

Vivians Erbe

Waldentwicklung nach Windwurf im Gebirge

Walter Schönenberger, Christoph Angst, Michael Bründl, Matthias Dobbertin, Peter Duelli, Simon Egli, Werner Frey, Werner Gerber, Andrea D. Kupferschmid Albisetti, Peter Lüscher, Josef Senn, Beat Wermelinger, Thomas Wohlgemuth

Was hat sich nach dem Sturm Vivian seit 1990 auf den Windwurfflächen abgespielt?

In den ersten Jahren herrschte weitherum lebhaftes menschliches Treiben: Strassenbau, Helikopterflüge, Holzerei, Flächenräumung, Pflanzung, Pflegearbeiten. Seither sind mit und ohne menschliche Eingriffe faszinierende natürliche Prozesse abgelaufen: Die Vegetation und die Tierwelt haben sich den neuen Bedingungen angepasst, das Wild hat neue Habitats gefunden, die Borkenkäfer haben die Gunst der Stunde genutzt, die Zersetzung des Holzes ist in vollem Gange, und der Wald ist daran, die Windwurfflächen zurückzuerobern. All diese Vorgänge haben Wissenschaftler und praktizierende Förster mit grossem Interesse analysiert und daraus die Konsequenzen für das Tun und Lassen nach künftigen Sturmereignissen abgeleitet.



Abb. 1. Blick in die ungeräumte Versuchsfläche Zweisimmen. Die ursprüngliche Vegetation ist noch weitgehend erhalten geblieben. 22. Juni 1992. Bild Documenta Natura.

Zehn Jahre Forschung

Seit den Winterstürmen Vivian 1990 und Lothar 1999 haben sich die Kenntnisse über die Folgen von Stürmen beträchtlich verbessert. Die wiederholte intensive Auseinandersetzung weiter Kreise mit der Problematik hat zu einer sachlichen und differenzierten Betrachtungsweise solcher Grossereignisse geführt.

Wissenschaftler der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL haben in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Forstdirektion und den von Vivian am stärksten betroffenen Kantonen die Veränderungen auf geräumten und ungeräumten Windwurfflächen untersucht. Sie haben 2002 ein Themenheft über die Resultate aus zehn Jahren Forschung auf Vivian-Windwurfflächen im Gebirge herausgegeben. In 15 Beiträgen bieten sie eine Auslegeordnung der durchgeführten wissenschaftlichen Untersuchungen sowie der bisherigen Resultate. Mit dem Heft wenden sie sich in erster Linie an ein internationales, wissenschaftliches Publikum.

Im vorliegenden Beitrag richten wir uns mit einer Zusammenfassung und Synthese der Forschungsarbeiten an ein interessiertes Fachpublikum. Dabei konzentrieren wir uns auf die Erkenntnisse und die Schlussfolgerungen und verzichten auf eine ausführliche Darstellung der Untersuchungsgebiete, Methoden und zahlenmässigen Resultate; das können interessierte Leser im genannten Themenheft nachschauen.



«Vivians Erbe in der Schweiz – Auswirkungen von Windwurf auf die Walddynamik»

So lautet der deutschsprachige Titel eines Themenheftes in englischer Sprache, das kürzlich in der WSL-Zeitschrift «Forest Snow and Landscape Research» erschienen ist.

Zitierung: Schönenberger, W., Fischer, A., Innes, J., 2002 (eds): Vivian's Legacy in Switzerland – impact of windthrow on forest dynamics. Forest Snow and Landscape Research, Vol. 77, issue 1/2: 224 S.

Bezugsadresse des Themenheftes:

Paul Haupt Verlag, Falkenplatz 14, CH-3001 Bern. verlag@haupt.ch, Preis: Fr. 48.–.

Versuchsflächen, Ziele, Forschungsprojekte

Rund ein Dutzend Forscher verschiedener Disziplinen untersuchten die Prozesse auf vier Versuchsflächen der WSL bei Disentis, Pfäfers, Schwanden und Zweisimmen. Diese Flächen, alle in Höhenlagen von 900 bis 1600 m, wurden nach Vivian mit drei Behandlungsvarianten eingerichtet:

- 1) belassen, d. h. ohne Holzernte und Flächenräumung, nur natürliche Verjüngung;
- 2) geräumt, d. h. Holzernte und Flächenräumung, nur natürliche Verjüngung;
- 3) bepflanzt, d. h. Holzernte, Flächenräumung, natürliche Verjüngung und Pflanzung.

