conedera 2009). Die Klassifizierung in Tabelle 15 beruht auf der Arbeit von Conedera (2009) und Erfahrungswerten aus anderen vergleichbaren Kantonen. Um für jede Kachel einen Wert zu definieren, wurde in der vorliegenden Analyse der Median pro Kachel berechnet.

TABELLE 15 : VERWENDETE NEIGUNGSKLASSEN FÜR DIE MODELLIERUNG

NEIGUNG [PROZENT]	KLASSIFIZIERUNG	WERT	WALDFLÄCHE GERUNDET [HA]
< 14.5	Gering	0	21'098
14.5 - 30	Mittel	2	14'881
30 - 65	Hoch	3	13'409
> 65	Tief	-3	1'063

In Abb. 41 ist ein Ausschnitt des Resultats der Neigungsklassen ersichtlich. Über den ganzen Kanton gesehen sind die steilen Juraketten gut sichtbar, sowie die flacheren Regionen entlang der Flüsse.

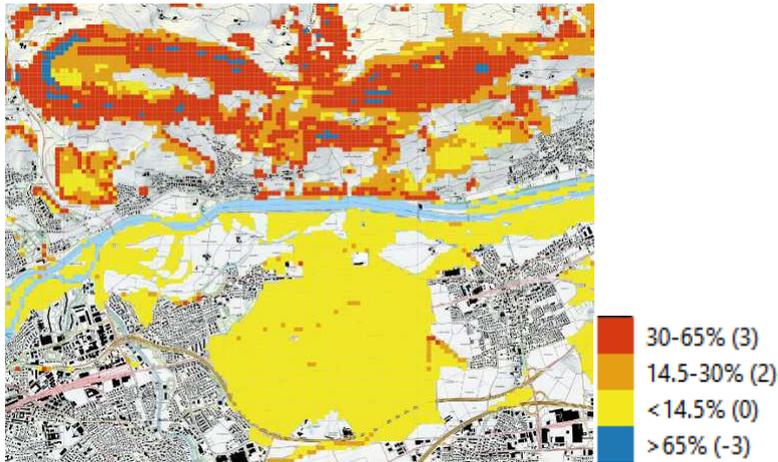


ABB. 41: KARTENAUSSCHNITT MIT DER KLASSIFIZIERUNG DER HANGNEIGUNG

Exposition

Die Exposition hat insbesondere durch die Sonneneinstrahlung einen Einfluss auf die Trockenheit des Bodens und des brennbaren Materials (Conedera 2009). Die Klassifizierung in Tabelle 16 beruht auf den Analysen von Marco Conedera (2009) und den Erfahrungswerten aus anderen Kantonen. Für jede Kachel wurde die Majority berechnet.

TABELLE 16: VERWENDETE EXPOSITIONSKLASSEN FÜR DIE MODELLIERUNG

EXPOSITION	KLASSIFIZIERUNG	WERT	WALDFLÄCHE GERUNDET [HA]
N (337.5-22.5) NW (292.5-337.5)	Gering	-2	16'604
NO (22.5-67.5)	sehr gering	-3	7'214
O (67.5-112.5)	eher gering	-1	5'481
SO (112.5-157.5)	Erhöht	2	5'041
S (157.5-202.5) SW (202.5-247.5)	Hoch	3	10'813
W (247.5-292.5)	Mittel	0	5'299

In Abb. 42 ist ein Ausschnitt des Resultats der Expositionsklassen ersichtlich. Auch bei der Exposition sind die Juraketten prominent. Die Exposition ändert insbesondere in flachen Gebieten von Kachel zu Kachel, deshalb ist es wichtig diese Gebiete grossräumiger zu betrachten.

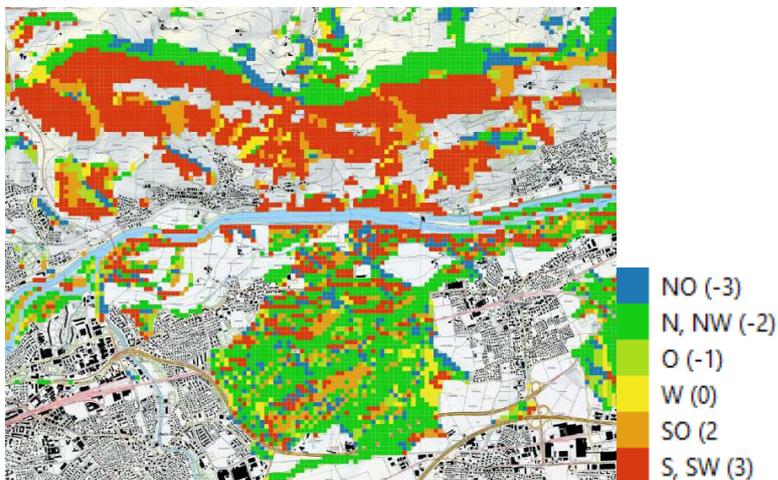


ABB. 42: KARTENAUSSCHNITT MIT DER KLASSIFIZIERUNG DER EXPOSITION

Höhenlage

In seinen Analysen hat Marco Conedera (2009) einen Unterschied aufgrund der Höhenlage festgestellt. Dieser ist v.a. auf die Schneefallgrenze zurückzuführen. Die Grenze liegt bei 1000m.ü.M. Im Kanton Aargau gibt es keinen Punkt über 1000m.ü.M. Stattdessen wurde im Rahmen der vorliegenden Analyse untersucht, ob die Nebelgrenze im Winter einen Einfluss haben könnte. Dies konnte anhand der Analyse der Swissfire Daten für den Kanton nicht bestätigt werden. Nebel ist v.a. im Herbst und Winter verbreitet. Die meisten Feuer im Aargau sind bisher im Frühling ausgebrochen (vgl. Kapitel 2.3). Es ist nicht auszuschliessen, dass der Nebel einen (eventuell auch nur lokalen Einfluss hat). Dies konnte aber anhand der verfügbaren Daten nicht gezeigt werden, weshalb gegen eine Verwendung der Höhenlage für diese Analyse entschieden wurde.

