

Waldbrände im Klimawandel: Ist die Schweiz vorbereitet?

Wann, wie oft, warum und wie intensiv Wälder in einem Gebiet brennen, hängt von vielen Faktoren ab. Kurzfristig wird die Waldbrandgefahr vor allem durch extreme Trockenheit beeinflusst, die oft mit hohen Temperaturen oder starkem Wind einhergeht und brennbares Material leicht entzündlich macht. Langfristig sind neben dem Klimawandel die Landnutzung und der Bevölkerungsdruck entscheidend sowie die allgemeine Einstellung der Menschen zur Umwelt. Die in den letzten Jahren häufiger auftretenden längeren Trockenperioden und die Zunahme der Waldfläche durch die Nutzungsaufgabe landwirtschaftlicher Grenzertragsflächen im Alpenraum weisen auf eine mögliche Verschärfung des Waldbrandphänomens hin. Ziel eines modernen Waldbrandmanagements ist es, das Waldbrandgeschehen so zu beeinflussen, dass es zu keinen gravierenden Auswirkungen auf die Umwelt und die Waldfunktionen – und damit auch auf Menschen und Infrastruktur – kommt. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Behörden, Administration und Forschung. Wo steht die Schweiz?

Gianni Boris Pezzatti¹,
Marco Conedera¹, Davide Ferrioli²,
Aron Ghiringhelli³, Marc Ballmer⁴
und Stefan Beyeler²

¹ Eidg. Forschungsanstalt WSL,
Birmensdorf

² Sektion Waldschutz und
Waldgesundheit, Bundesamt für
Umwelt BAFU, Bern

³ Sezione forestale del Canton
Ticino, Bellinzona

⁴ Amt für Jagd, Wald und Natur
des Kanton Neuenburg, Couvet

1 Waldbrände in der Schweiz

Waldbrände sind diskrete, unregelmässig auftretende Störungsereignisse, die weltweit von den borealen Regionen über den Mittelmeerraum bis in die Tropen vorkommen. Obwohl die Schweiz im weltweiten Vergleich als Land mit eher geringem bis mittlerem Waldbrandrisiko eingestuft wird (Conedera *et al.* 2011), legt die Kombination von menschlichen Aktivitäten, zusammenhängenden Waldflächen an steilen Hängen und regelmässig auftretenden, brandfördernden Wetterbedingungen (Conedera *et al.* 2018) auch für die Schweiz nahe, die aktuellen Waldbrandstrategien an die sich stetig ändernden Bedingungen anzupassen. Insbesondere die Klimaerwärmung, die längeren schneearmen Perioden und die in den letzten Jahrzehnten häufiger auftretenden längeren Trockenperioden werfen die Frage nach einer zu erwartenden Zunahme der Waldbrandgefahr auf (Pezzatti *et al.* 2016). Historisch gesehen ist vor allem der Alpenraum betroffen, insbesondere die Alpensüdseite und die trockenen Gebiete der Zentralalpen, wo Waldbrände eine bedeutende Naturgefahr darstellen (Conedera *et al.* 2017). Im Alpenraum sind Brandereignisse, die Hunderte von Hektaren Wald betreffen, auch heute noch keine Seltenheit. Sie können daher auch die Schutzfunktion des Waldes beeinträchtigen. Die meisten Brände sind Bodenfeuer, die sich in den Laubwäldern südlich der Alpen während der Vegetationsruhe ausbreiten. In den Nadelwäldern der Zentralalpen kann es im Sommer aber auch zu sehr intensiven Kronenbränden kommen, die ganze Waldbestände zum Absterben bringen. Auf der Alpennordseite stellen Waldbrände im Vergleich zu

Windwurf, Borkenkäferbefall und Schnee-/Eisbruch derzeit hinsichtlich der betroffenen Fläche keine wesentliche Störung dar (Wohlgemuth *et al.* 2023).

1.1 Aktuelles Waldbrandgeschehen

Waldbrände in der Schweiz werden in der Waldbranddatenbank Swissfire erfasst. Gemäss Definition der Datenbank Swissfire sind Waldbrände Vegetationsfeuer, die ausser Kontrolle geraten und Bäume oder Gehölze innerhalb der Waldfläche betreffen. Dabei werden Waldbrandereignisse unabhängig von der Grösse der betroffenen Fläche erfasst, da auch sehr kleine Ereignisse ohne sofortige Löschaktion zu grossen Waldbränden führen können (Pezzatti *et al.* 2019).

Das Register wird seit 2008 schweizweit nachgeführt und enthält sehr lange regionale Datenreihen, zum Beispiel aus den Kantonen Tessin und Wallis, die über 100 Jahre zurückreichen. Durch gezielte Archivrecherchen werden laufend fehlende Daten aus früheren Jahren für weitere Regionen ergänzt (Pezzatti *et al.* 2019). Aufgrund des unterschiedlichen Detaillierungsgrades bei den verschiedenen Quellen, wird im Folgendem bei den Flächenangaben die gesamte vom Brand betroffene Fläche, also auch ausserhalb des Waldes, angegeben.

In der Datenbank Swissfire sind für die Schweiz für die Periode 2000–2023 vorläufig durchschnittlich 118 Waldbrände pro Jahr mit einer Gesamtfläche von rund 157 ha (etwa 213 Fussballfelder) registriert, mit maximalen jährlichen Werten von 309 Ereignisse im Jahr 2003 und 682 ha im Jahr 2002. Die Alpensüdseite weist dabei die deutlich höchste mittlere jährliche Brandhäu-

figkeit (38) und Brandfläche (118 ha) auf. Auch auf der Alpennordseite (Mittelland, Jura) sind Waldbrände mit 34 Bränden pro Jahr keine Seltenheit. Sie betreffen aber – abgesehen vom Alpengebiet – nur sehr kleine Flächen (4,5 ha pro Jahr).

Ein guter Indikator für die Waldbrandgefährdung der einzelnen Regionen der Schweiz ist das Verhältnis zwischen effektiven Brandereignissen (Frequenz und Brandfläche) und der verfügbaren brennbaren Landfläche (Abb. 1). Mit 12,8 Brände/Jahr/1000 km² ist die

jährliche Waldbrandfrequenz auf der Alpensüdseite am höchsten, gefolgt von den Alpen (4,9 Brände/Jahr/1000 km²). Bei der Brandfläche sind die Unterschiede noch deutlicher: 39,3 ha/Jahr/1000 km² auf der Alpensüdseite, 5,0 ha/Jahr/1000 km² in den Alpen und insgesamt 1,1 ha/Jahr/1000 km² in den anderen Regionen der Schweiz (Abb. 2 und 3). Dieser abnehmende Gradient im Waldbrandgeschehen entlang der Süd-Nord-Achse ist auch in den Nachbarländern im ganzen Alpenraum zu beobachten (Conedera et al. 2018).

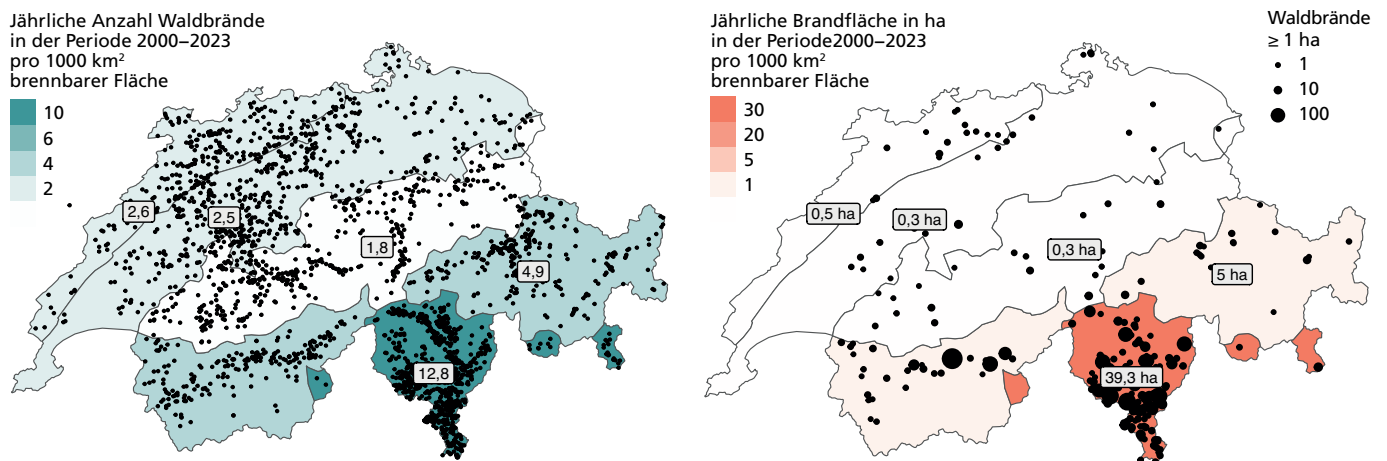


Abb. 1. Jährliche Anzahl Waldbrände (links) und Brandfläche pro 1000 km² brennbarer Fläche (rechts) in den biogeographischen Regionen der Schweiz von 2000 bis 2023. Quelle: Swissfire

