

Leben mit Waldbrand am Beispiel von Leuk (VS) 2003

Thomas Wohlgemuth, Alban Brigger, Philipp Gerold, Lucinda Laranjeiro, Marco Moretti, Barbara Moser, Martine Rebetez, Dirk Schmatz, Gustav Schneider, Stéphane Sciacca, Antoine Sierro, Patrick Weibel, Thomas Zumbrennen, Marco Conedera

Zusammenfassung

Am Beispiel des Waldbrands von Leuk im Sommer 2003, dem grössten derartigen Ereignis im Walliser Zentraltal seit hundert Jahren, werden die vielfältigen Auswirkungen solch zerstörerischer Ereignisse auf die Natur aufgezeigt. Der Bericht enthält Dokumentationen des Brandes, der Sofortmassnahmen, Angaben zur räumlichen und zeitlichen Brandhäufigkeit, zu den Veränderungen der Standortbedingungen, zum Verjüngungserfolg des Waldes und zur Entwicklung der Biodiversität. Mit Blick auf den Klimawandel wird das Waldbrandrisiko diskutiert und die Waldbrandstrategie des Kantons Wallis vorgestellt.

Abstract

The forest burn of Leuk in the summer of 2003 was the largest fire event for the last 100 years in the Rhone valley of the canton of Valais. It serves to demonstrate the various effects of the stand-replacing fire on flora and fauna. In the report, we document the fire event and the consecutive urgent measures taken by the forest service, put into perspective the Leuk burn and other forest fires in Switzerland, analyse the changes in site conditions and the related development of biodiversity and tree regeneration. In respect to climate change, we discuss the forest fire risk and present the forest fire strategy of the Canton Valais.

Schlagwörter: Artenvielfalt – Bodenverhältnisse – Fauna – Flora – Wallis – Waldbrandstrategie – Waldverjüngung

Keywords: biodiversity – fauna – flora – forest fire strategy – forest regeneration – soil conditions – Valais

1 EINLEITUNG

Der Waldbrand von Leuk war eines der markantesten Extremereignisse während des Jahrhundertssommers 2003 in der Schweiz. Ihm folgten Fragen über mögliche direkte Folgen des Klimawandels auf die Wälder, über den Umgang mit Waldbrand als zunehmendes Risiko im trockenen Wallis oder über das Tempo der Wiederbesiedlung mit Pflanzen und Tieren. Im Rahmen eines mehrjährigen interdisziplinären Projekts suchten rund 50 Forscherinnen und Forscher Antworten auf diese Fragen. Der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten Resultate aus WOHLGEMUTH et al. (2010a) zusammen.

2 UNTERSUCHUNGSgegenstand

2.1 Brandereignis

Gegen das Ende der Sommerhitzewelle 2003 entfachte ein Brandstifter am 13. August 2003 um 19.50 Uhr das Feuer oberhalb von Leuk. Während der ersten Brandphase war

es nahezu windstill, doch durch aufkommende Bergwinde weitete sich der Brand in einem 500 bis 1000 Meter breiten Streifen zwischen zwei Hangrippen hangaufwärts aus, bis er an der Waldgrenze zum Erliegen kam (Abb. 1). Rund 300 Hektaren Wald, darunter 70 Hektaren Schutzwald, sowie etwa 10 Hektaren Waldweide brannten in einer Nacht ab. Ausserhalb von vereinzelt Inseln und abseits des Brandrandes war das Feuer sehr intensiv, so dass sowohl die Bodenvegetation als auch die meisten Baumkronen vollständig verbrannten. Die umliegenden Dörfer und Weiler Thel, Brentjong, St. Barbara, Albinen, Tschärmilonga und Guttet-Feschel blieben unversehrt.

Das Feuer mottete mehr als zehn Tage weiter. Während dieser Zeit standen mehr als 100 Leute vom Feuerwehrkorps, vom Zivilschutz, von der Polizei, vom Sanitätsdienst, von der Bergrettung und vom Forstdienst zur Bekämpfung des Brandes im Einsatz. Zum Löschen von Glutnestern wurden tausende Helikoptereinsätze geflogen. Drei Wochen nach der Brandentfachung wurden die Löscharbeiten eingestellt.



Abb. 1. Das Waldbrandgebiet oberhalb von Leuk-Stadt am 15.8.2007. Foto T. Wohlgemuth, WSL.

Fig. 1. The forest burn above Leuk-Stadt on 15. August 2007. Foto T. Wohlgemuth, WSL.

2.2 Waldbrände in der Schweiz

Der Leuker Waldbrand war das grösste derartige Ereignis der letzten 100 Jahre im Walliser Zentraltal (Abb. 2). In den Schweizer Zentralalpen war nur der Waldbrand am Calanda 1943 bei Chur grösser (BAVIER, 1944). Seit 1980 gab es in der Schweiz noch sieben grössere Brandereignisse, alle davon auf der Alpensüdseite (Abb. 3). Wenn wir annehmen, dass als Folge des fortschreitenden Klimawandels extreme Wetterlagen wie die Hitzewelle im Sommer 2003 häufiger werden (REBETEZ, 1999; REINHARD et al., 2005), dürften die bis heute seltenen grossflächigen Waldbrände häufiger oder gar regelmässig auftreten.

Feuer und Stürme sind Störfaktoren, welche Wälder weltweit auf grosser Fläche verändern. Während es in Mitteleuropa die Winterstürme sind, die am meisten Waldschäden verursachen, werden viele Wälder im Mittelmeerraum und in den Zentral- und Südalpen hauptsächlich durch

verheerende Brände in Mitleidenschaft gezogen (WOHLGEMUTH et al., 2008).

In vielen Teilen der Erde sind Ökosysteme an Feuer adaptiert, beziehungsweise Feuer ist ein Bestandteil des Ökosystems. Die Vegetation im Wallis ist unseres Erachtens nicht spezifisch feuerangepasst. Da aber drei der vier grössten Waldbrände im Wallis trotz verbesserten Brandbekämpfungsmethoden in den letzten 30 Jahren stattgefunden haben, könnte hinter dieser Häufung das Feuer-Paradoxon vermutet werden. Dieses Paradoxon bezeichnet den Umstand, wenn langjährige Feuerbekämpfung zu einer bedrohlich hohen Anreicherung von Biomasse und damit letztlich zu intensiveren Waldbränden führt. Doch der Grund für die Zunahme der Biomasse ist primär die nachlassende Nutzung, nicht das Feuer-Paradoxon.

