

MARCO CONEDERA<sup>1</sup>

## Die Schweiz in Flammen? – Klimawandel und zukünftige Entwicklungen der Waldbrände

### Zusammenfassung des Vortrages vom 26. November 2013

#### Einleitung

Waldbrände erwecken oft zwiespältige Gefühle: Einerseits vernichtet das Feuer den Wald wie auch einige der in ihm lebenden Pflanzen und Tiere. Vorübergehend sind uns Menschen wichtige Waldfunktionen wie der Schutz vor Naturgefahren nicht mehr gewährleistet und als Folge können Gefahren für Siedlungen, Verkehrswege und Bevölkerung entstehen. Andererseits ist Feuer auch eine natürliche Störung, die zur Dynamik der Ökosysteme beiträgt. In von Feuer betroffenen Ökosystemen herrschen veränderte Wettbewerbsbedingungen und je nach Feuerintensität entstehen kleinräumige Waldstrukturen, die die Artenvielfalt und die funktionalen Gleichgewichte der Lebensgemeinschaften neu gestalten und dabei die Biodiversität erhöhen können. Wie oft, wann und wie stark es in einem Gebiet brennt, hängt vorwiegend vom Zusammenspiel zwischen Klima, Wetter und menschlichen Tätigkeiten ab. Das Klima beeinflusst das Feuergeschehen indem es die vorherrschende Vegetation und deren Zusammensetzung mitsteuert. Über das Wetter werden vor allem die Feuerauslösung (momentaner Feuchtigkeitsgehalt des Brandgutes) und das Feuerverhalten (windgesteuerte Feuerausbreitung) beeinflusst. Der Mensch beeinflusst das Feuergeschehen entweder indirekt über die Landnutzung und das Brandgut-Management oder direkt durch das Auslösen oder Löschen von Feuern.

In der Vergangenheit waren in der Schweiz vor allem die Alpensüdseite und die Zentralalpen von Waldbränden betroffen. Waldbrände werden aber seit einigen Jahren vermehrt auch aus anderen Landesregionen gemeldet und es ist naheliegend, dass als Folge des Klimawandels die waldbrandfördernden Trockenperioden auch auf der Alpennordseite in Zukunft häufiger auftreten dürften. Dank den Erfahrungen, die in den vergangenen Jahrzehnten in den Brandgebieten gesammelt wurden, sind wir in der Schweiz glücklicherweise in der Lage, geeignete Massnahmen zur Vorbeugung und Bekämpfung zu planen und durchzuführen. Dies haben die meisten Kantone unter der Koordination des Bundes und der Unterstützung der Forschung in den letzten Jahren bereits eingeleitet.

<sup>1</sup> Dr. Marco Conedera, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bellinzona

## Waldbrände zwischen Natur und Kultur

Wald- und Buschbrände entstehen durch komplexe Wechselwirkungen zwischen natürlichen und menschlichen Faktoren. Ein wichtiger Parameter ist das Brandgut, dessen Menge und Struktur einerseits von den Umweltbedingungen wie dem herrschenden Klima und den Standortseigenschaften und andererseits von der Landnutzung abhängen. Unterschiedliche Standorte und Vegetationstypen weisen deshalb unterschiedliche Brandvoraussetzungen auf. Feuer wird somit zu einem extrem unregelmässigen und heterogenen Phänomen. Je nach vorherrschender Wetterlage und Brandtypologie können ganz unterschiedliche Feuertypen entstehen wie zum Beispiel Bodenfeuer (Schwelfeuer, welche das unterirdische Brandgut langsam verbrennen), Lauffeuer (schnell voranschreitende Oberflächenfeuer, die nur das Brandgut auf der Bodenoberfläche verbrennen) und Kronenfeuer (heftige Flammen, die bis zum Kronenbereich der Bäume reichen) oder Kombinationen dieser Typen.

Die Kombination von Feuertyp und -intensität (wie?) sowie deren Häufigkeit (wie oft?) und Saisonalität (wann?) drückt sich im Feuerregime eines Gebietes aus (KREBS ET AL. 2010).