Vegetation

Die Vegetation hat ebenfalls einen Einfluss auf die Möglichkeit eines Waldbrandes. Dies einerseits durch die Verfügbarkeit an brennbarem Material aufgrund des Laub- und Nadelmaterials, andererseits gibt sie Hinweise über den Boden und das Mikroklima an diesem Standort. Diese Aspekte sind aus einer Waldstandortskartierung ableitbar. Die Einteilung der Waldbrandgefährdung verschiedener Waldstandorte beruhen auf der Analyse von Marco Conedera (2009), den Analysen in anderen Kantonen und der Einschätzung der internen Waldstandortsspezialisten der EcoEng AG. Die Beurteilung der Brandgefährdung pro Waldgesellschaft ist in Tabelle 18 einsehbar. In Tabelle 17 ist die Einteilung in die Brandgefährdungsstufe und die Klassifizierung aufgeführt. Für jede Kachel wurde derjenige Waldstandort berücksichtigt, der am meisten Fläche auf der Kachel einnimmt.

Wenn eine Fläche beweidet oder künstlich freigehalten wird und somit kaum brennbares Material vorhanden ist, ist die Waldbrandgefahr geringer. Deshalb wurden Flächen, die in einem Lichten Wald (LiWa) oder in einer Waldweide liegen, wie in Tabelle 17 klassifiziert. Im Kanton Aargau wird der LiWa regelmässig gemäht und das Material entweder in Haufen auf der Fläche gelassen oder abgeführt. Alle Kacheln, die LiWa oder Waldweide enthalten, wurden dieser Klasse zugeteilt.

TABELLE 17: BRANDGEFÄHRDUNGSSTUFEN DER WALDSTANDORTE UND LiWA WALDWEIDE

EINORDNUNG WALDSTANDORTE	KLASSIFIZIERUNG	WALDWEIDE ODER LICHTER WALD	KLASSIFIZIERUNG
Sehr gering 1	-2	Ja	-2
Gering 2	-1	Nein	0
Mittel 3	0		
Erhöht 4	1		
Stark erhöht 5	2		

Einordnung der Brandgefährdung der Waldstandorte gemäss pflanzensoziologischer Kartierung.

TABELLE 18 : WALDGESELLSCHAFTEN NACH IHRER BRANDGEFÄHRDUNG

WALDGESELLSCHAFT	BRANDGEFÄHRDUNG	WALDFLÄCHE GERUNDET [HA]
30, 31, 44, 45	-2 (gering)	369
22a, 22C, 22U, 24A, 25A°, 26a, 26f, 26g, 26e, 26w, 27a, 27f, 27g, 27w, 28, 29, 29a, 29e, 43, 46a, 46g, 45, 48, 1, 2, 6a, 7a, 7aa, 7aB, 7aS, 7e, 7eS, 7f, 7b, 7d, 7g, 7c, 8a, 8aa, 8aS, 8b, 8d, 8c, 8e, 8eS, 8f, 8g, 9a, 9b, 10a, 9g, 11, 12a, 12aS, 12g, 13a, 13g, 18a, 18aS, 18g, 20, 22e, 17, 35	-1	2'710
	0	45'317

In Abb. 43 ist ein Ausschnitt der Resultate zur Vegetation zu sehen. Gerade in den Waldgesellschaften, die eher brandgefährdeter sind, gibt es immer wieder auch LiWa-Flächen und Waldweiden, was die Brandgefahr aufgrund von fehlendem Brennmaterial stark reduziert. Sie sind jedoch eher kleinflächig, wodurch das Gebiet tendenziell trotzdem brandgefährdet bleibt.

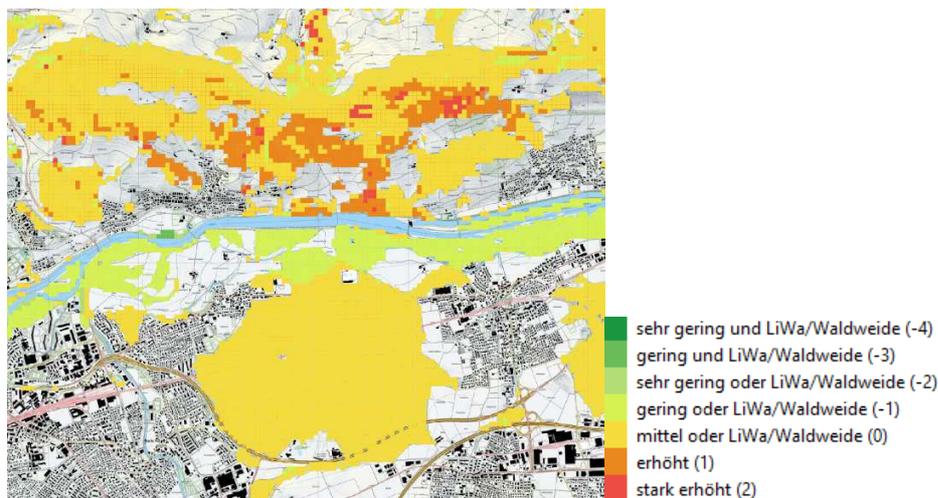


ABB. 43: KARTENAUSSCHNITT MIT RESULTAT DER VEGETATION (WALDSTANDORTE UND LIWA/WALDWEIDE)

WUI

Für den Wild-Urban Interface (WUI) wurden in der Analyse folgende Faktoren verwendet:

- Bauten im Wald

Um alle Bauten (Punktdate, abgeleitet aus Datensatz der AGV) wurde ein Puffer von 20 m gelegt. Die verschiedenen Klassen der Bauten wurden gutachtlich eingeteilt und klassifiziert in Bauten mit «keinem Einfluss = 0», Bauten mit «erhöhtem Besucheraufkommen = 1» und Bauten mit «erhöhtem Besucheraufkommen und grosser Wahrscheinlichkeit des Feuer Machens =2». Die Einteilung ist in Tabelle 19 ersichtlich. Wenn auf der gleichen Kachel mehrere Bauten vorkamen, wurde der grössere Wert aus der Klassifizierung gewählt. Die Werte wurden nicht kumuliert.