2.3 Lokalklima Zentral- und Oberwallis

Die Schweiz gehört zur Grossklimazone der gemässigten Breiten. Entsprechend regnet es in allen Monaten. Mit Ausnahme des Zentral- und Oberwallis fällt im Sommer generell mehr Regen als im Winter. Dies trifft besonders im niederschlagsreichen Tessin zu, wo der Winter zwischen Dezember und März sehr trocken sein kann, die grössten Regenmengen dagegen zwischen April und Oktober fallen. Das Gebiet Zentral- und Oberwallis bildet vom Klima her landesweit eine Ausnahme, aus folgenden Gründen:

- die trockenste Region der Schweiz: gemessen an der mittleren Jahressumme fällt nirgends so wenig Nieder-

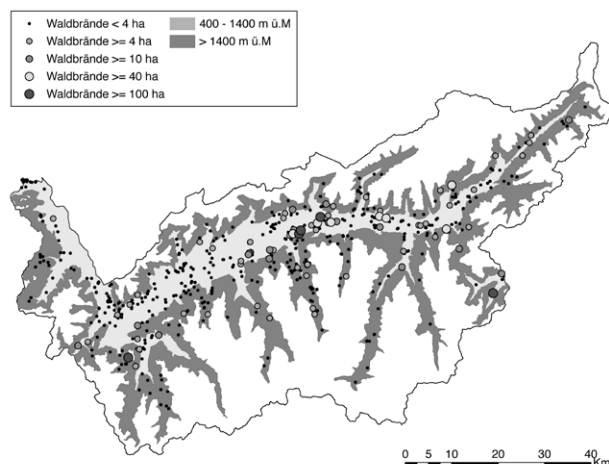


Abb. 2. Räumliche Verteilung der Waldbrände im Wallis von 1904 bis 2006 (ZUMBRUNNEN et al. 2009, abgeändert).

Fig. 2. Geographic distribution of forest burns in the Valais between 1904 and 2006 (adapted from ZUMBRUNNEN et al. 2009)

- schlag wie im Wallis (z.B. Sion mit 600 mm Niederschlag);
- trockene Sommer: im Sommerhalbjahr von April bis September regnet es weniger als im Winterhalbjahr; in allen anderen Regionen der Schweiz ist es umgekehrt;
- extreme Dürren: die Unterschiede von einem Jahr zum andern fallen im Oberwallis stärker ins Gewicht als in den übrigen Regionen der Schweiz; in Visp kann die Jahressumme unter 400 mm fallen;
- viele Hitzetage: in den tiefsten Lagen (Visp, Leuk) übersteigen die Sommertemperaturen oft die Schwelle von 30 °C;
- Wasser auch in Trockenzeiten: das Oberwallis hat grosse Schmelzwasserreserven (Schnee und Gletscher), welche seit Jahrhunderten zur Bewässerung genutzt werden; der Wasserabfluss kann auch während längerer Trockenzeiten im Sommer gross sein;
- drohende Wasserknappheit: durch die aktuelle Klimaerwärmung schmelzen nicht nur die Gletscher weg, auch die Schneeschmelze wird früher im Jahr zu Ende sein und es droht längerfristig eine Wasserverknappung in der Vegetationszeit;
- Verschärfung der Trockenheit: auch ohne Rückgang der Niederschläge werden höhere Temperaturen als Folge des Klimawandels zu stärkerer Verdunstung und somit zur Verschärfung der Trockenheit in der trockensten Region der Schweiz führen.

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 Massnahmen nach dem Brand

Beim untersten Teil des Leuker Brandgebietes handelte es sich in den Steillagen um prioritäre Schutzwälder (rund 70 ha). Diese schützten die vielbefahrene Kantonsstrasse Leuk-Leukerbad mit täglich 4500 Fahrzeugen, Leuk-Stadt sowie die Siedlungen Thel und Brentjong vor Steinschlag, Erosion, Rutschungen und teilweise auch vor Lawinen. Auf der übrigen Brandfläche erfüllten die Wälder neben Funktionen der Holzproduktion und der Wohlfahrt auch eine sekundäre Schutzfunktion. Als Folge des Waldbrandes und der fehlenden Bestockung war diese Schutzfunktion nicht mehr gegeben. In Absprache mit den zuständigen kantonalen und eidgenössischen Behörden wurden verschiedene Massnahmen ausgeführt. Oberhalb der Kantonsstrasse Leuk-Leukerbad und Leuk-Stadt wurden 200 Laufmeter Steinschlagnetze (Netzhöhe 3,0 m, Energieaufnahmefähig-

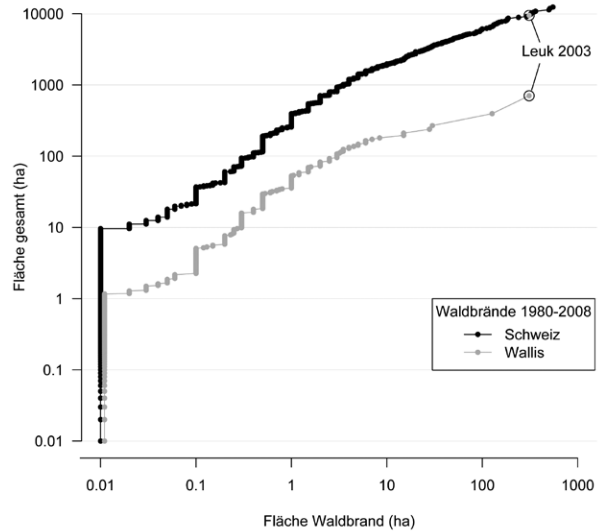


Abb. 3. Waldbrände im Wallis im Vergleich mit allen Waldbränden in der Schweiz. Kleinste Brandflächen (0,01 ha) wurden am häufigsten gemeldet.

Fig. 3. Forest burns in the Valais in comparison with all forest burns in Switzerland. Smallest burn areas (0.01 ha) were reported most frequently.

keit 500 kJ) und zwei Steinschlagdämme mit einer Länge von 180 m und einer Wirkungshöhe von 3,0 m erstellt.

Im steilen Gelände oberhalb der höher gelegenen Siedlung Thel und der Kantonsstrasse Leuk-Albinen wurden zum Schutz vor Schneerutschen und Lawinen 400 Laufmeter Holzschneerechen mit einer Wirkungshöhe von 2,5 m aufgebaut.