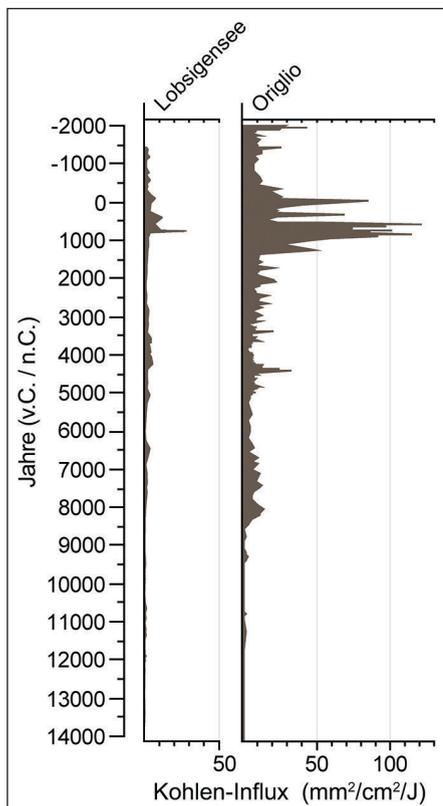
Feuerregime sind nicht konstant und können sich zusammen mit den sich ändernden Rahmenbedingungen verändern. Dies ist zum Beispiel der Fall bei einer sozioökonomischen Entwicklung eines bestimmten Gebiets und der daraus folgenden Änderung in der Landnutzung und im Umgang mit Feuer (PYNE ET AL. 1996; BÜRGI UND STUBER 2003). Auch der Klimawandel und die damit verbundene Zunahme von Extremereignissen wie Stürmen, Trockenheit und Dürreperioden können das herrschende Feuerregime direkt beeinflussen. Bei einer allgemeinen Zunahme von Dürreperioden (zeitlich und räumlich als Folge des Klimawandels) ist nicht nur mit einer Zunahme von extremen Brandereignissen zu rechnen, sondern auch mit einer grösseren Brandanfälligkeit von Wäldern, in denen Feuer bisher kaum eine Rolle spielte. Auf nicht geräumten Windwurfflächen ist das Brandrisiko in Dürrezeiten durch die Akkumulation von liegendem Holz besonders hoch. Entzündet sich das Brandgut, können grosse Feuerintensitäten entstehen, die das Feuer unkontrollierbar machen (WOHLGEMUTH ET AL. 2008).

## Langzeit-Feuergeschehen in der Schweiz

Der menschliche Einfluss auf die Landschaft und das Feuergeschehen ist in Mitteleuropa und somit auch in der Schweiz seit Jahrtausenden sehr stark. Es ist deshalb schwierig, die Bedeutung der natürlichen Waldbrände für diesen Raum abzuschätzen. Mit der Studie von Pollen-, Holzkohle- und Makroresten (Früchte, Samen, Holzreste) mittels paläoökologischer Methoden konnte man aber die Feuer- und Vegetationsgeschichte der schweizerischen Hauptregionen, deren

Wechselwirkung, sowie den menschlichen Einfluss grob rekonstruieren (TINNER ET AL. 2005a).

Die Ergebnisse aus den paläoökologischen Studien deuten auf eine gleichartig verlaufende Waldbrand-Langzeitgeschichte hin, jedoch mit unterschiedlicher Prägung betreffend Brandhäufigkeit und Intensität. Vor der menschlichen Einwirkung im Neolithikum waren natürliche Brände vor allem in den Gebirgen (Zentralalpen, südlichen Voralpen) relativ häufig. Vor ungefähr 5'000-6'000 Jahren hat der Mensch begonnen, das Waldbrandregime zu prägen, vor allem in den unteren Stufen des Mittellandes und der Alpensüdseite. Trotz gleichartigem Verlauf des Brandgeschehens ist auf der brandanfälligen Alpensüdseite die Feuerfrequenz immer deutlich höher als im Mittelland gewesen (TINNER ET AL. 2005b). So war zum Beispiel der mittlere Holzkohle-Influx im Sottoceneri während des Neolithikums 25-mal höher als im Schweizerischen Mittelland. In der Bronzezeit war der Unterschied weniger ausgeprägt, aber im Süden waren die Waldbrände immer noch um Grössenordnungen häufiger (Abb. 1). Anthropogene Waldbrandphasen sind auch in den Nord- und Zentralalpen in den paläoökologischen Daten verzeichnet,



die sind aber eindeutig später (um 3'700 vor heute) und weniger ausgeprägt aufgetreten (TINNER ET AL. 2005a) und hatten entsprechend unterschiedliche Auswirkungen auf die Landschaft und die herrschende Vegetation.