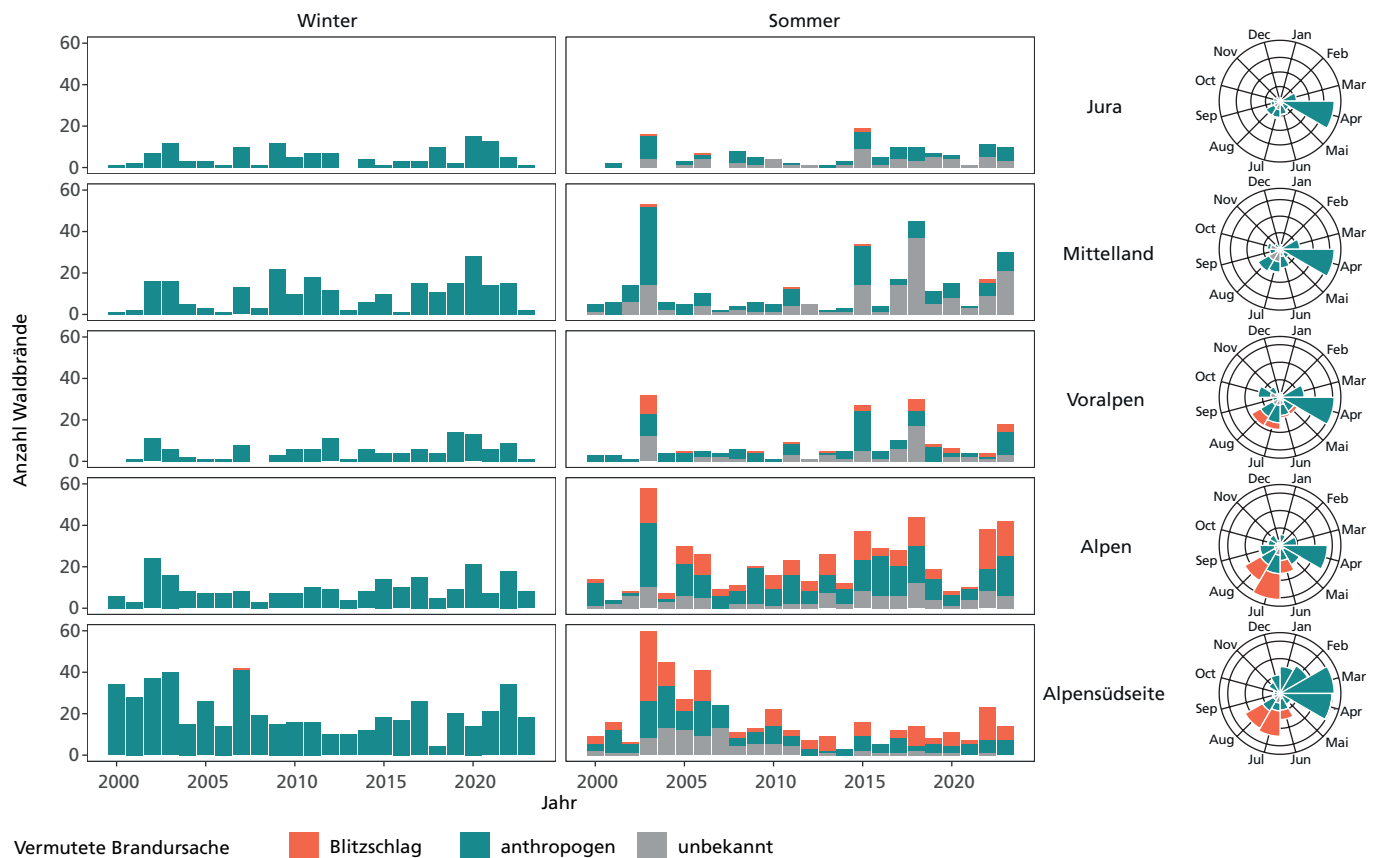


Abb. 2. Jährliche Anzahl Waldbrände und vermutete Brandursachen in den biogeographischen Regionen der Schweiz von 2000 bis 2023 im Winterhalbjahr (Dezember bis April; links) und Sommerhalbjahr (Mai bis November; rechts). Ganz rechts ist die entsprechende monatliche Verteilung dargestellt. Quelle: Swissfire

Wie die Abbildungen 2 (Brandhäufigkeit) und 3 (Brandfläche) zeigen, unterliegt das Waldbrandgeschehen aufgrund der regionalen meteorologischen Verhältnisse starken jährlichen Schwankungen.

Die meisten Brände ereignen sich zwischen Mai und November (56,4 %), wobei 74,2 % der Brandfläche als Bodenfeuer während der Vegetationsruhe (Dezember bis April) entfallen. Im Jahresverlauf gibt es im Allgemeinen zwei deutliche Höhepunkte, einen im späten Frühjahr vor dem Austrieb der Laubbäume und einen zweiten im Hochsommer (vor allem Juli und August). In den Gebirgsregionen (Voralpen, Alpen und Alpensüdseite) ist das sommerliche Waldbrandmaximum durch Blitzschlag besonders ausgeprägt (Abb. 2), flächenmässig aber nur in den Zentralalpen dominierend (Abb. 3).

Auch wenn seit dem Jahr 2000 eine Abnahme der Waldbrandhäufigkeit auf der Alpensüdseite beobachtet wird, kann noch kein signifikanter Trend nachgewiesen werden (Abb. 2).

1.2 Brandursachen

Blitzschlag ist die einzige natürliche Brandursache, die vor allem im gebirgigen Gelände und im Hochsommer (Juni, Juli und August) während Trockenperioden auftritt. In den Jahre 2000 bis 2023 sind 22,9 % der Sommerbrände und 13,0 % aller Ereignisse auf Blitzschlag

zurückzuführen. Obwohl diese Brände in der Regel flächenmässig von geringer Bedeutung sind, können sie löschtechnisch herausfordernd sein (steile und unzugängliche Gebiete, wochenlang unterirdisch schwelende Brände, die aus der Luft nur schwer zu löschen sind) und entsprechend hohe Löschkosten verursachen (Rattalino et al. 2024).

Menschliche Ursachen sind vor allem Nachlässigkeit, zum Beispiel weggeworfene Raucherwaren von Touristen oder Wanderern und Sonstiges (durchschnittlich 26,4% der Ereignisse mit bekannter Ursache) oder ungenügend gelöschte Feuerstellen (15,4 %). Eine weitere wichtige Ursache sind forstwirtschaftliche Aktivitäten, die insbesondere auf der Alpennordseite (17,5 %) im Vergleich zur Gesamtschweiz (8,4 %) häufig sind. Obwohl belegte Brandstiftung in der Schweiz nicht die häufigste Ursache ist (10,3 %) und in den Alpen eher selten vorkommt (3,7 %), ist sie dort für 43,2 % der gesamten Brandfläche verantwortlich.

1.3 Waldbrand und Trockenheit

Der Wassergehalt des Brandgutes (Humus, Streuschicht, Totholz und Vegetation) ist ein entscheidender Faktor für die Entstehung und Ausbreitung von Waldbränden. Für die Entstehung eines Vegetationsbrandes ist nicht unbedingt eine langanhaltende Trockenheit erforder-