Zum Schutz der angrenzenden Schutzwälder vor Käferkalamitäten waren in der Randzone mit geschwächten Bäumen bis Ende 2007 zahlreiche phytosanitäre Eingriffe erforderlich. In den steilsten Gebieten wurden auch Aufforstungen durchgeführt, um die Wiederbewaldung zu beschleunigen. Gepflanzt wurden vorwiegend Flaumeichen, Mehlspeierlinge und Vogelkirschen. Daneben wurden auch Elsbeerbäume und Speierlinge eingebracht, zwei Baumarten, die im Oberwallis nicht heimisch sind. Zur weiteren Geländestabilisierung wurden verschiedene Straucharten gesetzt: allen voran Kreuzdorn und Schwarzdorn, dann Felsenbirne, Felsenkirsche und Berberitze.

3.2 Bodenveränderung

Nach einem Waldbrand ist der Boden ein wichtiger Faktor der Ökosystemresilienz bzw. der Fähigkeit Störungen zu tolerieren: Er stellt das Keimbett für die nächste Baumgeneration dar und bietet im verfügbaren Wurzelraum Nährstoffe und Wasser für die Pflanzen. Bedingt durch die kli-

matischen Veränderungen entlang des Höhengradienten herrschen im Brandgebiet Leuk verschiedene Bodenentwicklungsstadien vor. Entlang von sechs Höhentransekten wurden 25 Bodenprofile untersucht, sowohl innerhalb des Brandgebiets als auch ausserhalb zu Referenzzwecken, um die Verhältnisse ein Jahr nach dem Brand zu beschreiben. Im Eichen-Föhrenwald auf etwa 850 m ü.M. sind die vorwiegenden Rendzinen und flachgründigen Braunerden schwach entwickelt, währenddem im Lärchen-Fichtenwald und im Lärchenwald zwischen 1850 und 2040 m ü.M. mächtige Braunerden gewachsen sind, die zum Teil Podzolierungsmerkmale aufweisen.

Durch den Brand gingen schätzungsweise 80% der Masse der organischen Auflagehorizonte verloren; dies entspricht etwa 20 Tonnen Material pro Hektare. Die verbleibende Asche durchmischte sich mit dem obersten Mineralerdehorizont, der sich unterhalb der organischen Auflagehorizonte (Humusauflagen) befindet. Dadurch erhöhte sich der pH-Wert bzw. verringerte sich der Säuregehalt. Je intensiver der Brand war, desto basischer war der pH-Wert im Vergleich zu den Referenzböden im unverbrannten Wald auf gleicher Meereshöhe. Der Unterschied über alle Höhenstufen hinweg machte zwischen 1 und 1,5 pH-Einheiten aus. Das Verbrennen von organischem Material hat einerseits die organischen Säuren beseitigt und andererseits Basen (Kationen) und wichtige Nährstoffe aus der organischen Substanz durch Oxidation freigesetzt. Eine Zeigerwertanalyse der Pflanzenarten in der Vegetation (LANDOLT, 1977) ergab im ersten Jahr nach dem Brand höhere Reaktionswerte bzw. einen höheren pH im Oberboden zwischen 900 und 1700 m ü.M. als in den späteren Jahren. Die Abnahme der Werte weist darauf hin, dass der Effekt der basisch wirkenden Asche wohl nur ein bis zwei Jahre, also nur kurze Zeit, andauert.

Der Brand hat sich verhältnismässig schwächer auf den Kohlenstoffgehalt als auf den Stickstoffgehalt im Boden ausgewirkt. Kohlenstoff, (C) wurde hauptsächlich in die Atmosphäre freigesetzt währenddem sich ein Teil des Stickstoffes (N) durch die Hitze (über 232 °C) in Ammonium (NH₄⁺) und Nitrat (NO₃⁻) umwandelte und durch Niederschläge ausgewaschen oder erodiert wurde. Dies hatte Konsequenzen für die Nährstoffverfügbarkeit, wofür das C/N-Verhältnis als Indikator verwendet wird. Die biologische Aktivität und folglich auch die Mineralisierungsrate haben kurz nach dem Brand im obersten Mineralerdehorizont leicht zugenommen. Unterhalb von 1700 m ü.M. zeigten die Pflanzen einen deutlichen Anstieg der verfügbaren Nährstoffe in den ersten zwei Jahren an. Oberhalb

von 1700 m ü.M. war der Nährstoffanstieg im Spiegel der aufkommenden Vegetation nur gering.

Ein Jahr nach dem Brand wurde an den steilen Hängen Erosion beobachtet – ein typisches Phänomen nach Waldbränden in steilen Lagen. Einerseits ist die Holzasche leicht hydrophob und fördert dadurch in einem initialen Stadium den Oberflächenabfluss. Diese Wirkung ist aber nur kurzfristig. Andererseits haben rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen gezeigt, dass Holzasche grosse poröse Partikel von Kohlenstoff und verschiedene anorganische Partikel unterschiedlicher Grösse enthält (ETIÉGNI & CAMPBELL, 1991). Einige dieser Partikel haben eine plättchenförmige Struktur, welche sich nach Benetzung aufweitet und eine Art Kristallstruktur bildet, die nach der Trocknung jedoch nicht wieder schrumpft. Dadurch können Bodenporen verstopft werden und die Bodendurchlüftung und Entwässerung behindern. Beide Prozesse fördern den Oberflächenabfluss.

3.3 Mikroklimatische Veränderungen

Im Gegensatz zum gemässigten Binnenklima innerhalb eines Waldes herrschen auf besonntem Terrain extremere Temperaturen. Insbesondere war zu erwarten, dass sich diese Situation auf vorübergehend vegetationsfreiem Aschesubstrat noch verschärft. Zur Dokumentation des Bestandsklimas wurden auf der Brandfläche Leuk mittels ©iButtons-Technologie an 13 Orten Temperaturen der Luft auf 2 m Höhe, auf der Bodenoberfläche und im Boden in 10 cm Tiefe während der Vegetationszeit gemessen. Mit zunehmender Höhe nimmt die Wärme in den Sommermonaten linear um 0,65 °C pro 100 m ab (R² > 0.9), die Niederschläge dagegen steigen kontinuierlich an (TEMPERLI, 2007). Ein Vergleich von Tagesgängen an wolkenlosen Tagen zeigte, dass höchste Temperaturen an der Bodenoberfläche am Nachmittag zwischen 14 und 15 Uhr erreicht werden und dass die Maxima der Bodentemperaturen etwa vier Stunden hinter dem Oberflächenmaximum hinterherhinken. Absolut höchste Temperaturen wurden in den tiefsten Lagen und im ersten Messjahr, zwei Jahre nach dem Brand, gemessen. In Übereinstimmung mit der stetigen Zunahme der Vegetationsbedeckung reduzierten sich bis im Sommer 2008 die Temperaturmaxima. Absolut höchste Tageswerte wurden 2005 gemessen, als erst wenig Vegetation vorhanden war. Die Untersuchung zeigte andeutungsweise, dass die Temperaturen zu Beginn der Sukzession im Brandgebiet höher sind als später, wenn die Vegetationsdecke geschlossen ist. Der Effekt wird stark von der

Niederschlagshäufigkeit überprägt, welche sich deutlich auf die Luft- und Bodentemperaturen auswirkt.