Abbildung 1: Vergleich zwischen dem Mikroholzkohlenpartikel-Influx aus dem Lobsingensee (Alpennordseite) und Lago di Origgio (Alpensüdseite). Quelle: TINNER ET AL. (2005).

## Ökologische Folgen von Waldbränden

Die Lebewesen haben verschiedene Strategien entwickelt, um sich passiv (Überleben von den betroffenen Individuen) oder aktiv (Entstehung einer neuen Generation) von der schädlichen Wirkung der Flammen und hohen Temperaturen zu schützen. Während die mobilen Tiere der Feuerfront meistens entfliehen können, bestehen die passiven Resistenzstrategien der Pflanzen eher aus dem Schutz des lebenden Gewebes. So können zum Beispiel einzelne alte Birken oder Lärchen dank der dicken Borke ein Lauffeuer problemlos überstehen (Abb. 2a). Aktive Stimulierung zur Bildung einer Generation kann bei Feuer vegetativ passieren, indem ein Individuum die verlorenen oberirdischen Teile durch Stockausschlag oder Wurzelbrut ersetzt (Abb. 2b), oder durch einen feuerstimulierten Keimungsschub reagiert (Abb. 2c). Die höchste Stufe der Feueradaptation besteht aus einer totalen Feuerabhängigkeit, das heisst aus einer obligaten Feuerstimulierung, um den Verjüngungsprozess einzuleiten. Solche extreme Fälle existieren in der Schweiz nicht, obwohl eine fakultative Feuerart, die salbeiblättrige Zistrose (*Cistus salviifolius*), im Tessin ein eindeutig feuerabhängiges Areal aufweist (MORETTI ET AL. 2006).

In den Jahrtausenden unter menschlichem Feuerdruck kam es als Folge der unterschiedlichen Feuertoleranz der Pflanzen zu einer Selektion in der natürlichen





Abbildung 2: Überlebensstrategien nach Feuer: **a)** Schutz durch grobe Borke bei der Lärche (Leuk - VS, Bild M. Conedera); **b)** Stockausschlag bei der Edelkastanie (Cugnasco – TI, Bild M. Conedera); **c)** Massenverjüngung vom Schmalblättrigen Weidenröschen (*Epilobium angustifolium* L.) nach Feuer (Leuk - VS, Bild U. Wasem).

Pflanzenzusammensetzung. Feuerresistentere Arten wurden bevorzugt, feuerempfindliche Arten nahmen ab. In den Nordalpen und der Südschweiz führten anthropogene Waldbrände zum Verschwinden ganzer Waldgemeinschaften der kaum feuerresistenten Art *Abies alba* (*Weisstanne*). Trotz deutlich tieferer Feuerfrequenz führten auch im tieferen Mittelland die Feuer zu einer Abnahme feuerempfindlicher Taxa wie *Ulmus* (*Ulme*), *Fraxinus excelsior* (*Gem. Esche*) oder *Tilia* (*Linde*). In den kontinentaleren Zentralalpen hingegen haben die regelmässigen und relativ häufigen Waldbrände dazu geführt, dass dort lebende Pflanzen, wie zum Beispiel die Bergföhre (*Pinus mugo ssp uncinata*), besser feuerangepasst sind. Diese Differenzierung in der Feuerresistenz bis Feueranpassung ist noch heute in der Waldvegetation gut erkennbar, wie aus *Tabelle 1* und aus der rezenteren Literatur ersichtlich ist (GRUND ET AL. 2005; CONEDERA ET AL. 2009; WOHLGEMUTH ET AL. 2010).