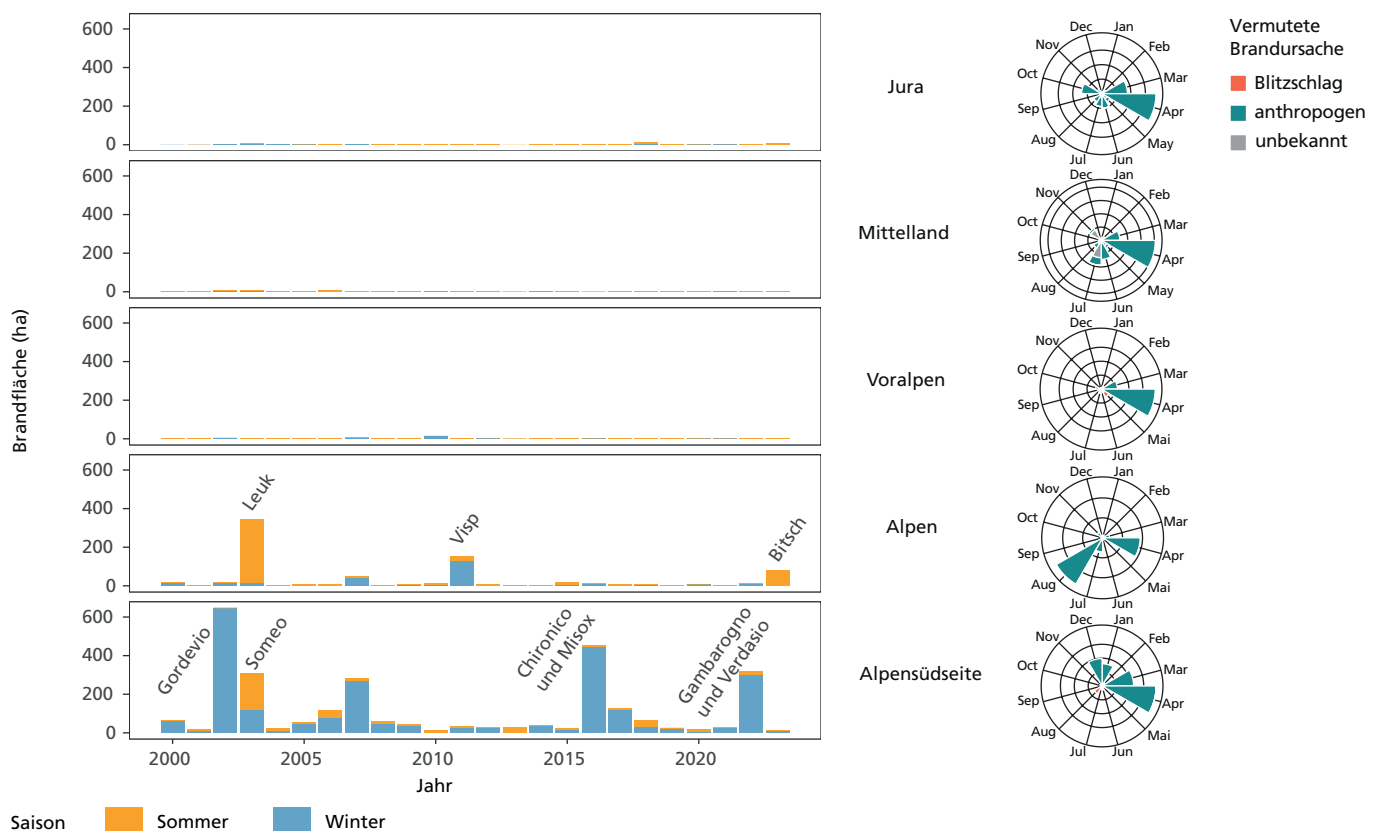


Abb. 3. Brandfläche in den biogeographischen Regionen der Schweiz von 2000 bis 2023 im Winterhalbjahr (Dezember bis April, blau) und Sommerhalbjahr (Mai bis November; gelb). Rechts ist die entsprechende monatliche Verteilung dargestellt. Quelle: Swissfire

lich. In Laubwäldern genügt beispielsweise im Winter eine Streuschicht, die durch die Sonneneinstrahlung der unbelaubten Baumkronen oder während einiger Stunden durch Föhnwind abgetrocknet ist, um ein Bodenfeuer zu ermöglichen, selbst wenn die Humusschicht noch feucht ist. In diesem Fall sind aber die Entwicklung, die Intensität und die anschliessende Ausbreitungsgeschwindigkeit begrenzt, da das Feuer zunächst die vorhandene Feuchtigkeit aus dem Brandgut entfernen muss. Solche Bedingungen – auch brandgünstige Fenster genannt –, können sich regional und zeitlich stark unterscheiden. Massgebend ist dabei die Luftfeuchtigkeit, die stark von lokalen Winden wie dem Föhn abhängt. Deshalb sind in der Wintersaison keine gesamtschweizerischen Muster erkennbar (Abb. 2).

Anders verhält es sich in der Sommersaison, wo der Einfluss von überregionaler Sommertrockenheit auf die Brandhäufigkeit sichtbar wird (Abb. 2). So sind die Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Waldbrandhäufigkeit in der ganzen Schweiz sichtbar, während in den Jahren 2015, 2018 und 2023 die Häufigkeit vor allem von den Alpen ins Mittelland (2015 wohl auch im Jura) deutlich höher war. Besonders in den Alpen ist Sommertrockenheit ein bekannter prädisponierender Faktor für Blitzschlagbrände, deren Anzahl gut mit Trockenheitsindikatoren wie dem mittleren Dampfdruckdefizit korreliert (Moris *et al.* 2020). Diese auffälligen sommerlichen Brandsaisons haben sich aber nur in den Alpen und für die Jahre 2003 und 2023 in einer erhöhten gesamten Brandfläche niedergeschlagen (Abb. 3). Ein Jahr mit vielen Bränden ist nicht immer mit einem Jahr mit einer grossen Gesamtbrandfläche gleichzusetzen, da in der Regel der grösste Anteil der Brandfläche auf wenige Ereignisse zurückzuführen ist (vgl. Abb. 3).

1.4 Grössere Waldbrände

Die Geschichte zeigt, dass Waldbrände auch in der Schweiz zu einem grossflächigen Phänomen werden können. Der grösste Waldbrand in der Schweiz seit 1900 war derjenige im Val Colla 1973 mit einer Brandfläche von 1600 ha. Im gleichen Jahr erreichte die gesamte Brandfläche im Tessin die Rekordmarke von 7200 ha (72 km²) geschädigtem Wald, was rund 5 % der Tessiner Waldfläche entspricht.

Im Vergleich dazu gab es seit 2000 nur 16 Waldbrände mit einer Fläche von über 50 ha. Diese «Grossbrände» ereigneten sich ausnahmslos im Alpenraum, meist auf der Alpensüdseite und überwiegend in der Wintersaison. Nur drei ereigneten sich im Sommer: ein Grossbrand auf der Alpensüdseite (Someo 2003–130 ha, Blitzschlag) und zwei im Wallis (Leuk 2003: 310 ha durch Brandstiftung; Bitsch 2023: 64 ha wegen Sabotage einer Stromleitung).

Die letzten grösseren Waldbrände in der Wintersaison ereigneten sich 2022 am Monte Gambarogno (196 ha, Januar, Fahrlässigkeit), in Verdasio-Centovalli (87 ha, März, Bahnbetrieb), 2016 in Mesocco (119 ha, Dezember, Brandstiftung), Chironico (114 ha, Fahrläs-

sigkeit) und Isona (180 ha, Armee). In Isona war der grösste Teil der verbrannten Fläche jedoch Grasland (160 ha).

Die Bedingungen, die diese grösseren Brände ermöglichen, sind nicht nur meteorologischer Natur. Zum einen spielt die zusammenhängende Waldbedeckung in Verbindung mit der Topografie eine grosse Rolle. Zum anderen können sich Brände in steilem Gelände aufgrund der exponentiellen Entwicklung der hangspezifischen Thermik schnell in die Höhe ausbreiten (Conedera *et al.* 2024). Insbesondere in Föhren- und anderen Nadelwäldern, wo ein Überspringen des Feuers über die Baumkronen wahrscheinlicher ist, wird es dann kaum möglich sein, die Feuerfront direkt zu bekämpfen. Die Intensität der Feuerfront bricht erst dort ab, wo die Topografie flacher wird (z.B. bei topografisch ebenem Gelände oder auf einer Kuppe), wo das Brandgut fehlt oder die hangbedingte Sogwirkung abbricht (Winkler 1944), wie zum Beispiel bei den Bränden von Leuk oder Visp.

Bei solchen sehr intensiven Waldbränden werden glühende Brandpartikel oft durch die Thermik angehoben und mehrere hundert Meter über die Feuerfront hinweg transportiert, wo sie neue Feuer entfachen können, wie im Fall Bitsch bestätigt wurde (Müller *et al.* 2024). Dies stellt eine zusätzliche Erschwernis für die Einsatzkräfte dar, die im schlimmsten Fall zwischen zwei Brandherden eingeklemmt werden können.

Der Wind ist ein weiterer entscheidender Faktor, der die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Feuers begünstigen und die Löscharbeiten erschweren kann. So kann sich die Feuerfront auch seitlich oder hangabwärts ausbreiten, wie das Beispiel des Brandes am Monte Gambarogno (196 ha) zeigt: Das Feuer brach nachts in der Nähe des Bergkamms aus und wurde durch einen starken Föhnwind talwärts in Richtung des Dorfes Indemini «gedrückt». Auch in Bitsch konnte nur eine plötzliche und günstige Windrichtungsänderung am Abend die Ausbreitung des Feuers in Richtung des bereits vorsorglich evakuierten Dorfes stoppen.

2 Folgen von Waldbränden

Waldbrand ist eine natürliche Störung, die eine wichtige Rolle in der Walddynamik spielen kann. Waldbrände können aber auch negative sozioökonomische Folgen haben. Auch wenn direkte Schäden an Infrastrukturen im alpinen Raum der Schweiz bisher eher selten geblieben sind, können von Feuer versehrte Hänge oberhalb von Siedlungen durch die vorübergehend beeinträchtigte Schutzfunktion des Waldes und die veränderten hydrologischen Eigenschaften des Bodens schwerwiegende indirekte Folgeschäden verursachen. In den ersten Jahren nach einem Brand kann Wasser durch die Asche kaum versickern, was die Erosion bei Starkregen begünstigt (Wohlgemuth *et al.* 2005). Besonders im Alpenraum ist die Schutzfunktion des Waldes vor Naturgefahren für Menschenleben und Sachwerte sehr wichtig (z.B. beträgt der Schutzwaldanteil im Kanton

Wallis 87% der Waldfläche, im Kanton Tessin 84 %; im Tessin die Hälfte mit direkter Schutzfunktion) und unentbehrlich.

2.1 Erholt sich der Wald?

Vegetationsbrände sind nicht per se schädlich für die Natur. Durch Feuer wird lebende und tote Biomasse, zum Beispiel Streu, auf sehr unterschiedliche Weise zersetzt (mineralisiert). Dabei wird Kohlenstoff in die Atmosphäre freigesetzt, es entstehen aber auch Asche und pflanzenverfügbare Nährstoffe. Ferner entstehen durch die Brände Lücken im Vegetationsbestand, wodurch mehr Licht auf den Boden fällt, die Konkurrenz durch grosse Bäume verringert und damit die Besiedlung durch viele, vor allem lichtbedürftige Arten ermöglicht wird (Wohlgemuth *et al.* 2005).