Ziel der Forschung war es, die Entwicklung von Windwurfflächen bezüglich Boden, Vegetation, Tierwelt und Naturgefahren anhand dieser Fallbeispiele zu dokumentieren und die Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten aufzuzeigen. Die Versuchsflächen dienen neben der Forschung auch als Anschauungs-, Lern- und Lehrobjekte.

Humusdynamik und Veränderungen im Wurzelraum

Im Boden löste der Windwurf grosse Veränderungen aus. Die Menge und Zusammensetzung der Streu wurden durch den Sturm völlig verändert, ebenso der bodennahe Wärme- und Wasserhaushalt. Die biologische Aktivität wurde dank erhöhter Temperaturen auf der besonnten Bodenoberfläche generell über alle Standortstypen hinweg erhöht. Die zehn Jahre unter den neuen

Freilandbedingungen genügten, um in den mehrjährigen organischen Auflagehorizonten den Umsatz wesentlich zu verbessern. Die Bestimmung der Humusformen zeigt, dass frühere Moderformen heute zum Mullbereich gehören. Früher inaktive Nährstoffreserven wurden für die Pflanzen verfügbar. Die abgebauten Vegetationsrückstände durchmischten sich deutlich besser mit der Mineralerde.

Gleichzeitig verursachten die Räumungsarbeiten aber Bodenverdichtungen. Dadurch wurden kleinflächig die Porenräume und das Bodengefüge zerstört und die Wassersickerung und die Durchlüftung im Wurzelraum erschwert. Verlagerte Feinpartikel verschlammten und verstopften das Hohlraumssystem im Bereich des Wurzelraumes umso mehr, je weiter die Bodenentwicklung voranschritt, besonders auf Stellen ohne geschlossene Vegetationsdecke. In rohen, grobkörnigen Böden, wo das Gefüge wenig ausgebildet, das Wasserspeichervermögen gering und die Durchlässigkeit normal sind,

fielen diese negativen Veränderungen im Wasserhaushalt weniger ins Gewicht. Die Verdichtung im Oberboden veränderte den Bodenwasserhaushalt im gesamten Wurzelraum negativ.

Spuren der Wiedererschliessung des Bodens durch Wurzeln waren erst im Bereich der Feinwurzeln nahe der Bodenoberfläche erkennbar. Grobwurzeln und Starkwurzeln mussten den potenziellen Wurzelraum neu erschliessen, was viel Zeit braucht. Die schlechte Durchlüftung erschwerte und verzögerte eine Wiederbesiedlung mit Wurzeln über Jahre. Auch ein gestörtes Porensystem braucht längere Zeit, um sich zu regenerieren.

Fazit: Räumungsarbeiten sind möglichst bodenschonend ohne wesentliche Verdichtung des Oberbodens durchzuführen. Bis im Wurzelraum für das Wurzelwachstum wieder optimale Bedingungen herrschen, braucht es – je nach Bodeneigenschaften – viel Zeit.



Abb. 2. Schwere Maschinen für die Flächenräumung verdichten den Boden und erschweren die Wassersickerung und Durchlüftung für lange Zeit. Bild W. Schönenberger.

Einfluss der Vegetationsdecke auf die Ansamung von Waldbäumen

Innert zehn Jahren hat die botanische Artenvielfalt deutlich zugenommen. Das zeigte sich bei der Untersuchung von 236 Dauerquadraten von je 1 m² Fläche. In den ersten zwei Jahren erschienen je nach Untersuchungsgebiet verschiedene Pionierarten. Der gemeine Hohlzahn wurde überall und z. T. in grosser Häufigkeit gefunden. Dem Hohlzahnstadium folgte auf zuvor vegetationsfreien Stellen ein Himbeer-Hochstauden- oder ein Gras-Stadium. Himbeeren sind auch in geschlossene Hochstauden-Vegetation vorgedrungen, konnten sich aber an nährstoffarmen, trockenen und vernässten Stellen nicht etablieren.