Die zerstörende Aktion eines Waldbrandes und die Öffnung der Waldstrukturen verursacht vorübergehend eine signifikante Erhöhung der Artenvielfalt von Vegetation, Wirbellosen und Vögeln (WOHLGEMUTH ET AL. 2010). Bei bereits durch Feuer abgetöteten oder abgeschwächten Bäumen steigt in den unmittelbar folgenden Jahren die Anzahl und Diversität von parasitischen Pilzen und Insekten enorm an (CONEDERA ET AL. 2007; *Abb. 3*). Anders sieht es in häufig von Feuer betroffenen Flächen aus: Dort überlebt eine feuerangepasste Vegetation (z.B. Adlerfarn, Besenginster usw.), die schnell nach dem Brand die offenen Flächen besiedelt und kaum ruderal- und Pionierpflanzen mehr zulässt (CONEDERA ET AL. 2009).

Vor allem auf Böden lösen Brände verheerende Folgen aus. Häufig kommen auf einem steilen Hang bereits während eines Brandes Steine ins Rollen. Je nach Feuertyp können auch signifikante Humusschichten und Nährstoffe verloren gehen. Die schlimmeren Folgen eines Brandes treten aber erst nach dem Feuer ein. Die fehlende Bedeckung durch Boden- und Baumvegetation lässt die Regentropfen direkt auf den Mineralboden prallen. Dadurch werden die Bodenstrukturen zerstört und es setzen Erosion und Auswaschung ein. Der nackte Boden trocknet schneller aus, die Bodenoberfläche wird wasserundurchlässig, der Regen neigt dazu oberflächlich abzufließen und den Boden rillenartig zu erodieren. Diese negativen Wirkungen zeigen sich vor allem in den ersten Monaten nach einem Feuer und überwiegend in Gebieten, in denen seit längerer Zeit keine Waldbrände oder anderen Störereignisse stattfanden (MARXER 2003). Das Fehlen von störungsangepassten, schnell reagierenden Pflanzenarten führt in diesen Fällen dazu, dass der Boden längere Zeit der Erosionsgefahr ausgesetzt ist. In extremen Fällen kann dies auch zu katastrophalen Murgängen führen. Dies war 1997 in Ronco s/Ascona der Fall, wo einige Monate nach dem Waldbrand durch ein kleines Starkregenereignis (10 Jahre Wiederkehrperiode) ein zweihundertjähriger Murgang mit Geschiebetransport ausgelöst wurde (CONEDERA ET AL. 2003).

Pollen-Typ	Paläoökologische Feuerempfindlichkeit		Vergleich mit ökologischen Studien (nur für mittlere Feuerhäufigkeit)	
	Mittlere Feuerhäufigkeit	Hohe Feuerhäufigkeit	Betroffenen Arten	Übereinstimmung
<i>Abies</i>	1	1	<i>Abies alba</i> (Weisstanne)	+
<i>Acer</i>	2	2	<i>Acer campestre</i> (Feldahorn)	+
<i>Alnus glutinosa</i> t.	5	3	<i>Acer pseudoplatanus</i> (Bergahorn)	++
<i>Betula</i>	5	3-4	<i>Alnus glutinosa</i> (Schwarz-Erle)	++
<i>Calluna</i>	4-5	6	<i>Betula pendula</i> (Hänge-Birke)	+
<i>Castanea</i>	5	?	<i>Calluna vulgaris</i> (Besenheide)	++
<i>Corylus</i>	5	3-4	<i>Castanea sativa</i> (Edelkastanie)	-
<i>Fagus</i>	3	3	<i>Corylus avellana</i> (Gemeine Hasel)	++
<i>Fraxinus excelsior</i> t.	2	2	<i>Fagus sylvatica</i> (Rotbuche)	++
<i>Hedera</i>	1	1	<i>Fraxinus excelsior</i> (Gem. Esche)	++
<i>Ilex</i>	1	1	<i>Hedera helix</i> (Gem. Efeu)	+/-
<i>Quercus</i> (laubwerfend)	4	3	<i>Ilex aquifolium</i> (Eur. Stechpalme)	+/-
<i>Salix</i>	5	3	<i>Quercus pubescens</i> (Flaumeiche)	?
<i>Sambucus nigra</i> t.	5	5	<i>Quercus petraea</i> (Steineiche)	++
<i>Tilia</i>	2	2	<i>Salix caprea</i> (Sal-Weide)	++
<i>Ulmus</i>	2	2	<i>Sambucus nigra</i> (Schwarzer Holunder)	+
<i>Vitis</i>	2	2?	<i>Ulmus glabra</i> (Bergulme)	+
Monolete Farnsporen	5	6	<i>Tilia cordata</i> (Winter-Linde)	?
<i>Pteridium aquilinum</i>	6	6	<i>Tilia platyphyllos</i> (Sommer-Linde)	?
Viele Krautarten (e.g. Poaceae, Asteraceae Rosaceae, <i>Anemone nemorosa</i> , <i>Humulus</i> t., <i>Potentilla</i> t., <i>Trifolium repens</i> t. etc.)	5	5	<i>Ulmus glabra</i> (Bergulme)	++
			<i>Vitis sylvestris</i> (Wilde Weinrebe)	++
			?	
			<i>Pteridium aquilinum</i> (Adlerfarn)	
			Viele Arten	