TABELLE 19: VERWENDETE WUI-KLASSEN FÜR DIE MODELLIERUNG

Keinen Einfluss (Wert 0)	Erhöhtes Besucheraufkommen (Wert 1)	Erhöhtes Besucheraufkommen mit grosser Wahrscheinlichkeit des Feuermachens (Wert 2)
<i>Übrige Einrichtungen Bienenhaus ohne Aufenthaltsraum Forstwerkhof stillgelegt</i>	Besichtigungsobjekt	Aserplatz
	Bienenhaus mit Aufenthaltsraum	Aussichtsturm
	Ferienhaus	Einfache befestigte Feuerstelle
	Forstwerkhof ohne mietbare Räume	Forstwerkhof mit mietbaren Räumen
	Kleine Forsthütte (Teil des Forstbetriebs)	Jagdhütte
	Militärische Bauten und Übungsplätze	Lagerplatz Pfadi, Cevi
	Parkplatz	Rastplatz mit Unterstand
	Waldhütte Privat	Rastplatz ohne Unterstand

Waldschulzimmer in bestehendem Gebäude	Waldhütte ohne forstl. Nutzung mietbar
	Waldkindergarten
	Waldspielplatz

- Wanderwege
Die Wanderwege aus dem Swiss TLM wurden mit 10 m gepuffert. Das ergibt einen Einflussbereich von 20 m für jeden Wanderweg. Allen Kacheln mit Wanderwegeinfluss wurde der Wert 1 zugeteilt.
- Strassen
Aus dem TLM Strassen wurden alle Strassen der Kategorien Hochleistungs-, Durchgangs- und Verbindungsstrassen gewählt und die Tunnelstrecken ausgeschlossen. Den Einfluss der Strassen wurde bis in 20 m Entfernung berücksichtigt. Bei einer Strassenbreite von 10 m ergibt das für die GIS-Analyse einen Puffer von 25 m. Allen Kacheln mit Strasseneinfluss wurde der Wert 1 zugeteilt.
- Siedlungsnähe
Für die Siedlungsnähe wurden die Bauzone verwendet und einen Puffer von 100 m rundherum gelegt. Allen Kacheln mit Siedlungseinfluss erhielten den Wert 1.

Für den Gesamt-WUI wurden die Werte der oben vorgestellten Faktoren addiert:

WUI = Bauten im Wald (0,1,2) + Wanderwege (0,1) + Strassen (0,1) + Siedlungsnähe (0,1). Dies ergibt einen Wertebereich von 0 bis 5 für den WUI.

Abb. 44 zeigt einen Ausschnitt der Resultate der Modellierung des WUI. Die Wanderwege im Kanton Aargau durchziehen die allermeisten grösseren zusammenhängenden Waldflächen im Aargau. Gemäss der Methodik gibt es die Werte 0-5 für den WUI. Es gibt aber keine Kachel im Kanton, auf der alle 5 definierten menschlichen Einflüsse, die hier als «Entzündungsgefahr erhöhend» eingestuft wurden, auf der gleichen Kachel vorkommen.



ABB. 44: KARTENAUSSCHNITT MIT RESULTAT DES WUI

Standortspotential

Das Standortspotential wurde aus den Faktoren Neigung, Exposition und Vegetation berechnet. Dazu wurden die Werte der verschiedenen Layers addiert.

Standortspotential = Neigung (-3 bis 3) + Exposition (-3 bis 3) + Vegetation (-4 bis 2)

Die Wertverteilung des Standortspotentials in Abb. 45 zeigt eine sinnvolle Verteilung für das relative Standortspotential. Ein neutrales Potential (0) ist am häufigsten mit einer leichten Tendenz zu erhöhtem Standortspotential (>0). Das Standortspotential bildet die Bandbreite der kantonalen Gegebenheiten ab.

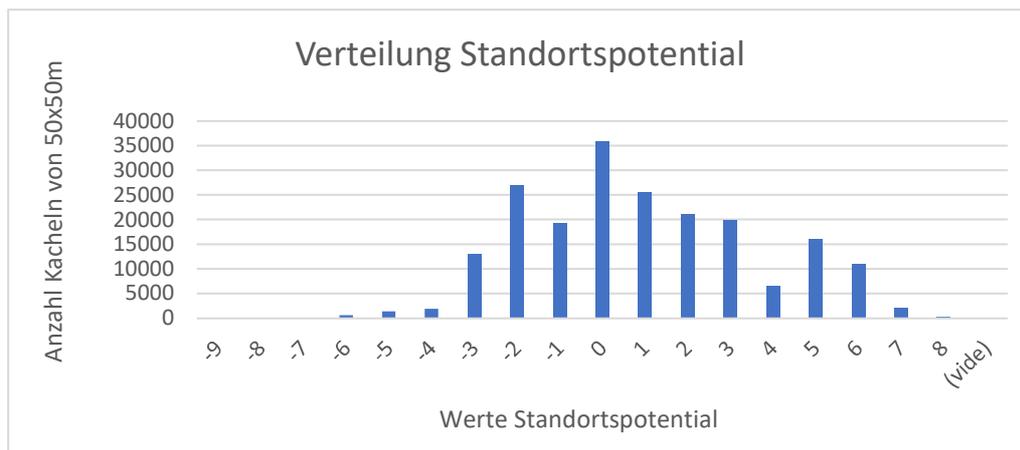


ABB. 45: WERTVERTEILUNG STANDORTSPOTENTIAL

Die Aufteilung der Werte in Klassen von «sehr gering», «gering», «mittel», «leicht erhöht» und «erhöht» wurde gutachtlich eingeteilt und eine möglichst gleichmässige Verteilung gewählt. Dies ergibt folgende Klassen:

TABELLE 20: KLASSIFIZIERUNG STANDORTSPOTENTIAL

WERT STANDORTSPOTENTIAL	KLASSIFIZIERUNG	WALDFLÄCHE GERUNDET [HA]
Sehr gering 1	-9 bis -4	989
Gering 2	-3 bis 0	23'845
Mittel 3	1 bis 2	11'700
Leicht erhöht 4	3 bis 5	12'593
Erhöht 5	5 bis 11	3'324

Im Standortpotential sind die Neigung, die Exposition sowie der Einfluss der Vegetation enthalten. Grossflächige Gebiete mit erhöhter Brandgefahr gibt es v.a. in den Juraketten nördlich von Aarau, dem Chestenberg und der Lägern sowie nördlich von Remigen. In Wynen- und Suhrental wechselt die ermittelte Brandgefahr kleinflächig.