Zehn Jahre nach dem Windwurf schwankten die Verjüngungszahlen je nach Versuchsfläche zwischen 2000 und 50 000 Einzelpflanzen pro Hektare (inklusive Keimlinge und Sämlinge). Die Minimalzahlen sind im Vergleich zu Windwurfflächen im Mittelland extrem

klein. Am zahlreichsten waren Fichten, gefolgt von Bergahorn und Vogelbeeren. Letztere wuchsen am schnellsten.

Der Ansamungserfolg war vom Kleinstandort abhängig. Wo der Boden vorübergehend vegetationslos war, konnten sich Fichten am besten ansiedeln. Diese günstige Situation ohne Vegetationskonkurrenz bot sich in ungeräumten Flächen nur auf Wurzeltellern und in Wurzelmulden an. In grösserem Ausmass entstanden entblösste Stellen in den ersten Jahren durch Wegräumen des Sturmholzes in den geräumten Flächen. Ein grosser Teil der im Jahr 2000 festgestellten Verjüngung stammte aus den Fichtensamenjahren 1993 und 1994. In ungestört gebliebenen Habitaten wie Reitgrasfluren und Hochstauden gab es kaum Verjüngung. In allen Versuchsflächen gelang es nur wenigen Sträuchern, die rasch zuwachsende Vegetationsdecke zu durchdringen.

Moderholzverjüngung wurde während der zehnjährigen Beobachtungszeit kaum festgestellt. Sie spielt offenbar erst später eine Rolle, vor allem dort, wo viel Windwurfholz liegen bleibt. Dann wird moderndes Holz ein

wichtiges Verjüngungshabitat für Bäume, denn auf dem mageren Substrat wird die Verjüngung längere Zeit nicht von nährstoffbedürftigen Hochstauden bedrängt. In den weit verbreiteten Reitgrasfluren und Hochstauden des subalpinen Waldes können sich Bäume nach Windwurf kurzfristig fast nur auf entblösten Stellen und mittelfristig auf Moderholz ansamen. Moderholz ermöglicht eine grosse zeitliche Staffelung der Wiederbewaldung.

Fazit: Die natürliche Verjüngung nach Windwürfen in Gebirgswäldern braucht viel Zeit. Das Zeitmass hängt stark von der schon im früheren Bestand vorhandenen Verjüngung ab. Holzernte und Schlagräumung können die Ansamung begünstigen, weil sie kurzfristig Blößen mit geeigneten Keim- und Wuchsbedingungen für Bäume schaffen. Sie können sie aber auch verzögern, wenn dabei allenfalls vorhandene Vorverjüngung zerstört oder alles Holz als potentielles Verjüngungssubstrat entfernt wird.



Abb. 3. Vegetationsentwicklung im geräumten Teil der Versuchsfläche Schwanden. Am 20. Mai 1992 war die Vegetation durch die Räumungsarbeiten stark gestört. Der Verlauf der Seillinien ist sichtbar.



Am 27. Juni 2000 war die Fläche fast vollständig von Himbeeren, Weidenröschen und Holunder überwuchert. Bilder Documenta Natura.

Natürliche Wiederbewaldung und Aufforstung

Untersucht wurde auch die Entwicklung der natürlichen Verjüngung (ab 20 cm Höhe) und der Pflanzungen, und zwar in 247 Stichproben zu je 50 m². Auf den ausgedehnten Windwurfflächen war ein spärlicher Sameneintrag für die Verjüngung limitierend, vor allem bei Arten mit schweren Samen und kurzen Ausbreitungsdistancen wie Bergahorn. Zahlreicher war die Ansammlung in kleineren oder von drei Seiten von Wald umgebenen Versuchsfeldern.

Auch in dieser Untersuchung stellte sich auf geräumten Flächen tendenziell mehr Verjüngung ein als auf ungeräumten. Vorverjüngung aus den Beständen vor dem Windwurf fehlte weitgehend. Das gilt auch für die belassenen Varianten, was ausschliesst, dass das Fehlen auf eine Zerstörung der Verjüngung durch Flächenräumung zurückzuführen ist. Offenbar waren die Bestände vor dem Sturm für eine erfolgreiche Ansammlung zu dicht und zu dunkel gewesen.