Übereinstimmungssymbole: - = Nicht in Übereinstimmung mit ökologischer Literatur  
 + = Übereinstimmung mit einer Quelle  
 ++ = Übereinstimmung in mehr als einer Quelle  
 ? = keine Daten vorhanden

Feuerempfindlichkeitsskala: 1 = feuerintolerant  
 2 = feuerversehrt  
 3 = feuersensitiv  
 4 = feuerindifferent  
 5 = feuergefördert  
 6 = feuerangepasst

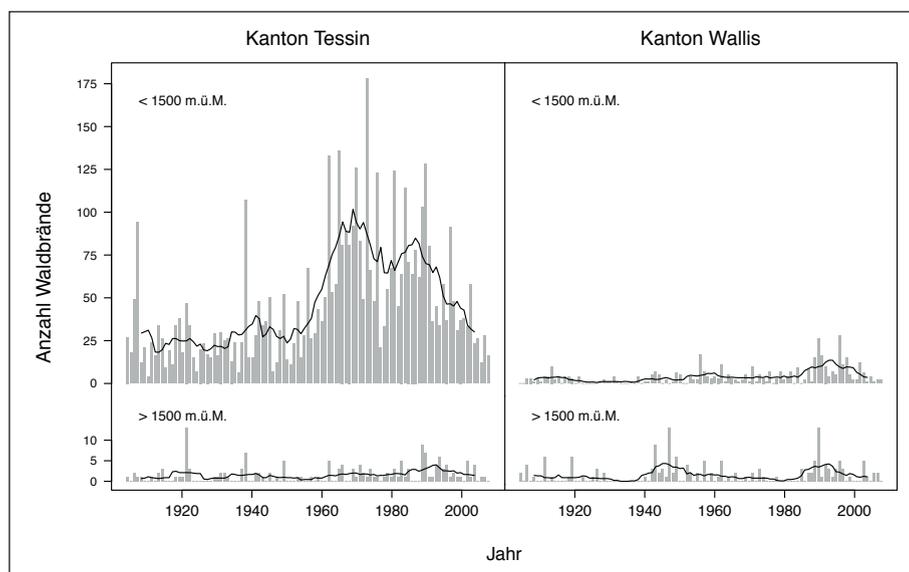
Tabelle 1: Ausgewählte Beispiele von Feuerempfindlichkeitsschätzungen aus paläoökologischen und vegetationskundlichen Studien aus der Südschweiz, nach TINNER ET AL. (2000).



Abbildung 3: Der auf verbrannten Buchen spezialisierte Kugelpilz (*Daldinia* spp.) und der sonst seltene Alpenbock (*Rosalia alpina* L.) sind auf nach Feuer sterbenden Buchen öfters zu sehen (Cugnasco – TI, Bild M. Conedera).