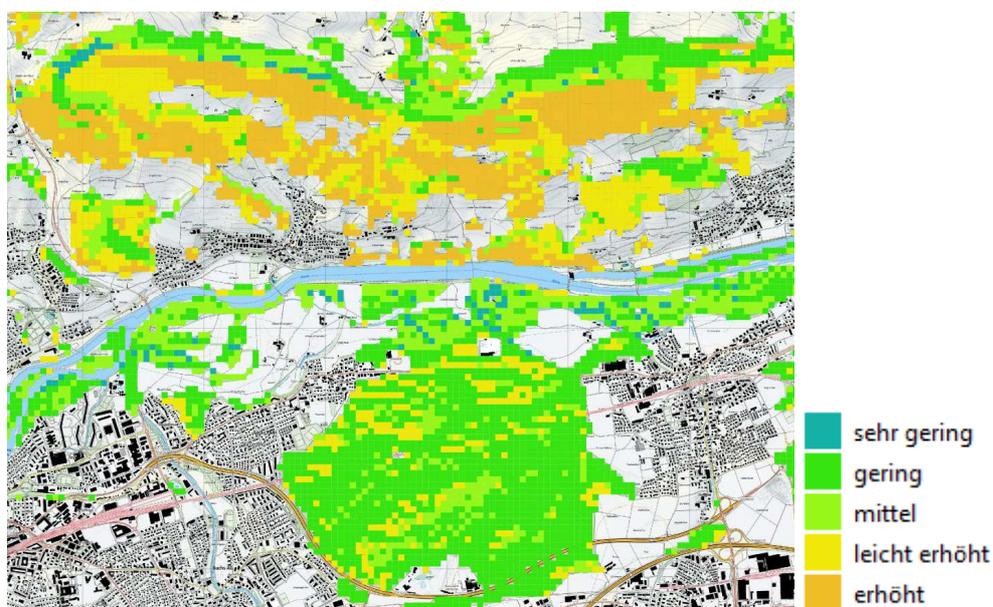


ABB. 46: KARTENAUSSCHNITT MIT DEM MODELLIERTEN STANDORTSPOTENTIAL

Entzündungspotential

Aus den Faktoren Neigung, Exposition, Vegetation und WUI wurde das Entzündungspotential berechnet. Dazu wurden die Werte der verschiedenen Layers addiert.

Entzündungspotential = Neigung (-3 bis 3) + Exposition (-3 bis 3) + Vegetation (-4 bis 2) + WUI (0 bis 5)

Die Wertverteilung des Entzündungspotential in Abb. 47 zeigt, dass durch die Addition des WUI eine Verschiebung zu Werten über 0 stattgefunden hat. Dies ergibt Sinn, weil der WUI nur positive Werte von 0-5 aufweist.

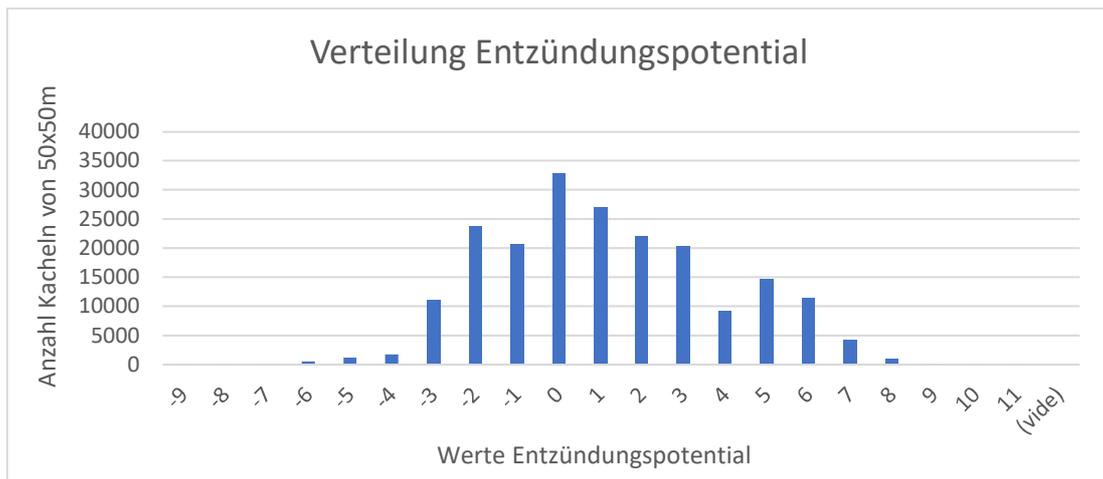


ABB. 47 : WERTVERTEILUNG ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL

Die Klassen wurden gleich gewählt wie beim Standortspotential.

TABELLE 21: KLASIFIZIERUNG ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL

WERT ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL	KLASSIFIZIERUNG	WALDFLÄCHE GERUNDET [HA]
Sehr gering 1	-9 bis -4	888
Gering 2	-3 bis 0	22'062
Mittel 3	1 bis 2	12'276
Leicht erhöht 4	3 bis 5	11'011
Erhöht 5	5 bis 11	4'215

Beim Entzündungspotential kommen zusätzlich zu den Faktoren aus dem Standortspotential der WUI hinzu. Auf die grossräumige Verteilung hat der WUI keinen offensichtlichen Einfluss. Die Änderungen sind lokal. Die Brandgefährdung von Gebieten nahe an Infrastruktur und an Siedlungen ist für das Entzündungspotential tendenziell höher als für das Standortspotential.