3.4 Baumaustrieb

Mittels Stereo-Luftbildinterpretation von digitalisierten Farbinfrarotbildern des Brandgebiets wurde der Baumaustrieb nach dem Waldbrand von 2003 bis 2006 aufgezeichnet. In Tieflagen bis 1100 m ü.M. haben über 90% der Flaumeichen wieder ausgeschlagen (Kronenregeneration), und von den nicht vollständig verbrannten Lärchen oberhalb von 1600 m ü.M. bildeten 60% neue Knospen und Triebe. Dagegen regenerierten Waldföhren mässig und Fichte als anfälligste Baumart kaum. Von den untersuchten Baumarten hat die Flaumeiche klar die grösste Regenerationsfähigkeit. Selbst vollständig verkohlte Eichen treiben nach mehreren Jahren wieder aus dem Stock aus. Die unterschiedlichen Überlebensraten der Bäume entlang des Höhengradienten dürften zu einer deutlichen Veränderung der Waldzusammensetzung führen.

3.5 Besiedlung durch Pflanzen

Im Unterschied etwa zu Wiesenbränden, wo die Grasnarbe nur kurz brennt, können bei Waldbränden wegen der stärkeren Hitzewirkung sowohl die Bodensamenbank als auch Pflanzenrhizome lokal oder grossflächig zerstört werden. Deshalb unterscheidet sich die aufkommende Pioniervegetation in den ersten Jahren nach dem Brand oft stark von der ursprünglichen Waldvegetation. Um möglichst genaue Angaben über die Sukzessionsvorgänge zu erhalten, wurde die Rückeroberung des kahlen Waldbrandgebiets auf 153 Probeflächen à 200 m² in den Jahren 2004 bis 2007 Jahr für Jahr festgehalten.

Erste Pflanzen siedelten sich zuerst an feuchten Stellen wie in Runsen und Mulden an. Es waren dies einerseits typische Pioniere, deren Samen über lange Zeit im Boden überdauern können, andererseits Wiesen- und Weidenpflanzen, deren Samen vom Wind in das Brandgebiet verfrachtet wurden. Mit fortschreitender Dauer nach dem Brand verdichtete sich die Vegetationsdecke und der Wettbewerb um Ressourcen wurde stärker. Je nach Höhenzone begannen unterschiedliche Pflanzenarten ganze Flächen zu dominieren (Abb. 4). Das Rote Seifenkraut (*Saponaria ocymoides*) war in allen Höhenzonen ein auffälliger Erstbesiedler, der grosse farbenprächtige Teppiche bildete. Im vierten und fünften Folgejahr war die Art in mittleren Höhen über grosse Flächen dominant. Ab dem zweiten Folgejahr begann sich das Wald-Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*) besonders oberhalb von 1500 m ü.M. stark auszudehnen. Seither ist diese Art praktisch auf der gan-

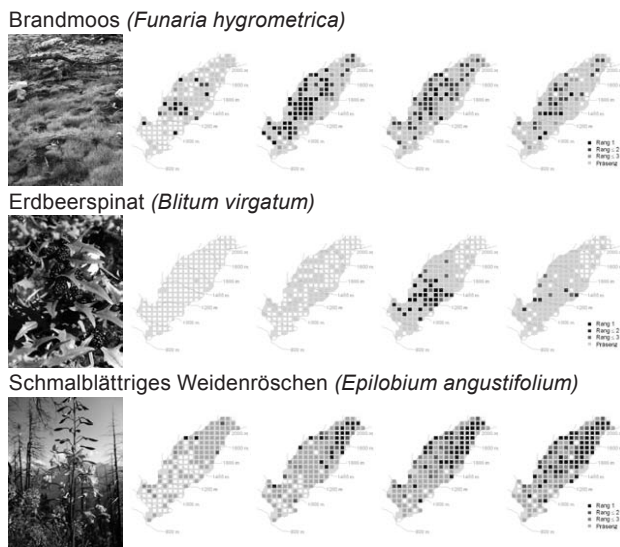


Abb. 4. Dynamik von auffälligen Pflanzenarten. Helle Schraffuren zeigen die Präsenz der Art in den Probeflächen an, starke Schraffuren deren Dominanz im Vergleich zur gesamten Artenzusammensetzung in den 200 m²-Probeflächen (1. Rang = häufigste Art; WOHLGEMUT & MOSER 2009).

Fig. 4. Changes in the distribution of conspicuous plant species over time across the burn. Light shades indicates presence of a species in a sampling plot, dark shades indicate dominance with respect to all co-occurring species in a 200 m² sampling plot (1st rank = most abundant species; WOHLGEMUT & MOSER 2009).

zen Fläche vorhanden und dominiert die höher gelegenen Zonen. Das zweite Folgejahr war durch das Brandmoos (*Funaria hygrometrica*) geprägt. Zwei alte Kulturpflanzen traten vorübergehend überraschend zum Vorschein: im dritten Folgejahr war der Erdbeerspinat (*Blitum virgatum*) in 80% aller Flächen vorhanden und dominierte weite Teile der mittleren Lagen. Die Pflanze hat vermutlich über Jahrzehnte als Samen im Boden überdauert (MOSER et al., 2006). Vom dritten bis fünften Folgejahr zählte auch die Färberwaid (*Isatis tinctoria*) zu den häufigsten Pflanzenarten. Entlang der Strasse von Thel nach Albinen begann sich die Art hangauf- und -abwärts auszudehnen und bildete Ende Mai ein mehrere Hektaren grosses gelbes Blütenmeer.