Ob und in welchem Umfang Pflanzen- und Tierarten das Feuer überleben, hängt insbesondere von den folgenden Eigenschaften des Feuerregimes ab: Feuerart (Kronen-, Boden- und Untergrundfeuer), Feuerintensität als messbare Grösse des Feuerverhaltens (Conedera *et al.* 2025), Zeitpunkt, bzw. die Saisonalität

des Feuers, sowie die Ausdehnung und Frequenz der Feuerereignisse.

Bei der Anpassung von Gehölzen an Feuer wird zwischen passiven und aktiven Strategien unterschieden. Eine passive Anpassung (Resistenz) liegt vor, wenn Arten durch die Bildung von hitzedämmenden und flammbeständigen Geweben (z.B. dicke Borke) in der Lage sind, ein Feuer zu überleben. Eine aktive Anpassungsstrategie liegt vor, wenn die Gründung einer neuen Generation (Resilienz) durch das Feuer begünstigt wird.

Generell sind die Erholungszeiten für ausschlagfähige Laubwälder kürzer als für kronenbrandanfällige Nadelwälder (Abb. 4). In den letzteren können die Erholungszeiten für eine schutzfähige Waldstruktur je nach Exposition, Höhenlage, Boden und den waldbaulichen Eingriffen nach dem Ereignis sehr unterschiedlich sein (Wohlgemuth *et al.* 2018). Besonders anfällig ist die Verjüngung von Gehölzen auf südexponierten Hängen, wo sie im Sommer der austrocknenden Sonneneinstrahlung und im Winter dem Verbiss von Wildtieren an früh ausapernden Stellen ausgesetzt ist. Im Wallis ist die Waldverjüngung auf Brandflächen an Nordhängen etwa zehnmal häufiger als an Südhängen

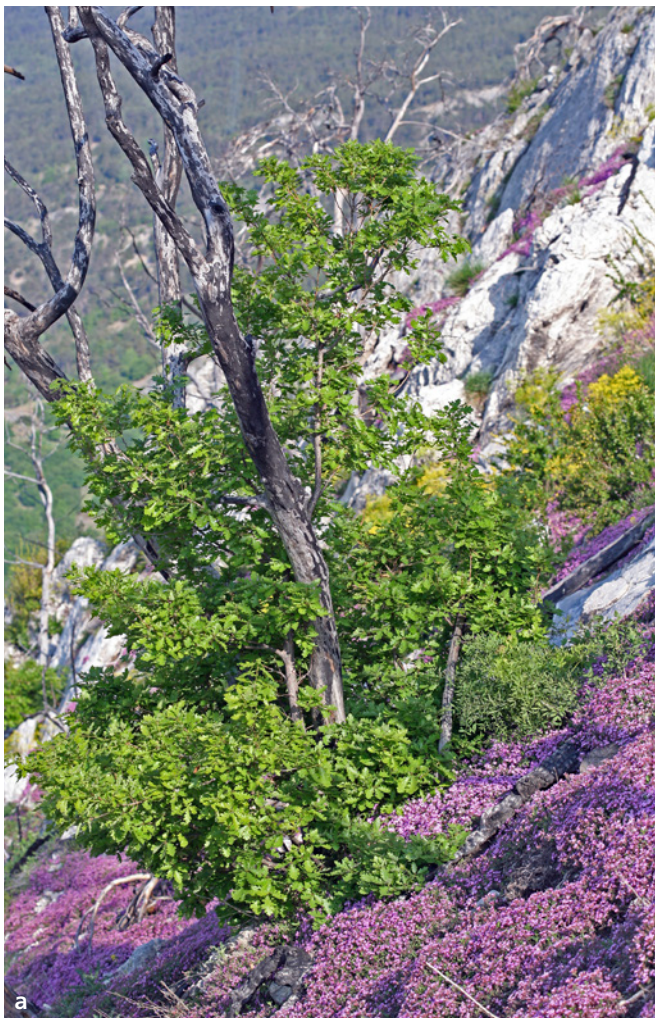


Abb. 4. a) Ausschlagende Flaumeiche und b) verkohlte Waldföhren einige Jahre nach dem Brand von 2003 in Leuk. (Fotos: Ulrich Wasem, WSL)

(Gauye *et al.* 2023). Ausserdem können die besseren Lichtverhältnisse nach einem Brand die Ansiedlung von neophytischen Pioniergehölzen wie Robinie oder Götterbaum begünstigen, wie dies in den tieferen Lagen der Alpensüdseite zu beobachten ist.

2.2 Wasser auf Feuer: nicht immer positiv

Treten in den Monaten nach einem Grossbrand starke Niederschläge auf, können Strassen und Siedlungen durch erhöhte gravitative Naturgefahren in Mitleidenenschaft gezogen werden (Conedera *et al.* 2003). Neben der Veränderung des Waldbestandes bzw. der Beeinträchtigung der Schutzfunktion vor direktem Steinschlag wirken hohe Feuertemperaturen auf Boden und

Fels und können geohydrologische Prozesse wie Erosion, Steinschlag, Felsstürze, Murgänge, Hangmuren und Rutschungen bedingen (Melzner *et al.* 2023).

Diese Prozesse wirken vom Brandereignis bis Jahrzehnte danach, insbesondere wenn ganze Einzugsgebiete vom Brand betroffen sind. So führte beispielsweise fünf Monate nach dem Waldbrand oberhalb von Ronco s/Ascona (März 1997) ein 10-jährliches Niederschlagsereignis über der Brandfläche zu einem 200-jährigen Hochwasser- und Murgangereignis mit einer Geschiebefracht von 3500 m³ im Dorf (Conedera *et al.* 2003). Und nach dem Waldbrand von Visp (2011) ereigneten sich sieben Jahre später im Waldbrandgebiet Erdbeben und Murgänge, die das darunter liegende Industriegebiet bedrohten.

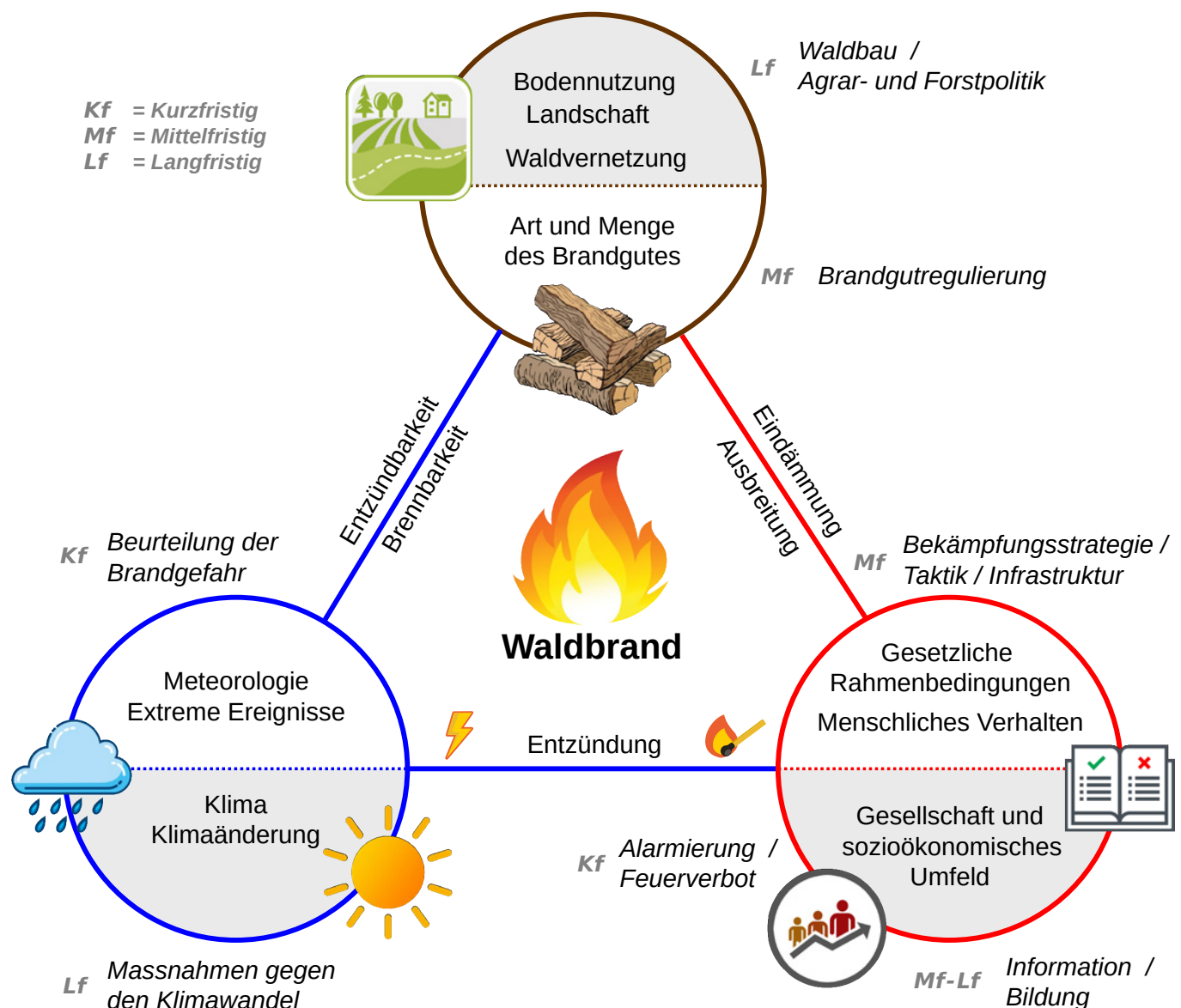


Abb. 5. Dynamische Faktoren die das Waldbrandgeschehen beeinflussen und Elemente eines integralen Waldbrandmanagements. In den Kreisen unterscheidet man die kurzfristigen von der mittel-langfristigen Faktoren, die letzteren sind grau gefärbt. Bei den Massnahmen wird deren Auswirkung als kurzfristig (Kf), mittelfristig (Mf) und langfristig (Lf) angegeben.