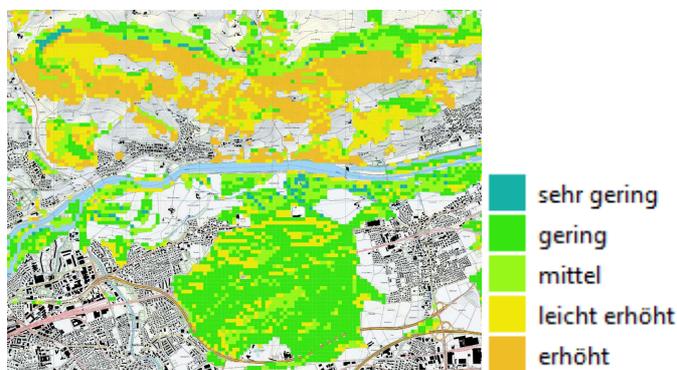


ABB. 48: KARTENAUSSCHNITT MIT DEM MODELLIERTEN ENTZÜNDUNGSPOTENTIAL

11.2 Anhang 2: Vorgehen Worst-Case-Szenario

Für die Modellierung der Ausbreitung hat die WSL-Gruppe ein Raster von 50 m auf 50 m über die Waldfläche im Kanton Aargau gelegt und den Mittelpunkt jeder Rasterzelle (Kachel) als den Startpunkt eines potenziellen Feuers definiert. Anhand der Neigung und der Kontinuität des Waldes haben sie modelliert, ob und in welche Richtung sich das Feuer entwickeln würde. Daraus ist ein Liniendatensatz, der die Ausbreitung des Feuers anhand von «Lauflinien» darstellt, entstanden. Für mehr Details zur Methodologie siehe Conedera et al. (2024). Die Länge der Lauflinie gibt Auskunft über die Grösse eines möglichen Waldbrandes. Das Vorhandensein mehrerer Lauflinien zeigt, wie wahrscheinlich die Entwicklung eines grösseren Waldbrandes ist. Im Gegensatz zum Standorts- und Entzündungspotential sind diese Modellierungen expositionsunabhängig.

Um die Wahrscheinlichkeit eines grösseren Waldbrandes darzustellen, wurde in der vorliegenden Analyse die Laufliniendichte pro Kachel berechnet. Das Maximum lag bei 90 Lauflinien pro Kachel.

Je länger die Lauflinien, die durch eine Fläche gehen, desto grösser können potenzielle Waldbrände werden. Um diesen Effekt zu berücksichtigen, wurden die 20 % längsten Lauflinien (im Aargau: Lauflinien ab 359.7 m) und die 5 % längsten Lauflinien (im Aargau: Lauflinien ab: 670.1 m) berücksichtigt. Der Median aller Lauflinien liegt im Aargau bei rund 150 m.

Anhand der Faktoren Dichte der Lauflinien und Länge der Lauflinien wurden die Kacheln in Kategorien eingeteilt.

TABELLE 22: EINTEILUNG ANHAND DER LÄNGE UND DER DICHTEN DER LAUFLINIEN PRO KACHEL

Lauflinien	Längste 5 %	Längste 6-20 %	Längste 21-100%
Dichte 1-45			
Dichte 45-90			

11.3 Anhang 3: Vorgehen Erreichbarkeit

Fahrzeuge und Zugänglichkeit der Strassen

Die Definition der Durchschnittsgeschwindigkeiten, die für die Berechnung der Einsatzgebiete verwendet werden, basiert auf der Planungshilfe des Dokuments Feuerwehr 2000 (Tabelle 23).

TABELLE 23: DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEITEN GEMÄSS DOKUMENT «FEUERWEHR 2030»

STRASSENZUSTAND	DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT (KM/H)	KLASSIFIKATION NACH SWISSTLM-ATTRIBUTEN
schlecht	30	< 2.80 m
mittel	40	2.80 – 4.20 m
gut	50 - 55	4.21 – 10.20 m

Eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 80 km/h wird für Autobahnen und Autostrassen als plausibel angesehen. Strassen mit einer Breite von weniger als 1,80 m sowie Servicezufahrten zu Autobahnen werden als unzugänglich betrachtet.

Außerdem werden Straßen mit einer Breite von 2 m, die nicht oder nur für Personenwagen befahrbar sind, in der Analyse nicht berücksichtigt.

Folgende Tabelle 24 zeigt eine detaillierte Darstellung der Durchschnittsgeschwindigkeiten und die Beschreibung jedes Elements der für die Analyse verwendeten GIS-Ebene (TLM).

Der für die Modellierung verwendete Fahrzeugtyp ist ein schweres Fahrzeug mit 18 t Gewicht.

TABELLE 24 : STRASSENTYPEN GEMÄSS OBJEKTART UND DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT DER FAHRZEUGE.

STRASSENTYP/OBJEKTART	BREITE	BEMERKUNG	DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT (KM/H)
1m Weg	< 1.81 m	unzugänglich	-
1m Wegfragment	< 1.80 m	unzugänglich	-
2m Weg	1.81 m – 2.80 m	-	30
2m Wegfragment	1.81 m – 2.80 m	-	30
3m Strasse	2.81 m – 4.20 m		40
4m Strasse	4.21 m – 6.20 m		52.5
6m Strasse	6.21 m – 8.20 m		52.5
8m Strasse	8.21 m – 10.20 m		52.5
10m Strasse	> 10.20 m		52.5
Ausfahrt			52.5
Autobahn			80
Autostrasse			80
Dienstzufahrt (zur Autobahn)		unzugänglich	
Einfahrt			52.5
Markierte Spur		unzugänglich	
Raststätte		unzugänglich	
Verbindung			52.5
Zufahrt			52.5

Verlangsamungen (Kurven, Kreisel, Verzögerungen bei der Ausfahrt von der Autobahn...) wurden nicht berücksichtigt, da ihr Einfluss nur gering ist.