Pro Hektare wurden zehn Jahre nach dem Sturm auf den vier Versuchsfeldern erst 900 bis 2500, im Durchschnitt

1700 Jungbäume aus natürlicher Verjüngung gezählt, verteilt auf 14 Arten. Die Versuchsfelder bewalden sich also nur sehr langsam wieder. Die natürliche Verjüngung war bezüglich Anzahl und Grösse noch weit davon entfernt, Schutz gegen Naturgefahren zu gewähren. Dazu braucht sie in der montanen Stufe voraussichtlich nochmals mindestens ein Jahrzehnt, in der subalpinen Stufe mindestens zwei weitere Jahrzehnte. Windwurffelder bewalden sich in hohen Lagen dort, wo es keine Vorverjüngung gibt, wahrscheinlich zu langsam, um rechtzeitig die Schutzwirkung vom verrottenden Holz zu übernehmen. Bisher haben nämlich die Baumstrünke und in den belassenen Flächen die liegenden Stämme ihre Schutzwirkung behalten; diese wird mit der fortschreitenden Zersetzung des Holzes jedoch rapide abnehmen. Laubbäume dominierten zahlenmässig und wuchsen schneller als Nadelbäume.

Die Behandlungsvarianten «bepflanzt» wurden 1992/93 mit etwa 1800 bis 2600 Pflanzen pro ha bepflanzt. Die Aufforstungen erlitten bis im Jahre 2000 Ausfälle von 20 bis 30 Prozent. Die nicht flächendeckende Gruppenpflanzung mit verschiedenen Baumarten liess in den Lücken genügend Raum für zusätzliche natürliche Verjüngung. Der Vergleich der Naturverjüngung mit den Pflanzungen ergab, dass im Jahre 2000 beide je etwa die Hälfte der Gesamtverjüngung ausmachten. Die Naturverjüngung war jedoch noch deutlich niedriger. Mit Pflanzungen erreichte man also etwa zehn Jahre Vorsprung auf die natürliche Verjüngung (Abb. 4).