Die grösste Vielfalt entfaltete sich in Höhenlagen zwischen 1700 und 2100 m ü.M. mit durchschnittlich über 60 Arten pro 200 m². Darunter enthielten die Probeflächen vier Jahre nach dem Waldbrand im Mittel rund 15 Arten weniger (Abb. 5). Ein Vergleich von Vegetationserhebungen vor dem Waldbrand (GÖDICKEMEIER, 1998) und danach (TEMPERLI, 2007) zeigte, dass die Pflanzenvielfalt

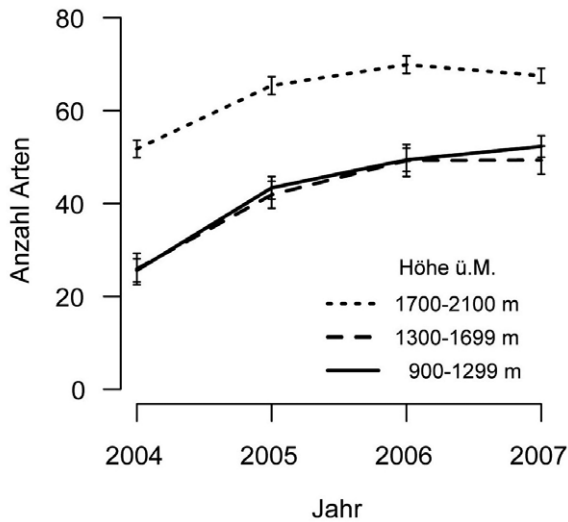


Abb. 5. Mittlere Pflanzenartenvielfalt in unterschiedlichen Höhenlagen nach dem Waldbrand (n=153).

Fig. 5. Average numbers of plant species in different elevational belts after the burn (n=153).

bereits zwei Jahre nach dem Brand zahlenmässig in allen Höhenlagen vergleichbar mit jener im intakten Wald war (Abb. 6). Ab dem dritten Brandfolgejahr überstiegen die Artenzahlen auf 200 m² jene der ursprünglichen, intakten Bestände zum Teil deutlich. Erwartungsgemäss waren die Pionier- und Ruderalpflanzen, also jene Pflanzen, die sich rasch auf offenen Flächen etablieren können, nach dem Brand gegenüber den schattenertragenden Waldpflanzen in der Überzahl. Nach dieser ersten Pionierphase haben sich seit 2007 vermehrt Gräser ausgebreitet. Wie Untersuchungen auf anderen Brandflächen (WASEM et al., 2010) sowie auf Windwurfflächen (WOHLGEMUTH et al., 2002) zeigen, dürften sich die Gräser in den kommenden Jahren ausdehnen.

3.5 Besiedlung durch Insekten und Spinnen

3.5.1 Artenvielfalt

Entlang von drei Höhentransekten wurden Insekten und Spinnen mit verschiedenen Fallen im Brandkerngebiet, im Randgebiet und im angrenzenden intakten Wald gefangen. Auswertungen der Jahre 2004 bis 2006 zeigen, dass mit der sich schnell bildenden Krautvegetation im Brandgebiet eine ebenso rasche Besiedlung durch verschiedene Insektengruppen einherging. Schon drei Jahre nach dem Brand veränderte sich die Artenzahl nicht mehr stark, aber die Abundanzen (Häufigkeiten) dieser Gruppen nahmen weiter zu. Am eindrucklichsten zu sehen war dies bei den holzbesiedelnden Käfern, insbesondere den Bock- und Prachtkäfern,

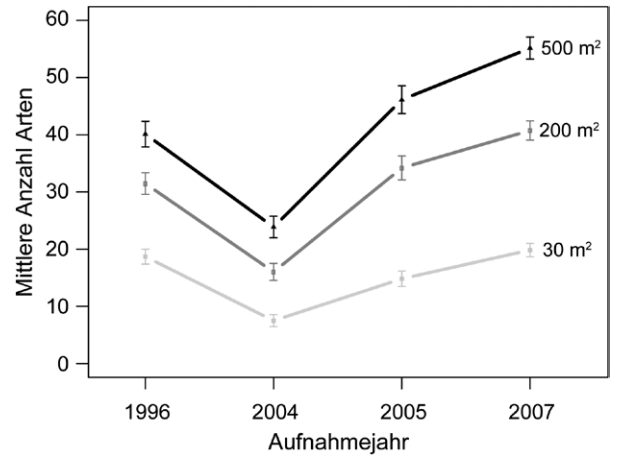


Abb. 6. Mittlere Pflanzenartenvielfalt vor und nach dem Waldbrand (n=40) auf unterschiedlich grossen Flächen (TEMPERLI 2007).

Fig. 6. Average number of plant species before and after the burn (n=40) in respect of plot size (TEMPERLI 2007).

und bei den für die Pflanzenbestäubung wichtigen Bienen. Bereits im zweiten Folgejahr nach dem Brand erreichten sie ihre grösste Artenvielfalt. Da diese Arten vom üppigen Totholz- und Blütenangebot profitieren konnten, haben sie in den ersten drei Jahren ihre Abundanzen um ein Mehrfaches erhöht. Etwas weniger ausgeprägt zeigte sich dies auch bei den Heuschrecken, die vom warmen und trockenen Mikroklima profitierten, oder bei den räuberischen Spinnen und Netzflüglerartigen, die das zunehmende Beuteangebot ausnutzen konnten. Bei den Laufkäfern nahm im dritten Folgejahr die Artenzahl immer noch zu.

Die untersuchten Wirbellosen setzten sich aus über 900 Arten zusammen. Ihre Artenvielfalt war im Brandgebiet deutlich höher als im angrenzenden intakten Wald (Abb. 7). So fanden sich im Brandgebiet doppelt so viele Arten und sechs mal mehr Individuen als im Wald. Am deutlichsten war dies bei den Bienen, die ganz klar das offene, blütenreiche Brandgebiet gegenüber dem Wald bevorzugten: Im Zentrum der Brandfläche konnten 290 verschiedene Arten nachgewiesen werden. Ihre Abundanz war 19 mal höher als diejenige der 126 Arten im Wald.

Die Artenvielfalt der untersuchten Wirbellosen verändert sich auch mit der Meereshöhe. Im Gegensatz zu den Pflanzen wurde bei den Wirbellosen aber die höchste Anzahl Arten und Individuen auf den unteren beiden Höhentransekten auf 1200 m und 1450 m ü.M. gefunden. Die oberste Stufe auf 1700 m war generell artenärmer, und die Populationen waren deutlich kleiner (Abb. 7), dies im Gegensatz zu den Gefässpflanzen.

3.5.2 Pyrophile Arten, Naturschutz und Forstschutz

Organismen, die typischerweise auf Brandstellen zu finden sind und sich in ihrer Lebensweise an das Feuer als Umweltfaktor angepasst haben, werden pyrophile Arten genannt. Unter den Käfern als bestuntersuchte Tiergruppe wurden mehrere pyrophile Arten gefunden. Die seltenen Bockkäfer *Acmaeops marginatus* und *Acmaeops septentrionis* entwickeln sich in brandgeschädigten Föhren und Fichten. Die Laufkäferarten *Pterostichus quadrifoveolatus* und *Sericoda quadripunctata* bevorzugen Brandstellen als Lebensraum (PRADELLA et al., 2010). Speziell letztere Art reagiert sehr schnell auf Brände und ernährt sich unter verkohlter Rinde oder Holzstückchen räuberisch von anderen Insekten. Diese pyrophilen Arten stehen entweder auf den Roten Listen gefährdeter Tierarten oder sind in der Schweiz allgemein sehr selten.