## Aktuelles und zukünftiges Feuergeschehen in der Schweiz

Leider existiert für die Schweiz keine zentrale, langjährige und systematische Waldbranddatenbank mit lückenlosen und nach einem standardisierten Protokoll erfassten Waldbranddaten. Ein solches Instrument wurde erst 2008 im Auftrag des Bundes in Betrieb gestellt (PEZZATTI ET AL. 2010). Detailinformationen über die Entwicklung des Feuergeschehens im letzten Jahrhundert existieren nur für das Tessin und das Wallis, dies dank Archivistudien, die in den letzten Jahren auf diesen Gebieten durchgeführt worden sind (CONEDERA ET AL. 1996; GIMMI ET AL. 2004; ZUMBRUNNEN ET AL. 2010; PEZZATTI ET AL. 2013). Diese Daten lassen bei den Waldbränden im Laufe des 20. Jahrhunderts auf Veränderungen schliessen: In den tieferen Lagen haben sowohl Feuerfrequenzänderungen (Zunahmen im TI ab 1955, in VS ab 1940 und ab 1989; Abnahmen im TI ab 1990) wie auch Feuerausmassänderungen (Zunahmen der Brandfläche im TI ab 1930 und ab 1955, in VS ab 1942; Abnahmen im TI ab 1980) stattgefunden, welche hauptsächlich von menschlichen Faktoren wie Landnutzung, Waldbrandprävention und Feuerwehrorganisation abhängig sind. In den höheren Lagen (ab 1500 m ü.M., *Abb. 4*) wird das Feuergeschehen zunehmend von den klimatischen Verhältnissen gesteuert (ZUMBRUNNEN ET AL. 2010; PEZZATTI ET AL. 2013). Ähnlich geht es mit den Blitzschlagbränden, welchen weder durch gesetzliche Bestimmungen noch mit kurzfristigen waldbaulichen Massnahmen vorgebeugt werden kann. Der in *Abbildung 5* gezeigte Zusammenhang zwischen Trockenheitsverhältnissen im Sommer und abgebrannten



*Abbildung 4:* Entwicklung des Waldbrandgeschehens in den letzten 100 Jahren in den unteren (<1500 m ü.M.) und oberen Stufen im Tessin und Wallis (Quelle: PEZZATTI ET AL. 2013).

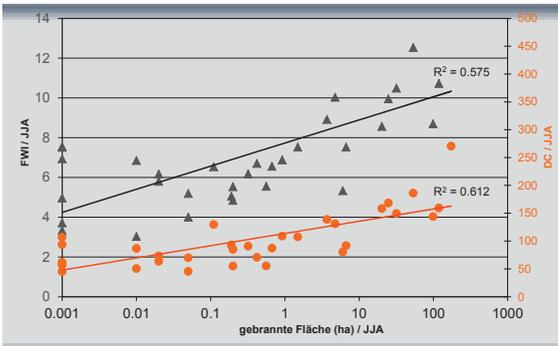


Abbildung 5: Jährlich durch Blitzschlagbrände abgebrannte Fläche im Hochsommer (Juni, Juli, August) im Tessin in der Periode 1980–2013 als Funktion von zwei Indexen, die den Wassermangel in der Streuschicht und im Boden simulieren und für die Vorhersage der Feuergefahr benutzt werden: der FWI (Canadian Fire Weather Index) und der DC (Drought Code).

Flächen zeigt eindeutig, wie bei einer allgemeinen Zunahme von Dürreperioden (zeitlich und räumlich als Folge des Klimawandels) mit einer Zunahme von Blitzschlagbränden im Alpenraum zu rechnen ist (CONEDERA ET AL. 2006). Im Falle einer solchen Klimaveränderung entsteht auch eine grössere Brandanfälligkeit von Wäldern, in denen Feuer bisher kaum eine Rolle spielte. Hierzu zählen z.B. die Buchenmischwälder auf der Alpennordseite, deren trockenes Laub im Winter leicht entzündbar ist (Abb. 6). Zunehmend brandgefährdet sind mittelfristig Föhren- und generell Nadelwälder der Zentralalpen und der Alpennordseite (WOHLGEMUTH ET AL. 2008).



Abbildung 6: Vom Feuer heimgesuchter Buchenbestand. In Zukunft eine immer häufigere Erscheinung? (Cugnasco – TI, Bild L. Lucini).