3 Waldbrandmanagement

3.1 Das Bedürfnis nach einem ganzheitlichen Ansatz

Das Feuerregime einer Region ist das Ergebnis komplexer Wechselwirkungen zwischen Klima und Witterung, Brennmaterial, Topografie, Zündquellen und Löschkapazität/-effizienz (Krebs *et al.* 2010). Die Topographie ist zwar ein wichtiger Faktor, der das Feuerverhalten beeinflusst, wird aber zu den nicht beeinflussbaren Eigenschaften gezählt. Veränderungen im Waldbrandgeschehen lassen sich daher auf klimatische und anthropogene Faktoren beschränken (Pezzatti *et al.* 2013), die sowohl kurz- als auch langfristig wirken (Abb. 5). Meteorologische Phänomene können Feuer direkt entfachen (Blitzschlag) oder indirekt begünstigen. Kurzfristig, indem sie den aktuellen Feuchtigkeitsgehalt der Vegetation verändern (de Angelis *et al.* 2015), langfristig, indem sie Art und Umfang der Biomasseproduktion beeinflussen. Der direkte oder indirekte Einfluss des Menschen auf das Feuerregime ist am grössten. Direkt durch Brandstiftung, Unachtsamkeit oder Unfall, indirekt etwa durch die Beeinflussung von Art, Menge und Vernetzung der Vegetation, zum Beispiel durch waldbauliche Eingriffe oder durch das Feuermanagement wie Brandschutzvorschriften, Regulierung des Brennmaterials oder Massnahmen zur Waldbrandbekämpfung (Zumbrunnen *et al.* 2012; Pezzatti *et al.* 2013).

Insbesondere in Gebieten mit geringem bis mittlerem Brandrisiko wie der Schweiz kann eine Änderung der bisherigen land- und forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung oder Landnutzung (z.B. Aufgabe landwirtschaftlicher Grenzertragsflächen) die Brandanfälligkeit schnell verändern. Auch ein zunehmendes Bewusstsein für die Brandgefahr kann das Risiko vermindern (z.B. Conedera *et al.* 2004; Zumbrunnen *et al.* 2012). Im Tessin kam es beispielsweise in den 1960er-Jahren zu einer vielfachen Zunahme der Waldbrände. Ursache war die abrupte Aufgabe der traditionellen Landwirtschaft und die Abwanderung aus abgelegenen Gebieten, was einerseits die Waldfläche und andererseits die Brandgutverfügbarkeit in den Wäldern erhöhte, da dort kein Brennholz und keine Streu mehr gesammelt wurden. Zudem wurden landwirtschaftliche Grenzertragsflächen durch die Nutzungsaufgabe in kurzer Zeit zu leicht entflammaren Brachflächen (Pezzatti *et al.* 2013).

Ebenso können Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen und in der Löschorganisation einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung und Bekämpfung von Waldbränden haben. Nach dem verheerenden Jahr 1973, in dem sich im Tessin 180 Waldbrände auf einer Fläche von 72,8 km² ausbreiteten, wurden in den 1980er-Jahren die Feuerwehren reorganisiert und die zur Verfügung stehenden technischen Mittel verbessert, zum Beispiel durch den regelmässigen Einsatz von Löschhelikoptern. Ein Beispiel, wie sich gesetzliche Rahmenbedingungen indirekt auf das Brandrisiko auswirken können, ist das seit 1989 konsequent durchgesetzte Verbot des offenen Verbrennens von Abfällen

Projekt MaLeFiX – drought.ch

Im Rahmen des Projektes MaLeFix des WSL-Forschungsprogramms EXtremes wurden neuartige Ansätze mit künstlicher Intelligenz (Machine Learning) für verschiedene Impakt-Modelle entwickelt, wie Oberflächengewässer, Borkenkäfer, Fliessgewässertemperatur, Bodenfeuchte und auch Trockenheit im Wald. Die Vorhersagen werden dabei bis auf einem Monat ausgedehnt und neu die Konfidenz/Unsicherheit berechnet und visualisiert.

pflanzlicher Herkunft (z.B. Gartenabfälle, Schnitträste, Reisig bei Waldarbeiten), das sich auf die schweizerische Luftreinhalteverordnung stützt. Auch die Waldbrandhäufigkeit während der Vegetationsruhe ist in den Zeiträumen 1981–1990 und 1991–2000 trotz feuerbegünstigender Klimabedingungen um 38,2 Prozent zurückgegangen. Diese Beispiele zeigen eindrücklich, welchen Effekt Gesetzgebung und gesellschaftliche Massnahmen auf die Waldbrandhäufigkeit haben können.

3.2 Bevorstehende Herausforderungen

Im gesamten Alpenraum, von Frankreich bis Slowenien, erfordern die zukünftigen Herausforderungen einen integralen Ansatz zum Waldbrandmanagement (Mayer *et al.* 2020). In der Schweiz, die am stärksten von Waldbränden betroffenen Kantone haben in den letzten Jahrzehnten erfolgreich integrale kantonale Waldbrandstrategien erarbeitet (Wallis 2008; Tessin 2017; Graubünden 2019), die es erlauben, Waldbrände unter Kontrolle zu halten oder sogar die Waldbrandhäufigkeit und die Brandfläche zu reduzieren, wie das Beispiel des Kantons Tessin zeigt. Diese Konzepte erfordern einen ganzheitlichen Ansatz, der alle Einflussfaktoren und möglichen Massnahmenbereiche berücksichtigt und sinnvoll miteinander verknüpft.

Die aktuellen sozioökonomischen und klimatischen Entwicklungen werfen die Frage auf, ob sich die Situation in Zukunft weiter verschärfen wird. Für die Schweiz kann aufgrund der Klimaszenarien und der erwarteten Häufung von klimatischen Extremen wie Trockenheit und Hitzewellen (siehe Zappa *et al.* S. 13 und Domeisen S. 23, in diesem Band) eine generelle Zunahme der sommerlichen Brandgefahr gegen Ende des Jahrhunderts sowie eine Zunahme der Brandhäufigkeit, insbesondere von Blitzschlagbränden, prognostiziert (Pezzatti *et al.* 2016). Darüber hinaus könnte die Abnahme der Schneefälle im Winter zu einer räumlichen und zeitlichen Ausdehnung schneefreier Gebiete führen, was die Waldbrandgefahr im Winter erhöhen könnte.

Auch die Nutzungsaufgabe landwirtschaftlicher Grenzertragsflächen in Berggebiete kann zu einer zusätzlichen Ausdehnung von zusammenhängenden

Waldflächen führen (Conedera *et al.* 2024). Eine reduzierte, weil ökonomisch nicht mehr rentable, Waldbewirtschaftung auf steilen und schwer zugänglichen Hängen im Alpenraum würde ebenfalls zu einer Anhäufung toter Biomasse führen. Die Kombination dieser Faktoren würde sich dann in Ausdehnung, Menge und Konnektivität des Brandgutes widerspiegeln.

Grössere Waldbrände können in Zukunft also auch auf der Alpennordseite nicht ausgeschlossen werden. Zudem könnten in den Alpen aufgrund der extremeren Bedingungen erste Lösversuche häufiger scheitern und zu intensiven und grossen Ereignissen führen (Conedera *et al.* 2023).

Es ist klar, dass sich das Waldbrandmanagement heute über die Brandbekämpfung hinaus zu einer Verbundaufgabe entwickelt, die eine klare Koordination zwischen den verschiedenen Akteuren (Forstdienst, Feuerwehr, lokale, kantonale und nationale Behörden usw.) erfordert (siehe Bjørnsen *et al.* S. 73 und Bjørnsen *et al.* S. 87, in diesem Band).

3.3 Umgang mit Waldbrand auf Bundesebene

Im Rahmen der Bearbeitung des Postulats von Sieben-thal «Zeitgemässe, effiziente Waldbrandprävention und -bekämpfung» (19.3715) hat der Bund in den letzten Jahren seine Waldbrandstrategie (Reinhard *et al.* 2019) umfassend überprüft. Diese wurde auf der Grundlage des integralen Risikomanagements (IRM) analysiert und in einem am 26. Januar 2022 verabschiedeten Bericht dargestellt (BAFU 2022). Dabei wurden die Kompetenzaufteilung zwischen Bund und Kantonen grundsätzlich bestätigt und, angesichts des Klimawandels und der zunehmenden Waldbrandgefahr, verschiedene Verbesserungsmassnahmen in den Handlungsfeldern «Grundlagenerarbeitung», «Vorbeugung», «Bewältigung», «Regeneration» und «Rechtliche Rahmenbedingungen» definiert.