Die Unzugänglichkeit einer Region infolge eines außergewöhnlichen Ereignisses im Zusammenhang mit Naturgefahren (Erdbeben, Steinschlag, Hochwasser...) oder aufgrund der Wettersituation wurde in dieser Analyse ebenfalls unberücksichtigt gelassen.

Modellierung

Die Standorte der Feuerwehr im Kanton Aargau stehen nicht digital zur Verfügung, weshalb die verwendeten Standorte nicht immer korrekt sind und die Resultate mit Vorsicht interpretiert werden müssen. Da für diese Analyse auch zu den verfügbaren Mitteln der Feuerwehr an den jeweiligen Standorten keine flächendeckenden Angaben vorhanden waren, ist möglicherweise nicht jeder Standort ausgerüstet, um einen Waldbrand zu bekämpfen.

Für die Bestimmung der Versorgungsgebiete anhand der Einsatzzeiten musste die Zeit definiert werden, die benötigt wird, um jeden Straßenabschnitt des gesamten Netzwerks zu befahren. Zu diesem Zweck wurde an jeder Kreuzung ein Punkt generiert. Die Zeit, die benötigt wird, um jeden Straßenabschnitt bis zum Kreuzungspunkt zu durchfahren, wurde anhand des Straßentyps und der zugehörigen Durchschnittsgeschwindigkeit berechnet. Anhand dieses Attributs und der Position der Feuerwehrdepots wurde die Gesamtzeit berechnet, die benötigt wird, um die einzelnen Punkte zu erreichen. Die berechneten Zeiten wurden dann über das gesamte Gebiet interpoliert. Das Ergebnis wurde in Form von konzentrischen Polygonen veranschaulicht, deren Form und Größe je nach den betrachteten Zeitspannen und der Dichte des Straßennetzes variieren.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die vom Modell erzeugten Polygone nicht dem tatsächlich abgedeckten Gebiet in der abgebildeten Zeitspanne entsprechen. Tatsächlich stellen die Polygone die Flächen dar, die die Straßen enthalten, die in dem abgebildeten Zeitintervall erreichbar sind (Abb. 19). Dies führt dazu, dass ein Gebiet zwischen zwei Straßen als bedient erscheinen kann, obwohl es in Wirklichkeit unzugänglich ist. Je höher die Straßendichte, desto geringer ist die Unsicherheit.



ABB. 49 : BEISPIEL FÜR DIE MODELLIERUNG DER ANFAHRTSZEIT ZUM EREIGNISORT

Wie bereits erwähnt, wurden in der Analyse unterschiedliche Zeiten für die Anreise zum Ort berücksichtigt: 5, 10, 15 und 20 Minuten. Ziel ist es, zu analysieren, ob mit der aktuellen Verteilung der Standorte der Feuerwehr und dem bestehenden Strassennetz die Wälder mit höherem Risiko versorgt werden.

11.4 Anhang 4: Vorgehen Schadenpotential

Folgende Daten wurden für die Analysen verwendet. Stand der Daten ist Ende 2023.

- swissTLM3D_TLM_STRASSEN
- swissTLM3D_TLM_EISENBAHN
- swissTLM3D_TLM_LEITUNG
- swissTLM3D_TLM_VERKEHRSBAUTE
- swissTLM3D_TLM_VERKEHRSAREAL
- swissTLM3D_TLM_NUTZUNGSAREAL
- swissTLM3D_TLM_VERSORGUNGSBAUTE
- swissTLM3D_TLM_FREIZEITAREAL
- Gebäude AGV (Datensatz mit rund 220'000 georeferenzierten Gebäuden, Stand 12.12.2023)
- aw_schutzwgerinnerel_20230228
- aw_schutzwangmure_20230228
- aw_schutzwsteinschl_20230228

Vorgehen Gebäude

In vorliegender Analyse wurden die Daten von rund 220'000 georeferenzierten Gebäuden ausgewertet. Für einen ersten Überblick über die Daten wurde untersucht, in welchem Abstand zum Wald welche Gebäudekategorien vorkommen und wie hoch der durchschnittliche Versicherungswert ist.

Für die Analyse der potenziell stärker gefährdeten Gebäude wurden nur Waldgebiete von mehr als einer Hektare berücksichtigt. In Waldflächen unter einer Hektare werden keine grösseren Waldbrände erwartet. Als Grundlage für die Analysen wurde die Auflösung des Entzündungspotentials und des Worst-Case-Potentials auf 200x200 m erhöht, indem jeweils der Median berechnet wurde. Anschliessend wurden alle Gebäude mit einem maximalen Abstand von 40 m untersucht. Dies entspricht in etwa einer Baumlänge (Baumlängen von 30-40 m auf wüchsigen Standorten im Aargau). Der Datensatz zu den Gebäuden stammt von der Aargauischen Gebäudeversicherung (AGV) und umfasst alle von der AGV versicherten Gebäude (Stand des Datensatzes: Dezember 2023).

Die räumliche Lage eines Gebäudes in Bezug auf den umgebenden Wald ist ein entscheidender Faktor bei der Beurteilung der Gefährdung durch Waldbrände, daher müssen sowohl die Entfernung als auch die relative Lage (Lage des Gebäudes hangaufwärts oder hangabwärts des Waldes) berücksichtigt werden. Typischerweise klettert das Feuer aufgrund der kombinierten Wirkung von Vorwärmung und Kamineffekt schnell die Hänge hinauf. Dadurch sind die bergseitigen Gebäude stärker der Gefahr ausgesetzt. Im Gegensatz dazu wandern Brände langsamer den Hang hinunter und bieten potenziell mehr Zeit für Intervention und Evakuierung. Um diesen Aspekt zu berücksichtigen, wurde das Zentrum des Puffers um die Gebäude neigungsabhängig gemacht:

- Keine Neigung (relativ flaches Gelände mit einer Neigung zwischen 0 und 20 %): keine Verschiebung.
- Mittlere Neigung (Neigung zwischen 20 und 40 %): 5 m Verschiebung.
- Starke Neigung (Neigung über 40 %): 10 m Verschiebung.