## Was wir dagegen tun können: Feuermanagement in der Schweiz

Langjährige Anstrengungen Feuer systematisch zu bekämpfen, ohne deren natürliche Rolle in der Natur zu erkennen und zu respektieren, hat in vielen Fällen zu dem sogenannten Feuer-Paradox geführt: Je effizienter die Brandbekämpfung ist, desto verheerender wirken die wenigen Brände, die dem sofortigen Löschen entgehen. Diese Erfahrungen haben die Fachleute inzwischen überzeugt, dass es wichtig ist, den Faktor Feuer aktiv im Landmanagement zu integrieren und vom Feuerlösch-Ansatz zum Feuermanagement-Ansatz überzugehen. So definiert ist Feuermanagement ein Ansatz zur Integration von biologischen, ökologischen und technischen feuerbezogenen Aspekten in der allgemeinen Landschaftsplanung unter Berücksichtigung der Nutzungsaktivitäten. Die Implementierung von solch theoretischen Ansätzen im Feuermanagement ist eine schwierig zu lösende Aufgabe, die ein detailliertes Verständnis der früheren Landschaftsdynamik und insbesondere der natürlichen und anthropogenen Einflussfaktoren voraussetzt.

Unter diesen Rahmenbedingungen soll das Ziel des Feuermanagements nicht das absolute Vermeiden jegliches Waldfeuers sein, sondern das Vorbeugen vor intensiven und grossflächigen Waldbränden. Um diese Ziele zu erreichen, sollten die begrenzten Ressourcen möglichst effizient und gezielt aufgrund einer umfassenden Waldbrandrisiko-Analyse eingesetzt werden. Eine erste konkrete Massnahme dazu ist die Analyse der herrschenden Feuerregime in einem Gebiet. In der Schweiz übernimmt die Waldbranddatenbank Swissfire diesbezüglich eine zentrale Rolle. Die systematische zentralisierte Erfassung der Waldbranddaten soll die Bereitstellung der jährlich aus internationalen Verpflichtungen verlangten Waldbranddaten sichern und Grundlage für die Erstellung der Waldbrandstatistik für das statistische Jahrbuch Wald und Holz sein (PEZZATTI ET AL. 2010). Gleichzeitig stellt die Waldbranddatenbank die Informationsquelle für die kurzfristige Prävention (automatische Berechnung von Waldbrand-Wetter Index, Ableitung von Schwellenwerte auf Grund der Waldbrandstatistik) und der langfristigen Waldbrand Prävention (Ermittlung der Waldbrandgefahren und -risikogebieten der Schweiz) dar. Dabei hat die Schweiz den grosse Vorteil, dass bereits heute feueranfällige Gebiete, wie die Alpensüdseite oder die inneralpinen Täler, als ideale Studien-Objekte für die mutmasslich zukünftigen Feuerprobleme der Alpennordseite dienen können.

### Literatur:

- BÜRGI, M.; STUBER, M., 2003: Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800–1950. Waldfeldbau, Waldfrüchte und Harz. Schweiz. Z. Forstwes. 154, 9: 360–375.
- CONEDERA, M.; MARCOZZI, M.; JUD, B.; MANDALLAZ, D.; CHATELAIN, F.; FRANK, CARMEN; KIENAST, F.; AMBROSETTI, P.; CORTI, G., 1996: Incendi boschivi al Sud delle Alpi: passato, presente e possibili sviluppi futuri. In: Rapporto di lavoro del Programma Nazionale di Ricerca «Mutamenti climatici e catastrofi naturali» PNR 3. Zürich, vdf Hochschulverlag. 143 S.