Für die Waldbrandbekämpfung sind die Kantone zuständig. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) ist die nationale Warnstelle für Waldbrandgefahr und berät die Kantone. In Anbetracht dieser zentralen Rolle wurden warnbezogene Massnahmen priorisiert und in Zusammenarbeit mit Natural Resource of Canada auf Anfang 2022 das Waldbrandinformationssystem «IGNIS» eingeführt (Massnahme 3: Beurteilung der Waldbrandgefahr verbessern). Damit steht erstmals ein schweizweites Informationssystem (Fire Weather Index, basierend auf Wetterdaten) zur Beurteilung der Waldbrandgefahr zur Verfügung. Zudem arbeitet das BAFU zusammen mit den Kantonen und der WSL daran, ein schweizweit einheitliches Vorgehen für die Ausgabe von Waldbrandwarnungen umzusetzen (Nearest Fire Day, basierend auf Wetter- und Waldbranddaten). Aktualisierte Warnungen und Präventionsmassnahmen (z.B. Feuerverbote), die mit IGNIS publiziert werden, können dank der Unterstützung von Swisstopo jederzeit als offene Behördendaten in Applikationen geteilt oder in Webseiten eingebunden werden (Massnahme

4: Warnungen und Information der Öffentlichkeit verbessern).

In einer zweiten Phase überprüft das BAFU die rechtlichen Grundlagen im Bereich Waldbrand und Bevölkerungsschutz auf mögliche Anpassungen. Dazu wird ein Bericht erstellt (Massnahme 15: rechtliche Grundlage prüfen), um Optimierungsmöglichkeiten und allfällige Lücken aufzuzeigen. Zudem koordiniert das BAFU in einer Arbeitsgruppe die Massnahmen Luftunterstützung (Massnahme 8: Luftunterstützung sicherstellen) und Ressourcenkoordination (Massnahme 10: Koordination des Einsatzes zusätzlicher Ressource) mit den zuständigen Akteuren auf Stufe Bund. Unter anderem werden dabei in einem Bericht alle möglichen Flugzeugtypen auf ihre Eignung für die Waldbrandbekämpfung in der Schweiz geprüft. Die in der Schweiz verfügbaren Helikopter (zivil und Militär) sowie die im Katastrophenschutzverfahren der EU vorhandenen Mittel werden in die Analyse einbezogen.

Das BAFU und die beteiligten Akteure werden in den nächsten Jahren alle geplanten Massnahmen weiter umsetzen. Jährlich stattfindende Tagungen des BAFU fördern den Austausch zwischen den beteiligten Akteuren.

3.4 Kantonale Waldbrandkonzepte

Auch auf kantonaler Ebene sind die Waldbrandmanagementkonzepte nach dem IRM-Ansatz mit unterschiedlichen Zeithorizonten (Abb. 5) und den üblichen Handlungsfeldern (Prävention, technische und organisatorische Massnahmen, Löschaktivität und Nachsorge) organisiert. Auf der Alpennordseite ist das Bewusstsein für die Waldbrandproblematik in den letzten Jahren gestiegen. Verschiedene Kantone sind daran, eigene Waldbrandkonzepte zu erarbeiten, wie das folgende Beispiel aus dem Kanton Neuenburg zeigt.

Der Kanton Neuenburg bereitet sich vor

Im Kanton Neuenburg wurden sich die Behörden spätestens nach dem Brand vom 18. April 2018, der sich auf dem Gebiet der Gemeinde La Neuville über 5 ha Wald ausbreitete, der Notwendigkeit bewusst, die Feuerwehrstrategie zu erneuern. Obwohl sich der Brand auf dem Gebiet des Kantons Bern ereignete, hat dieses Ereignis die Notwendigkeit aufgezeigt, die heutige Feuerwehrorganisation sowohl in Bezug auf die Ausrüstung, die Ausbildung als auch die Einsatzstrategie zu verbessern.

Aus Sicht der Forstwirtschaft hat dieser Brand und die Zunahme der Perioden mit einer Waldbrandgefahr von mindestens 3/5 in den Sommermonaten das Bewusstsein für die Notwendigkeit geweckt, in eine bessere Einschätzung der meteorologischen Waldbrandgefahr zu investieren. Bis 2022 verwendete der Kanton Neuenburg eine Software zur Berechnung des Fire Weather Index (FWI), die den Erwartungen nicht mehr entsprach. Deshalb hat sich der Kanton Neuenburg seinen Nachbarn Bern, Freiburg und Waadt ange-



Abb. 6. a) Analyse der Feuerentfachung und des Feuerverhaltens zur Eichung des Waldbrandbulletins in einer Wiese und b) einer Streuschicht im Kastanienwald. Fotos: Sezione forestale Canton Ticino

schlossen, die die Entwicklung der Plattform Waldbrandindex (WBI) initiiert haben. Diese nutzt den FWI sowie andere Indizes, die seit der Inbetriebnahme von WBI entwickelt und getestet wurden. Damit soll auch das Netzwerk ausgebaut werden, das diese Plattform für den Erfahrungsaustausch zwischen den Forstfachleuten bietet. Diese interkantonale Zusammenarbeit profitiert von den Ergebnissen des Forschungsprogramms der Wyss Academy for Nature der Universität Bern zu Waldbränden nördlich der Alpen. So hat die Sektion Wald des Amtes für Jagd, Wald und Natur (AJWN) eine Einheit zur Beurteilung der Waldbrandgefahr eingerichtet. Unterstützt wird dies durch Vor-Ort-Bewertungen, die in kritischen Zeiten von den Forstbezirken durchgeführt werden. Dies beinhaltet auch die schrittweise Schulung von spezialisierten Forstmitarbeitenden, um eine kontinuierliche Präsenz und Qualitätsbewertung von März bis November zu gewährleisten.

Im Jahr 2021, konnten im Rahmen des ersten kantonalen Klimaplanes auch Mittel für eine räumliche Bewertung der Waldbrandrisiko für jedes Waldgebiet sichergestellt werden. Diese wurde mit einer ähnlichen Methodik wie im Kanton Jura durchgeführt (Ferrario *et al.* 2019).

Nachdem die ersten Grundsteine gelegt waren, wurde im Jahr 2024 die zweite Phase eingeleitet, die die Entwicklung von Konzepten zur Waldbrandverhütung und -bekämpfung zum Ziel hat. Diese Planung soll die notwendigen Instrumente definieren, die in Zukunft umgesetzt werden und den beteiligten Behörden (AJWN, kantonales Feuerwehinspektorat, Amt für zivile und militärische Sicherheit) zur Verfügung gestellt werden sollen. Die Planung gliedert sich in die drei klassischen Bereiche Vorbeugung, Intervention und Wiederherstellung, die jeweils in weitere Themenbereiche unterteilt sind.

Das kantonale Feuerwehinspektorat beteiligt sich auch an der Waldbrandkoordination in der Westschweiz.

So konnten und können Feuerwehrleute aus dem Kanton Neuenburg, aber auch aus anderen Westschweizer Kantonen, eine Ausbildung am nationalen Ausbildungszentrum in Valabre, Frankreich, absolvieren.

Viele der Massnahmen, die im Rahmen dieses Konzepts zur Verhütung und Bekämpfung von Waldbränden ermittelt werden, könnten im Rahmen des kantonalen Klimaplanes 2 integriert und weiterentwickelt werden. Dies würde die Bedeutung einer besseren Vorbereitung auf die durch den Klimawandel bedingte Veränderung des Waldbrandregimes im Jurabogen unterstreichen.

Kanton Tessin darf nicht entspannen

Das Tessin hat eine lange Tradition im Umgang mit Waldbränden. Das Tessiner Waldbrandmanagement wurde aufgrund der gesammelten Erfahrungen stetig verbessert (Ghiringhelli *et al.* 2019). Zukünftige Änderungen des Waldbrandregimes werden jedoch erfordern, dass sich die kantonale Feuerlöschorganisation auf andere Szenarien einstellen muss als jene, in denen sie sich entwickelt hat.

Das Tessiner Kantonsforstamt hat in enger Zusammenarbeit mit dem kantonalen Feuerwehrverband und der WSL das kantonale Konzept „Waldbrand 2020“ entwickelt, das die Organisation des Waldbrandmanagements und der Waldbrandbekämpfung regelt und vertieft. Ebenfalls wurden 2023 die kantonalen Waldbrandrichtlinien, welche die kantonale Strategie und die Rolle des Personals des Forstamtes definieren, vom Staatsrat genehmigt. Dabei ist das oberste Ziel, das Waldbrandrisiko unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Mittel dauernd auf ein für die Gesellschaft akzeptables Niveau zu begrenzen.

Die kantonale Strategie basiert auf den vier oben genannten Handlungsfeldern, die alle gleichwertig und unverzichtbar sind: Prävention, technische und organisatorische Massnahmen, Waldbrandbekämpfung und Wiederherstellung der Waldfunktionen nach ei-

Schweizweite Plattformen

Swissfire ist die Waldbranddatenbank der Schweiz. Sie wird von der WSL betrieben und vom BAFU unterstützt, und steht sämtlichen Kantonen zur Verfügung, um die Waldbranddaten und die dazugehörige Dokumentation zu verwalten (Pezzatti *et al.* 2019). Waldbrandereignisse, d. h. Ereignisse die auch Waldfläche betreffen, werden unabhängig von der Brandfläche erfasst.