Einige der gefundenen Arten stehen auf den Roten Listen der gefährdeten Tierarten oder sind in der Schweiz geschützt. Bei den Bock-, Pracht- und Laufkäfern sind dies zwischen 30 und 35 % der gefundenen Arten, wovon sich wiederum 90 % vorwiegend oder ausschliesslich im offenen Brandgebiet aufhielten (MORETTI et al., 2010). Dies waren beispielsweise der Ungarische Prachtkäfer *Anthaxia hungarica*, der Bockkäfer *Pachyta lamed* oder der Laufkäfer *Harpalus zabroides*. Der Bockkäfer *Acmaeops marginatus* wurde in der Schweiz erst zum zweiten Mal gefunden, während der Laufkäfer *Harpalus fuscicornis* in den letzten 30 Jahren in der Schweiz nicht mehr beobachtet wurde.

Nach einer grösseren Störung in einem Nadelwald besteht vorübergehend die Gefahr von Massenvermehrungen von Schadinsekten, speziell von Borkenkäfern. Im Gegensatz zur Situation nach einem Sturm sind jedoch nach einem Feuer die angrenzenden Bestände nicht speziell anfällig auf Befall. So wurden in Leuk praktisch nur angesengte Bäume entlang der Bestandsränder von Borkenkäfern befallen, und eine Ausdehnung des Befalls fand nicht statt.

3.6 Besiedlung durch Vögel

Ein dermassen grossflächiger Waldbrand wie jener von Leuk bietet eine einzigartige Gelegenheit, die Prozesse der Besiedlung der verbrannten Oberfläche mit Waldvögeln im Alpengebiet zu untersuchen. Die Schweizerische Vogelwarte hat deshalb in den Jahren 2006, 2007 und 2008 alle Brutvögel im Brandgebiet erfasst. Hierzu wurden jährlich drei Begehungen zwischen dem 20. April und dem 20. Juni durchgeführt, wobei jeweils ein etwa 13 km langer Weg

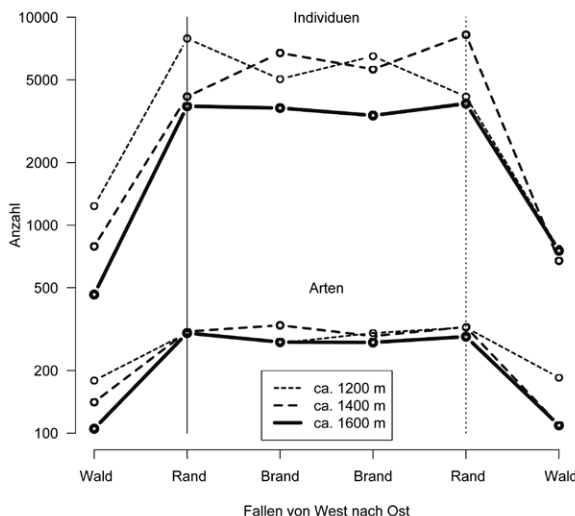


Abb. 7. Arten- und Individuenanzahlen von gefangenen Spinnen und Insekten auf drei Höhentransekten durch das Waldbrandgebiet (summierte Fangzahlen aus den Jahren 2005 und 2006).

Fig. 7. Number of species and number of individuals of trapped spiders and insects along three elevational transects crossing the burn (cumulated numbers in the years 2005 and 2006).

durch das 300 Hektaren grosse Gelände beschränkt wurde. Im Jahr 2006 wurden 402 Brutreviere gezählt, 543 im Jahr 2007 und 658 im Jahr 2008, mit entsprechend 45, 41 und 46 Arten. Während dieser drei Jahre war der Gartenrotschwanz (*Phoenicurus phoenicurus*) die häufigste Vogelart mit 59, 78 und 97 Revieren, gefolgt von der Zippammer (*Emberiza cia*) mit 47, 69 und 89 Revieren.

Gewisse Arten des Offenlandes wie der Steinrötel (*Monticola saxatilis*) oder Körnerfresser wie der Girlitz (*Serinus serinus*) waren 2008 bereits nicht mehr so häufig wie noch 2006 und überliessen den Platz allmählich den Waldvögeln Mönchsgrasmücke (*Sylvia atricapilla*; 8, 28, 38), Amsel (*Turdus merula*; 9, 22, 26) und Misteldrossel (*Turdus viscivorus*; 10, 14, 26).

Die Dauerbeobachtung hat gezeigt, wie schnell Vögel neue Habitate besiedeln können. Die rasche Ausbreitung des Gartenrotschwanzes ist beispielhaft für eine Art, die andernorts, besonders im Mittelland und in Dörfern, stark zurückgeht. Ein Grossteil der Vogelarten, die sich im Brandgebiet während der ersten Jahre angesiedelt haben, suchen eine nur lückig mit Vegetation bewachsene Oberfläche – ein Habitat also, in dem Bodeninsekten und Samen sichtbar bleiben.

3.7 Baumverjüngung

Die hohe Brandintensität des Leuker Feuers hat dazu geführt, dass mit Ausnahme der Randbereiche und der

Waldinsel im oberen Teil der Fläche nur wenige Bäume den Brand überlebten. Die Wiederbesiedlung war deshalb hauptsächlich von der Keimung von windverwehten Baumsamen und der nachfolgenden Etablierung neuer Baumkeimlinge abhängig. Da die im Gebiet bestandsbildenden Baumarten Waldföhre, Fichte, Lärche nicht über dauerhafte Samen verfügen, hängt eine erfolgreiche Wiederbesiedlung demnach von der Präsenz von Samenbäumen ab. Entsprechend war die Verjüngungsdichte dieser Baumarten in den ersten drei Jahren nach dem Brand mit zunehmender Distanz zum intakten Wald kleiner (MOSER et al., 2010). Bei den Pionierbaumarten Zitterpappel, Weiden und Birke wurde dieser Effekt nur im ersten Folgejahr festgestellt. Schon 2005 waren diese Arten auf der ganzen Brandfläche präsent, unabhängig von der Nähe zum intakten Wald. Vier Jahre nach dem Brand wurden oberhalb von 1700 m ü.M. rund 2500 Jungbäume pro ha gezählt. Darunter waren es mit durchschnittlich 1200 Bäumen pro ha deutlich weniger. Die ursprünglich bestandsbildende Waldföhre war in den untersten Lagen auch fünf Jahre nach dem Brand nur spärlich vorhanden (WOHLGEMUTH et al., 2010b).