- 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: 117–129.
- CONEDERA, M.; CESTI, G.; PEZZATTI, G.B.; ZUMBRUNNEN, T.; SPINEDI, F., 2006: Lightning-induced fires in the Alpine region: An increasing problem. In: Viegas, D.X. (ed) V International Conference on Forest Fire Research, 27–30 November 2006, Figueira da Foz, Portugal. [CD-ROM]. Portugal, ADAI/CEIF University of Coimbra. 9 S.
- CONEDERA, M.; LUCINI, L.; HOLDENRIEDER, O., 2007: Bäume mit Brandwunden. Pilze als Pioniere nach Feuer. *Wald Holz* 88, 11: 45–48.
- CONEDERA, M.; NEFF, C.; MORETTI, M., 2009: Ökologische Folgen von Waldbränden in der Südschweiz. *Geogr. Rundsch.* 61, 4: 26–31.
- GIMMI, U.; BÜRGI, M.; WOHLGEMUTH, T., 2004: Wie oft brannte der Walliser Wald im 20. Jahrhundert? *Schweiz. Z. Forstwes.* 155, 10: 437–440.
- GRUND, K.; CONEDERA, M.; SCHRÖDER, H.; WALTHER, G.-W., 2005: The role of fire in the invasion process of evergreen broad-leaved species. *Basic Appl. Ecol.* 6: 47–56.
- KREBS, P.; PEZZATTI, G.; MAZZOLENI, S.; TALBOT, L.M.; CONEDERA, M., 2010: Fire regime: history and definition of a key concept in disturbance ecology. *Theory Biosci.* 129: 53–69.
- MARXER, P., 2003: Oberflächenabfluss und Bodenerosion auf Brandflächen des Kastanienwaldgürtels der Südschweiz mit einer Anleitung zur Bewertung der post-fire Erosionsanfälligkeit (BA EroKaBr). *Physiogeographica* 33: 217 S.
- MORETTI, M.; CONEDERA, M.; MORESI, R.; GUIGAN, A., 2006: Modelling the influence of change in fire regime on the local distribution of a Mediterranean pyrophytic plant species (*Cistus salvifolius*) at its northern range limit. *J. Biogeogr.* 33: 1492–1502.
- PEZZATTI, G.B.; REINHARD, M.; CONEDERA, M., 2010: Swissfire: die neue schweizerische Waldbranddatenbank. *Schweiz. Z. Forstwes.* 161, 12: 465–469.
- PEZZATTI, G.B.; ZUMBRUNNEN, T.; BÜRGI, M.; AMBROSETTI, P.; CONEDERA, M., 2013: Fire regime shifts as a consequence of fire policy and socio-economic development: An analysis based on the change point approach. *For. policy econ.* 29: 7–18.
- PYNE, S.J.; ANDREWS, P.L.; LAVEN, R.D., 1996: Introduction to Wildland Fire. 2nd edition revised, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 808 S.
- TINNER, W.; ALLGÖWER, B.; AMMANN, B.; CONEDERA, M.; GOBET, E.; LOTTER, A.F.; STÄHLI, M., 2005a: Ausmass und Auswirkungen der Waldbrände auf die Vegetation der Schweiz im Laufe der Jahrtausende. *Schweiz. Z. Forstwes.* 156, 9: 325–330.
- TINNER, W.; CONEDERA, M.; AMMANN, B.; LOTTER, A.F., 2005b: Fire ecology north and south of the Alps since the last ice age. *Holocene* 15, 8: 1214–1226.
- WOHLGEMUTH, T.; CONEDERA, M.; KUPFERSCHMID ALBISETTI, A.; MOSER, B.; USBECK, T.; BRANG, P.; DOBBERTIN, M., 2008: Effekte des Klimawandels auf Windwurf, Waldbrand und Walddynamik im Schweizer Wald. *Schweiz. Z. Forstwes.* 159, 10: 336–343.
- WOHLGEMUTH, T.; BRIGGER, A.; GEROLD, P.; LARANJEIRO, L.; MORETTI, M.; MOSER, B.; REBETEZ, M.; SCHMATZ, D.; SCHNEITER, G.; SCIACCA, S.; SIERRO, A.; WEIBEL, P.; ZUMBRUNNEN, T.; CONEDERA, M., 2010: Leben mit Waldbrand. *Merkbl. Prax.* 46: 16 S.
- ZUMBRUNNEN, T.; BÜRGI, M.; BUGMANN, H., 2010: Le régime des incendies de forêt en Valais: influences climatiques et anthropiques. *Schweiz. Z. Forstwes.* 161, 11: 442–449.