IGNIS ist das schweizweite Waldbrandinformationssystem des Bundes zur Beurteilung der Waldbrandgefahr, die auf dem Kanadischen Feuerwetterindex basiert. Es ermöglicht den Kantonen, Gefahrenstufen und Massnahmen wie Feuerverbote zu publizieren. BAFU, WSL und Kantone arbeiten derzeit an einem schweizweit einheitlichen Vorgehen für die Ausgabe von Waldbrandwarnungen.

nem Ereignis bzw. technische Ersatzmassnahmen sind wesentliche Bausteine der Strategie.

In den letzten Jahren wurden durch die Einrichtung einer internen Gruppe im Forstamt wichtige Schritte zur Umsetzung der Strategie eingeleitet und teilweise umgesetzt. Die Fähigkeiten zur Gefahrenvorhersage wurden durch spezielle Schulungen und den Zugang zu spezifischen Indizes (IGNIS) erheblich verbessert. Ausserdem wurden die ersten detaillierten Waldbrandprognosebulletins erstellt und ein standardisiertes Verfahren entwickelt, um die Gefahrenstufe mit dem im Gelände beobachteten Feuerverhalten zu eichen (Abb. 6).

Die Fähigkeit, das Verhalten von Waldbränden bei tatsächlichen Ereignissen zu analysieren, wurde erheblich verbessert, ebenso die Art und Weise, wie das Forstpersonal zur Unterstützung der Feuerwehrorganisation koordiniert eingreifen kann. Zu diesem Zweck wurde ferner eine Ausbildungskette für Bergfeuerwehrlaute und Forstpersonal entwickelt. Die Gebirgsfeuerwehr wurde mit speziellem Material zur Waldbrandbekämpfung ausgestattet, wodurch diese grundlegende Mittel in der kantonalen Feuerwehrorganisation konsolidiert und integriert wurden.

Ein entscheidender Schritt in der Umsetzung der kantonalen Strategie war die Entwicklung eines Konzepts für eine Testphase für vorgeschriebene Feuer. Darunter versteht man den fachkundigen, bewussten, geplanten und bewilligten Einsatz von Feuer zur Erreichung bestimmter Ziele für die Vegetation oder Streuauflage, zum Beispiel für das Habitatmanagement oder die Brandgutregulierung. Mit diesem Versuchskonzept hat das kantonale Forstpersonal die Möglichkeit, die Umweltbedingungen, welche die Ausbreitung des Feuers bestimmen, zu analysieren und das Verhalten des Feuers in der Praxis zu untersuchen. Durch diese Aktivitäten werden die kantonalen Feuerwehren mit dem Umgang mit Feuer vertraut und verstehen die Wechselwirkung mit dem Brennstoff. Ziel ist es, dass die

Brandbekämpfungsorganisationen dieses Instrument in Zukunft auch in der Löschphase einsetzen können.

Die Waldbrandgruppe des Forstamtes bildet sich weiter, arbeitet an der Verbesserung ihrer Kompetenzen und an der Innovation der gesamten Brandbekämpfungsorganisation. Dabei stützt sie sich durch die gezielte Zusammenarbeit mit ausländischen Spezialisten (Italien, Kanada, Spanien) und Forschungsinstituten auf nationale und internationale Erfahrungen. Die Aktivitäten von heute sind entscheidend für die Bewältigung von Ereignissen in einer Zukunft, in der immer intensivere Brände aufgrund der Klimatrends auch in der Schweiz immer mehr zur Realität werden.

Auch eine gute Prävention kann Brände nicht immer verhindern. Es wird wichtig sein, über eine modulare Brandbekämpfungsorganisation zu verfügen, die in der Lage ist, das Ereignis zu analysieren und eine Strategie zur Bewältigung komplexer Ereignisse aufzubauen. Die Bewirtschaftung vom Brandgut im Wald, die Planung von Kontaktzonen zwischen Wald und Siedlungen, die Schaffung von Infrastrukturen zur Brandbekämpfung (z. B. Strassen, Wasserbecken) sowie die Konsolidierung von Kenntnissen und Ressourcen zur Wiederherstellung der Waldfunktionen (insbesondere der Schutzfunktion) im Ereignisfall bleiben ebenso wichtig.

3.5 Die Zusammenarbeit zwischen Forschung und Behörden

Eine einheitliche und lückenlose Erfassung von Feuerdaten, wie sie die Swissfire-Datenbank für die Schweiz garantiert (Pezzatti *et al.* 2019), ist die beste Voraussetzung für vertiefte Forschungsaktivitäten zum Thema Waldbrandgeschehen und -management. Die WSL verwaltet die Datenbank, wo die Kantone ihre eigenen Daten verwalten können. Das BAFU unterstützt Archivrecherchen, um den Datensatz zu vervollständigen.

Mit Hilfe dieser Daten konnten beispielsweise Analysen der Waldbrandgeschichte unter heutigen klimatischen Verhältnissen durchgeführt werden, um die Auswirkungen der Klimaänderung auf das zukünftige Waldbrandgeschehen abzuschätzen (Pezzatti *et al.* 2016). Weiter konnten durch räumliche Analysen regionale Feuergefahr- und Feuerrisikokarten erstellt (Conedera *et al.* 2011) und die notwendigen Feuermanagement- und feuertechnischen Massnahmen abgeleitet werden, wie zum Beispiel die Planung von Wasserbecken für Helikopter. Auch die Analyse von Brandausbrüchen im Übergangsbereich zwischen besiedeltem und unbesiedeltem Gebiet (Wildland Urban Interface WUI) ermöglicht es, für diese kritischen Gebiete prioritäre Massnahmen zur Brandprävention wie Brandgutregulierung oder andere Brandverhütungsmassnahmen zu definieren (Conedera *et al.* 2015). Diese von der Forschung entwickelten Ansätze werden heute von der Praxis (kantonale Ämter oder spezialisierte Ingenieurbüros) auch für Regionen nördlich der Alpen angepasst und angewendet.

Die Möglichkeit, das lokale Brandgeschehen sehr genau zu bestimmen, ist eine wichtige Voraussetzung für eine fundierte Erfolgskontrolle neu umgesetzten Massnahmen und für die Analyse der ökologischen Folgen von Waldbränden. Der Zusammenhang zwischen Bränden und den daraus resultierenden Kaskadeneffekten in Form von gravitativen Naturgefahren wie Erosion, Steinschlag, oberflächliche Rutschungen oder Murgänge wird derzeit nicht systematisch erfasst. Die langen Abstände zwischen den Ereignissen (oft Jahrzehnte) machen diese Aufgabe nicht trivial. Die Datenbank Swissfire könnte aber ergänzt oder mit anderen Datensätzen (z. B. mit dem Naturereigniskataster StorMe des Bundes) verknüpft werden, um zum Beispiel gravitative Naturgefahren nach einem Brand hinzuzufügen, was einen grossen Mehrwert bringen könnte. Die zukünftige Zunahme von meteorologischen Extremereignissen und deren Kombination (z. B. Starkregen nach Trockenheit) dürfte das Risiko für Kaskadeneffekte erhöhen.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Waldbrände bleiben in der Schweiz und im ganzen Alpenraum ein wichtiges Thema, wie die jüngsten Ereignisse infolge der trockenen Sommer auch auf der Alpennordseite gezeigt haben (Mayer *et al.* 2020). Die in den am stärksten betroffenen Kantonen entwickelten Waldbrandstrategien und -konzepte haben sich bewährt, und die Regionen nördlich der Alpen können auf diesen Erfahrungen aufbauen, um die künftigen Herausforderungen effektiv anzugehen. Besonders wichtig wird es sein, die notwendige Koordination zwischen den verschiedenen Akteuren (Forstdienst, Feuerwehr, Polizei, lokale, kantonale und nationale Behörden usw.) zu verstärken. Dem Bund und der Forschung kommt eine wichtige Rolle zu, indem sie neue überregionale Instrumente und Analysen zur Verfügung stellen und den Wissenstransfer fördern und unterstützen.

Die zunehmende Waldbrandgefahr durch die Klimaveränderung und die Landschaftsentwicklung wird auch im Alpenraum eine ständige Überprüfung der Ansätze und eine Optimierung von Prävention, Effizienz und Massnahmen erfordern.

5 Literatur

Bundesamt für Umwelt, BAFU (2022) Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 19.3715 von Siebenthal vom 20.06.2019

Björnsen A., Bischof V., Baur A., Kamberaj J. (2025) Tabletop «Drought»: Wo steht der Schweizer Bevölkerungsschutz im Umgang mit langanhaltender Trockenheit. In: Björnsen A. (Red.) Forum für Wissen 2025: Extremes. WSL Ber. 164, 73–86.

Björnsen A., Fischer A., Hüsler F., Lienert C., McCarthy M., Muccione V., ... (2025) Dialog zur Bewältigung extremer

Trockenheit in der Schweiz. In: Björnsen A. (Red.) Forum für Wissen 2025: Extremes. WSL Ber. 164, 87–98.