Ob und wie schnell sich nach einem intensiven Brand wieder ein Wald etablieren kann, hängt in erster Linie von der Samenverfügbarkeit sowie den Keim- und Wuchsbedingungen in den ersten zwei Jahren nach dem Brand ab. Vor allem in tiefen Lagen der Zentralalpen ist die Wasserverfügbarkeit im Frühjahr und Frühsommer entscheidend für den Verjüngungserfolg. Sollten die Sommerniederschläge in dieser Region in Zukunft abnehmen, wie es im Zusammenhang mit dem Klimawandel prognostiziert wird, ist davon auszugehen, dass die Wahrscheinlichkeit günstiger Keim- und Wachstumsbedingungen in den ersten zwei Jahren nach einem Brand deutlich abnehmen wird. Ein Indiz hierfür ist die mangelnde Etablierung der Waldföhre an Orten, wo sie vor dem Brand bestandesbildend war. Dieses Phänomen wurde im Wallis bereits in früheren Untersuchungen (z.B. DELARZE & WERNER, 1985) beobachtet. Welche Faktoren die Waldföhre nach Waldbrand am stärksten limitieren ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

4.1 Waldbrandrisiko und Waldbrandstrategie

Werden Waldbrände in Zukunft häufiger auftreten? Wenn ja, wo, und weshalb? Durch die Zunahme von Dürren im Sommer wird die Waldbrandgefahr in den inneralpinen Trockentälern zunehmen. Die Walddynamik in diesen

Regionen wird künftig stärker durch Waldbrand geprägt sein als durch die generell veränderten Wuchsbedingungen. Mit anderen Worten rücken die klimabedingten Effekte wie das Absterben von Bäumen oder die Hemmung der Verjüngung wegen lange währendender Trockenheit gegenüber den Folgen von Waldbränden in den Hintergrund. Aufgrund der häufigeren Waldbrände wird eine starke Reduktion der Holzvorräte sowie eine Zunahme von frühen Sukzessionsstadien erwartet (SCHUMACHER & BUGMANN, 2006). Diese Veränderungen werden sich letztlich negativ zum Beispiel auf den Erosions- und Steinschlagschutz auswirken. Eine Einplanung dieser Entwicklung in die forstliche Planung ist dringend angezeigt.

Das Wallis hat als Antwort auf den Leuker Waldbrand eine kantonale Strategie festgelegt, welche die Teile Prävention, Organisation und Erstellen von Infrastrukturen im Kampf gegen die Waldbrandgefahr enthält. Es definiert die umzusetzende Strategie welche erlaubt, künftige Investitionen optimal und koordiniert einzusetzen und legt die Prioritäten der Massnahmen fest. Im Detail wird mittels Analyse von Wetterdaten laufend die Risikosituation eingeschätzt. Eine effiziente Brandbekämpfung wird sowohl durch die interne Organisation der Feuerwehren angestrebt wie auch durch den Bau von Infrastrukturen zur Gewährleistung des Vorhandenseins von Wasserentnahmestellen in prioritären Gebieten. Das kantonale Amt für Feuerwesen definiert die Prinzipien der Organisation und der Intervention, und es präzisiert den Bedarf an spezieller Ausrüstung, um eine effiziente Brandbekämpfung zu garantieren.

4.2 Artenvielfalt und Baumverjüngung

Die Wiederbesiedlung führt innerhalb von rund drei bis fünf Jahren in allen untersuchten Höhenstufen zu einer grossen Artenvielfalt an Pflanzen und Tieren, die beispielsweise bei den Farn- und Blütenpflanzen jene der Artenvielfalt der intakten Wälder deutlich übertrifft. Dabei ändern die Dominanzen von besonders auffälligen Blütenpflanzen wie Wald-Weidenröschen, Rotes Seifenkraut oder Färberwaid von Jahr zu Jahr.

Frische Brandflächen, die kurz- bis mittelfristig nur unvollständig mit Vegetation bedeckt sind, bieten vorübergehend ein geeignetes Habitat für mehrere Vogelarten wie Steinrötel, Zippammer und Gartenrotschwanz, die sonst in der Kulturlandschaft seltener oder gar nicht vorkommen. Sogenannte pyrophile Insekten siedeln sich auf Waldbrandflächen in grosser Häufigkeit an und verschwinden nach geraumer Zeit wieder. So gesehen zeigt die dem Waldbrand folgende Farben- und Formenpracht den Selbstheilungspro-

zess der Natur, der auch auf grösseren Flächen nach bereits kurzer Zeit einsetzt.

Was generell für die Vielfalt von Arten gilt, erfährt eine Einschränkung in der Baumartenverjüngung entlang des Feuchtigkeitsgradienten. Während in den oberen Höhenlagen eine Abfolge von Busch- zu Fichten-Lärchenwald bereits heute absehbar ist, dürfte eine ähnliche Abfolge von Waldentwicklungsstadien in tiefen Lagen ohne Aufforstung länger dauern. Die schon in früheren Studien festgestellte spärliche Ansiedlung der Waldföhre auf Aschesubstrat wurde beim Waldbrand von Leuk bestätigt. Ein Verjüngungserfolg nach Waldbrand in tiefsten Lagen des Wallis hängt stark von der Witterung in den nachfolgenden Jahren ab. Feuchte Jahre sind günstig für die Ansiedlung, während in trockenen Jahren dem Wurzelwachstum von Baumsämlingen Grenzen gesetzt sind.

5 DANK

Folgende Personen haben mit Feldarbeit, Auswertungen und Expertisen zur Untersuchung beigetragen: Sara Bangerter, Viktor Bregy, Harald Bugmann, Lydia Buholzer, Alexandra Bunge, Claudio Cattaco, Enrico Cereghetti, Peter Duelli, Konrad Egger, Beat Fecker, Fabio Fibbioli, Beat Forster, Christian Ginzler, Stefan Hadorn, Christian Hester, Anna-Regula Joss, Tabca Kipfer, Marlen Kube, Peter Küttel, Jonas Lehner, Salome Leugger, Peter Lüscher, Christian Matter, Martin Obrist, Bertrand Posse, Cinzia Pradella, Doris Schneider Mathis, Samuel Schnydrig, Marianna Serena, Christian Temperli, Dieter Trummer, Ulrich Wasem, Beat Wermelinger, Peter Wirz, Lukas Wohlgemuth, Niklaus Zimmermann. Die Forschungsarbeiten wurden unterstützt von der Dienststelle für Wald und Landschaft Kt. VS, von der Schweizerischen Vogelwarte, vom Schweiz. Nationalfonds und vom WSL-Forschungsprogramm Walddynamik. Die Burgerschaft Leuk stellte das Brandgebiet für alle Forschungsarbeiten grosszügigerweise zur Verfügung.