Anschliessend wurde in der Attributtabelle der Gebäude-Datensätze ein Vermerk gemacht, wenn Gebäude...:

- ...max. 40 m von einem «leicht erhöhten» oder «erhöhten» Entzündungspotential sind
- ...max. 40 m von einem «erhöhten» Entzündungspotential sind, das Lauflinien ab 670 m (5%längste) enthält

Darauf aufbauend wurden Heatmaps erstellt, die zeigen, wo am meisten Gebäude nahe eines Waldes sind, wo sich am meisten Gebäude in der Nähe eines Waldes mit erhöhtem Entzündungspotentials befinden und wo der Versicherungswert der Gebäude in Waldesnähe am höchsten ist. Als Einflussradius wurden 20 m gewählt. Nach einigen Tests

erschien das der beste Trade-off zwischen Auflösung und Aussagekraft zu sein. Wenn man dies auf der Fläche denkt, ergibt das Sinn, weil mit 20 m das Nachbarhaus in der Regel innerhalb des Einflussradius ist.

Um speziellen Situationen Rechnung zu tragen, wurden Gebäude und weitere Infrastruktur auch visuell untersucht. Spezielle Fälle, wie z.B. Industrie, Gesundheitseinrichtungen und Freizeitanlagen oder weitere Infrastruktur sehr nahe am Wald und/oder in entzündungsgefährdeten Gebieten, sind in den Resultaten dokumentiert.

Ein möglicher weiterer Schritt wäre eine Analyse mit EconoMe. Der erwartete Mehrwert ist jedoch gering.

Ergänzungen Vorgehen weitere Infrastruktur

Unter weiterer Infrastruktur werden hier die Datensätze der Swisstopo zu Strassen, Eisenbahn, Stromleitungen, Versorgungspunkte, Verkehrsarealen, Verkehrsbauten, Freizeitarealen und Nutzungsarealen sowie die Kernkraftwerke verstanden. Das Vorgehen entspricht weitestgehend demjenigen für die Gebäude. Die Infrastruktur wurde jedoch nicht dem Terrain entsprechend verschoben. Dies, weil eine lokale Verschiebung bei grösseren Flächen die Aussage nicht verbessert. Die Punktdatensätze wurden mit 10 m gepuffert. Bei den Liniendatensätzen wurde darauf verzichtet. Dies, weil sie aufgrund der Ausdehnung und der verschiedenen Berührungspunkte bereits gut abgedeckt werden. Stattdessen wurden die Resultate manuell und gutachtlich geprüft und bei Artefakten der Modellierung korrigiert.

Überblick über die Gebäude

Von den insgesamt rund 220'000 Gebäuden sind rund 65 % Wohngebäude und machen damit den Grossteil der Gebäude aus. Weitere 20 % sind Kleinbauten. Andere Gebäudekategorien machen somit nur 15 % der Gebäude aus (Abb. 50).

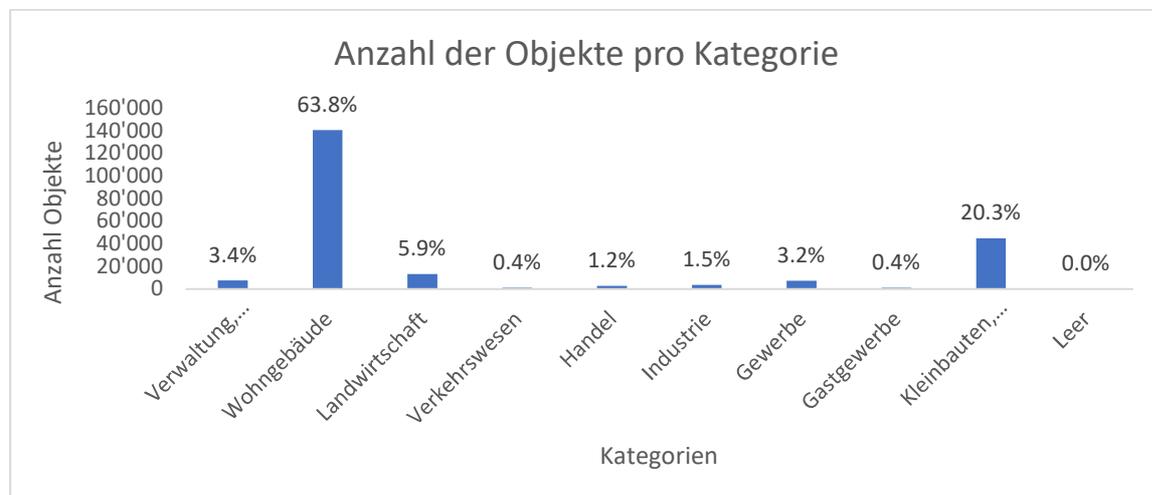


ABB. 50: ANZAHL DER OBJEKTE PRO KATEGORIE

Wenn man statt dem versicherten Wert aller Gebäude (vgl. Abb. 22) den Mittelwert der versicherten Gebäude betrachtet, steigt der Versicherungswert mit der Distanz zum Wald schneller an (Abb. 51). Auch der Mittelwert der versicherten Gebäude erreicht bei 20 m einen Höchstwert.