Conedera M., Peter L., Marxer P., Forster F., Rickenmann D., Re L. (2003) Consequences of forest fires on the hydrogeological response of mountain catchments: a case study of the Riale Buffaga, Ticino, Switzerland. *Earth Surf. Process. Landf.* 28, 2: 117–129. doi.org/10.1002/esp.425

Conedera M., Corti G., Piccini P., Ryser D., Guerini F., Ceschi I. (2004) La gestione degli incendi boschivi in Canton Ticino: tentativo di una sintesi storica. *Schweiz. Z. Forstwes.* 155, 7: 263–277. doi.org/10.3188/szf.2004.0263

Conedera M., Torriani D., Neff C., Ricotta C., Bajocco S., Pezzatti G.B. (2011) Using Monte Carlo simulations to estimate relative fire ignition danger in a low-to-medium fire-prone region. *For. Ecol. Manage.* 261: 2179–2187.

Conedera M., Tonini M., Oleggini L., Vega Orozco C., Leuenberger M., Pezzatti G.B. (2015) Geo-spatial approach for defining the Wildland-Urban Interface in the Alpine environment. *Comput. Environ. Urban Syst.* 52: 10–20.

Conedera M., Colombaroli D., Tinner W., Krebs P., Whitlock C. (2017) Insights about past forest dynamics as a tool for present and future forest management in Switzerland. *For. Ecol. Manage.* 388: 100–112. doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.027

Conedera M., Krebs P., Valse E., Cocca G., Schunk C., Menzel, A., ... (2018) Characterizing Alpine pyrogeography from fire statistics. *App. Geogr.* 98: 87–99. doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.07.011

Conedera M., Pezzatti G.B., Krebs P., Gehring E. (2023) Herausforderungen im Umgang mit Waldstörungen auf der Alpensüdseite. In: Bebi P., Schweizer J. (Eds.) *Aus Störungen und Extremereignissen im Wald lernen*. WSL Ber. 144: 11–16. doi.org/10.55419/wsl:35222

Conedera M., Feusi J., Pezzatti G.B., Krebs P. (2024) Linking the future likelihood of large fires to occur on mountain slopes with fuel connectivity and topography. *Nat. Hazards* 120: 4657–4673. doi.org/10.1007/s11069-023-06395-y

Conedera M., Pezzatti G.B., Guglielmetti A., Maringer J., Gehring E., Krebs P. (2025) Are high-severity burns in Alpine beech forests related to eruptive fire behavior? *For.* 98, 1: 50–58. doi.org/10.1093/forestry/cpad036

De Angelis A., Ricotta C., Conedera M., Pezzatti G.B. (2015) Modelling the Meteorological Forest Fire Niche in Heterogeneous Pyrologic Conditions. *PLoS ONE* 10, 2: e0116875.

Domeisen D.I.V. (2025) Hitzewellen: Prozesse, Auswirkungen, Vorhersage und Warnungen. In: Björnsen A. (Red.) Forum für Wissen 2025: Extremes. WSL Ber. 164, 23–30.

Ferrario F., Aiolfi A., Bertogliati M., Ballmer M. (2019) Evaluation du risque d'incendie de forêts dans le canton du Jura. *J. For. Suisse* 170, 5: 278–280. doi.org/10.3188/szf.2019.0266

Gauye C., Moser B., Rigling A., Wohlgemuth T. (2023) L'importance de l'exposition sur le reboisement suite à deux incendies de forêt en Valais. *Schweiz. Z. Forstwes.* 174: 238–242

- Ghiringhelli A., Pezzatti G.B., Conedera M. (2019) Das Konzept «Waldbrand 2020» des Kantons Tessin. Schweiz. Z. Forstwes. 170, 5: 242–250. doi.org/10.3188/szf.2019.0242
- Krebs, P., Pezzatti, G.G., Mazzoleni, S., Talbot, L.M., Conedera M. (2010) Fire regime: history and definition of a key concept in disturbance ecology. Theory in Biosci. 129, 1: 53–69. doi.org/10.1007/s12064-010-0082-z
- Melzner S., Conedera M., Pezzatti G.B. (2022) Post Waldbrand Risiko in den schweizerischen Gebirgen. Wildbach- und Lawinenverbau, 86(190), 120-130.
- Moris, J. V., Conedera, M., Nisi L., Pezzatti G.B. (2020) Blitzschlagbrände und Sommertrockenheit: Gibt es einen Zusammenhang? Schweiz. Z. Forstwes. 171, 5: 281–287. doi.org/10.3188/szf.2020.0281
- Mayer C., Mayr S., Müller M.M., Vacik H., Vilà-Vilardell L., Carrega P., ... (2020) Waldbrände in den Alpen. Stand des Wissens, zukünftige Herausforderungen und Optionen für ein integriertes Waldbrandmanagement. Weißbuch für politische Entscheidungsträger. EUSALP Action Group 8.
- Müller A.D., Aschilier P., Kämpfer D., Bregy M.S., Conedera M. (2024) Eine zunehmende Gefahr für die Bergfeuerwehren. 118 swissfire.ch, 150, 7: 32–35.
- Pezzatti G.B., Zumbrennen T., Bürgi M., Ambrosetti P., Conedera M. (2013) Fire regime shifts as a consequence of fire polity and socio-economic development: an analysis based on the change point approach. For. Policy Econ. 29: 7–18.
- Pezzatti G.B., De Angelis A., Conedera M. (2016) Potenzielle Entwicklung der Waldbrandgefahr im Klimawandel. In: Pluess A.R., Augustin S., Brang P. (Eds.) Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern, Haupt. 223–244.
- Pezzatti G.B., Bertogliati M., Gache S., Reinhard M., Conedera M. (2019) Swissfire: tech-nisch modernisiert und dank Archivrecherchen inhaltlich erweitert. Schweiz. Z. Forstwes. 170, 5: 234–241. doi.org/10.3188/szf.2019.0234
- Rattalino G., Pezzatti G.B., Conedera M., Cadlini G., Monti G., Plozza L. (2024) Eine innovative Lösung für ein Sonderproblem. 118 swissfire.ch, 150, 9: 37–40.
- Reinhard M., Beyeler S., Plüss T., Pezzatti G.B., Conedera M. (2019) La gestion des incendies de forêts en Suisse: la vision nationale de l'OFEV. Schweiz. Z. Forstwes. 170, 5: 281–284.
- Winkler O. (1944) Erfahrungen und Lehren aus der Waldbrandkatastrophe am Calanda bei Chur, August/September 1943. Schweiz. Z. Forstwes. 95: 383–404. doi.org/10.3188/szf.2019.0266
- Wohlgemuth T., Duelli P., Ginzler C., Gödickemeier I., Hagedorn P., Hagedorn F., ... (2005) Ökologische Resilienz nach Feuer: Die Waldbrandfläche Leuk als Modellfall. Schweizerische Schweiz. Z. Forstwes. 156: 345–352
- Wohlgemuth T., Moser B. (2018) Zehn Jahre Vegetationsdynamik auf der Waldbrandfläche von Leuk (Wallis). Schweiz. Z. Forstwes. 169: 279–289.
- Wohlgemuth T., Queloz V., Moser B., Pezzatti G.B., Scherrer D., Vitasse Y., ... (2023) Dynamik von Störungen in Wäldern auf der Alpennordseite von 1900 bis 2022. Disturbance dynamics on the north of the Alps from 1900

- to 2022. In: n Bebi P., Schweizer J. (Eds.), Forum für Wissen 2023. WSL Ber. 144: 17–24. doi.org/10.55419/wsl:35224
- Zappa M., Nikolaus Karger D., Hüsler F. (2025) EXtreme Trockenheit in der Schweiz: Regionale und lokale Perspektiven einer globalen Herausforderung. In: Björnsen A. (Red.) Forum für Wissen 2025: Extremes. WSL Ber. 164, 13–21.
- Zumbrennen T., Menéndez P., Bugmann H., Conedera M., Gimmi U., Bürgi M. (2012) Human impacts on fire occurrence: a case study of hundred years of forest fires in a dry alpine valley in Switzerland. Reg. Environ. Chang. 12, 4: 935–949. doi.org/10.1007

Danksagung

Wir danken das Forschungsprogramm EXtremes der WSL für die finanzielle Unterstützung, Tom Wohlgemuth und dem anonymen Gutachter/der anonymen Gutachterin für die konstruktiven Kommentare sowie Martin Moritz für die sprachliche Überarbeitung des Textes.

Abstract

Forest fires in a changing climate: is Switzerland prepared?

When, how often, why and how intensively forests burn in an area depends on many aspects. In the short term, forest fires danger is mainly driven by drought, which is often accompanied by high temperatures or strong winds and makes combustible material highly flammable. In the long term, in addition to climate change, land use and population pressure are decisive, as are people's general attitudes towards the environment and dealing with fire. The longer dry periods that have occurred more frequently in recent years and the increase in forest area point to a possible sharpening of the forest fire phenomenon.

Modern forest fire management should minimize serious effects on the environment and forest functions - and thus also on people and infrastructure. The forest fire strategies and concepts developed so far in the most affected cantons have proven their worth, and the regions north of the Alps can build on this experience to effectively address the challenges of the future. It will be particularly important to strengthen the necessary coordination between the various actors (forestry service, fire brigade, police, local, cantonal and national authorities, research).

Keywords: Forest fire danger, natural hazards, integrated risk management, prevention, drought, landscape management



Diese Publikation ist Open Access und alle Texte und Fotos, bei denen nichts anderes angegeben ist, unterliegen der Creative-Commons-Lizenz CC BY 4.0. Sie dürfen unter Angabe der Quelle frei vervielfältigt, verbreitet und verändert werden.