6 LITERATUR

- BAVIER, B. 1944. Der Waldbrand am Calanda im August/September 1943. Schweiz. Z. Forstwes. 95, 291-298.
- DELARZE, R. & WERNER, P. 1985. Evolution après des incendies d'une pelouse steppique et d'une pinède dans une vallée intralpine (Valais Central). Phytocoenologia 13, 305-321.
- ETIÉGNI, L. & CAMPBELL, A. G. 1991. Physical and chemical characteristics of wood ash. Bioresource Technol. 37, 173-178.
- GÖDICKEMEIER, I. 1998. Analyse des Vegetationsmusters eines zentralalpiner Bergwaldgebiets. Diss. ETH 12641, Zürich.
- LANDOLT, E. 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich 64, 1-208.
- MORETTI, M., DE CÀCERES, M., WERMELINGER, B., OBRIST, M., DUELLI, P. 2010. Species and functional change of saproxylic beetles in the fire sensitive Central Alps of Switzerland. Ecography 33, 760-771.
- MOSER, B., GIMMI, U. & WOHLGEMUTH, T. 2006. Ausbreitung des Erdbeerspinats *Blitum virgatum* nach dem Waldbrand von Leuk, Wallis (2003). Bot. Helv. 116: 179-183.
- MOSER, B., TEMPERLI, C., SCHNEITER, G. & WOHLGEMUTH, T. 2010. Potential shift in tree species composition after interaction of fire and drought in the central Alps. Eur. J. For. Res. 129: 625-633.
- PRADELLA, C., WERMELINGER, B., OBRIST, M. K., DUELLI, P. & MORETTI, M. 2010. On the occurrence of five pyrophilous beetle species in the Swiss Central Alps (Leuk, Canton Valais). Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 83, 187-197.
- REBETEZ, M. 1999. Twentieth century trends in droughts in southern Switzerland. Geophys. Res. Lett. 26, 755-758.
- REINHARD, M., REBETEZ, M. & SCHLAEPPER, R. 2005. Recent climate change: Rethinking drought in the context of forest fire research in Ticino, south of Switzerland. Theor. Appl. Climatol. 82, 17-25.
- SCHUMACHER, S. & BUGMANN, H. 2006. The relative importance of climatic effects, wildfires and management for future forest landscape dynamics in the Swiss Alps. Glob. Change Biol. 12, 1435-1450.
- TEMPERLI, C. 2007. Vegetation dynamics after forest fire in comparison to the pre-fire state. Diplomarbeit WSL & ETH Zürich, Birmensdorf.
- WASEM, U., HESTER, C. & WOHLGEMUTH, T. 2010. Waldverjüngung nach Feuer. Wald Holz 91/1, 42-45.
- WOHLGEMUTH, T., BRIGGER, A., GEROLD, P., LARANJEIRO, L., MORETTI, M., MOSER, B., REBETEZ, M., SCHMATZ, D., SCHNEITER, G., SCIACCA, S., SIERRA, A., WEIBEL, P., ZUMBRUNNEN, T. & CONEDERA, M. 2010a. Leben mit Waldbrand. Merkbl. Prax. 46, 1-16.
- WOHLGEMUTH, T., CONEDERA, M., KUPFERSCHMID ALBISETTI, A., D., MOSER, B., USBECK, T., BRANG, P. & DOBBERTIN, M. 2008. Effekte des Klimawandels auf Windwurf, Waldbrand und Walddynamik im Schweizer Wald. Schweiz. Z. Forstwes. 159, 336-343.
- WOHLGEMUTH, T., HESTER, C., JOST, A.-R., WASEM, U. & MOSER, B. 2010b. Dynamik der Wiederbewaldung im Waldbrandgebiet von Leuk (VS). Schweiz. Z. Forstwes. 161, 450-459.
- WOHLGEMUTH, T., KULL, P. & WÜTRICH, H. 2002. Disturbance of microsites and early tree regeneration after windthrow in Swiss mountain forests due to the winter storm Vivian 1990. Forest Snow Landsc. Res. 77, 17-47.
- WOHLGEMUTH, T. & MOSER, B. 2009. Phönix aus der Asche - Die rasche Wiederbesiedlung der Waldbrandfläche oberhalb von Leuk durch Pflanzen. Bull. Murith. 126, 29-46.
- ZUMBRUNNEN, T., BUGMANN, H., CONEDERA, M. & BÜRGI, M. 2009. Linking forest fire regimes and climate: A historical analysis in a dry inner Alpine valley. Ecosystems 12, 73-86.

Thomas Wohlgemuth, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 8903 Birmensdorf, thomas.wohlgemuth@wsl.ch; Alban Brigger, Dienststelle für Wald und Landschaft, 3900 Brig, alban.brigger@admin.vs.ch; Philipp Gerold, Dienststelle für Wald und Landschaft, 1950 Sion, philipp.gerold@admin.vs.ch; Lucinda Laranjeiro, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 8903 Birmensdorf, lucinda.laranjeiro@wsl.ch; Marco Moretti, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 6500 Bellinzona, marco.moretti@wsl.ch; Barbara Moser, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 8903 Birmensdorf, barbara.moser@wsl.ch; Martine Rebetez, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 1015 Lausanne, martine.rebetez@wsl.ch; Dirk Schmatz, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 8903 Birmensdorf, dirk.schmatz@wsl.ch; Gustav Schneiter, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 8903 Birmensdorf, gustav.schneiter@wsl.ch; Stéphane Sciacca, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 8903 Birmensdorf, Antoine Sierro, Schweizerische Vogelwarte, 3970 Salgesch, antoine.sierro@bluewin.ch; Patrick Weibel, Professur für Waldökologie ETH Zürich, 8092 Zürich, patrick.weibel@alumni.ethz.ch; Thomas Zumbrunnen, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 6500 Bellinzona, thomas.zumbrunnen@wsl.ch; Marco Conedera, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 6500 Bellinzona, marco.conedera@wsl.ch

Dieser Text ist eine Kurzfassung der Publikation im Merkblatt für die Praxis, 46, Januar 2010 von der Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.