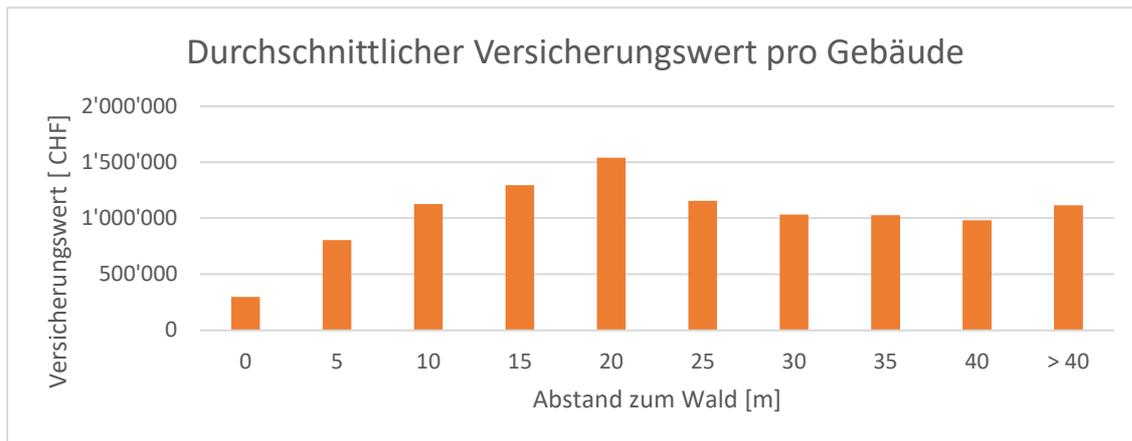


ABB. 51: DURCHSCHNITTLICHER VERSICHERUNGSWERT PRO GEBÄUDE NACH WALDABSTAND

Heatmaps

Anzahl Gebäude mit ≤ 40 m Waldabstand

Die Anzahl der Gebäude mit einem max. Abstand von 40 m zum Wald ist in der Nähe der Städte am höchsten (Baden, Brugg, Lenzburg, Aarau, Bremgarten und Zofingen; s. Abb. 52). Es gibt aber auch einige eher ländliche Gebiete entlang des Rheins, im Wynental oder nahe Murgenthal.

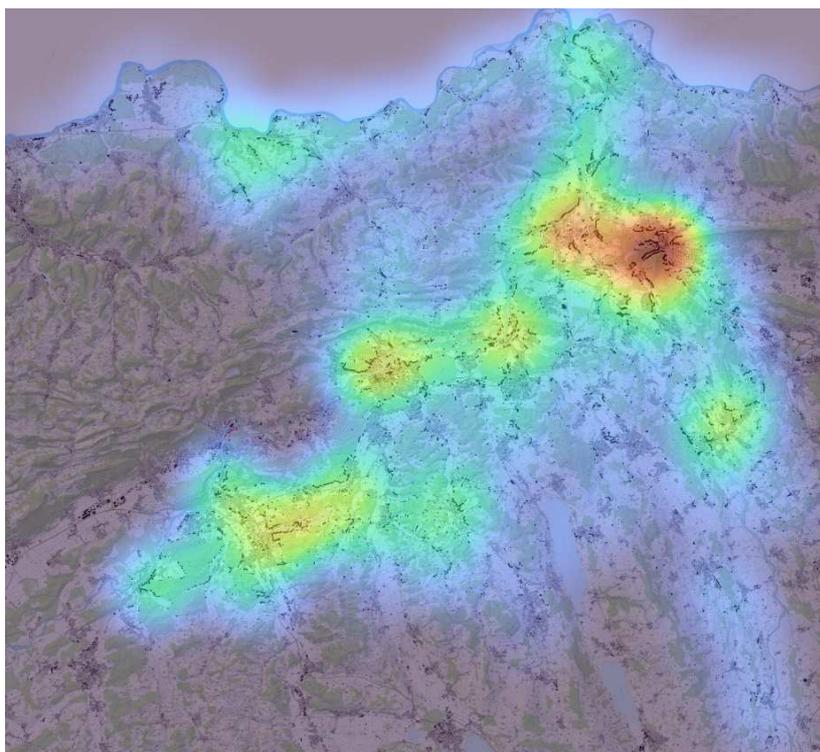


ABB. 52: HEATMAP DER ANZAHL GEBÄUDE MIT MAXIMAL 40 M ABSTAND ZUM WALD. FÜR DEN GANZEN KANTON AARGAU.

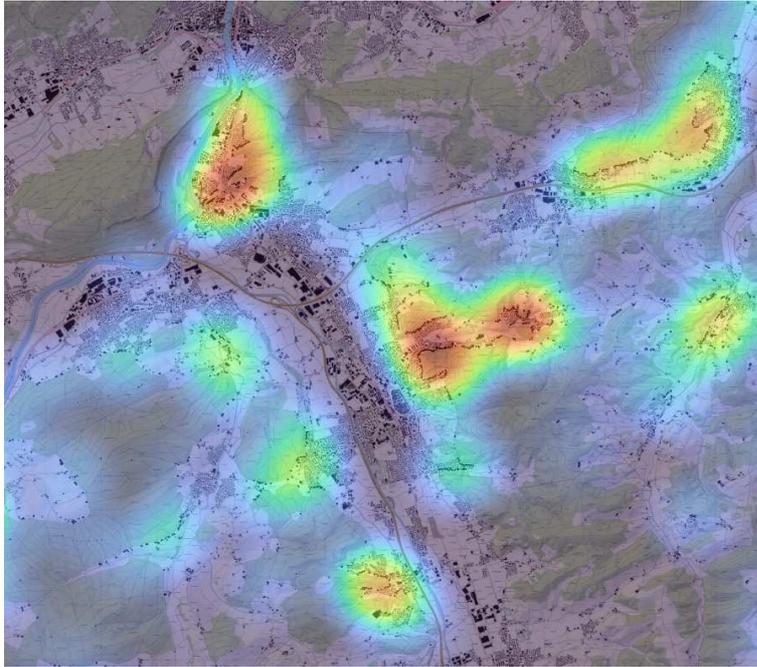


ABB. 53: HEATMAP DER ANZAHL GEBÄUDE MIT MAXIMAL 40 M ABSTAND ZUM WALD. AUSSCHNITT UM ZOFINGEN. DAS GEBIET «OELTROTTE» (IN DER MITTE DES BILDAUSSCHNITTES) FÄLLT AUF MIT EINER HOHEN ANZAHL AN GEBÄUDEN IN WALDESNÄHE.