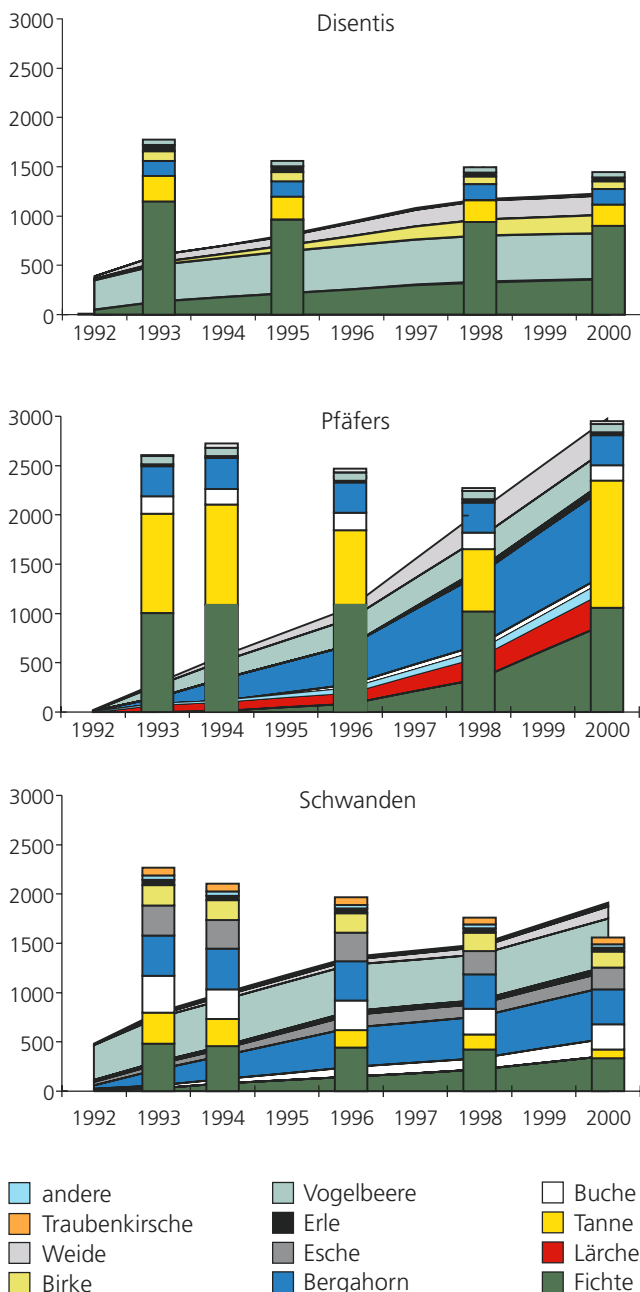


Abb. 4. Entwicklung der Anzahl Jungbäume pro ha aus der natürlichen (Flächen) und der gepflanzten Verjüngung (Säulen) in den bepflanzten Flächen, aufgeschlüsselt nach Baumarten. Die natürliche Verjüngung hat zehn Jahre nach dem Sturm die Pflanzung zahlenmässig eingeholt. Die Naturverjüngung hat einen viel höheren Laubholzanteil. (Nach Schönenberger 2002)

Fazit: Auf grossen Flächen ist es wichtig, alle überlebenden Bäume als künftige Samenquellen zu schonen. In Gebirgswäldern sollten jederzeit genügend Verjüngungsansätze vorhanden sein, denn Vorverjüngung ist in hohen Lagen sehr wichtig für die Wiederbewaldung. Diese Vorverjüngung sollte deshalb bei der Holzernte möglichst geschont werden. Pflanzung ist in hohen Lagen überall dort angebracht, wo eine rasche und schutzwirksame Wiederbewaldung erforderlich ist, also auf sehr steilen, schneereichen Hängen mit hohem Gefahren- und Schadenpotenzial.

Einfluss von Wild auf die Entwicklung der Vegetation

Die Einflüsse der Huftiere auf die Entwicklung der Bodenvegetation und der Verjüngung wurden über einen Zeitraum von drei Jahren in je 50 Zäunen und Kontrollflächen untersucht, welche sieben Jahre nach dem Windwurfereignis errichtet wurden. Die Flächen liegen im Freiberg Kärfpf, einem eidgenössischen Jagdbanngebiet im Kanton Glarus, und weisen eine im Vergleich zum umliegenden Jagdgebiet höhere Wilddichte auf. Es kommen drei Huftierarten vor: Reh, Hirsch und Gämse. Aus diesen Gründen sollten hier Einflüsse der Huftiere auf die Vegetation besonders deutlich sein.

In den drei Jahren der Untersuchung nahm der Deckungsgrad der Vegetation sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Zäune um rund 40 Prozent zu. Detailliertere Analysen zeigten bei den Häufigkeiten einzelner Pflanzenarten Unterschiede zwischen gezäunten und offenen Flächen. Einzelne Arten, welche von den Huftieren als Futter sehr geschätzt werden, wurden in den offenen Flächen geringfügig seltener als in den Zäunen. Den durch das Abfressen frei gewordenen Platz nahmen andere Pflanzenarten ein, welche von den Huf-



Abb. 5. Kontrollzaun im Freiberg Kärfpf. Die Entwicklung der Vegetation und Waldverjüngung innerhalb und ausserhalb solcher Zäune war ähnlich. Bild O. Odermatt.

tieren nicht bevorzugt wurden. Dadurch ergab sich schliesslich innerhalb und ausserhalb der Zäune gleich viel Vegetation, aber in leicht unterschiedlicher Zusammensetzung.

Eine ähnliche Situation zeigte sich bei der Baumverjüngung: In den drei Jahren der Untersuchung nahm die Zahl der jungen Bäumchen um das Vierfache zu, sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Zäune. Es konnte also

nach sieben Jahren ohne Zaunschutz und anschliessend drei Jahren mit Zaunschutz kein Einfluss der Huftiere auf die Anzahl junger Bäumchen festgestellt werden. Die Zahlen variierten zwar stark zwischen den verschiedenen Orten und zeigten damit deutlich den Einfluss der Standortbedingungen. Ganz ähnlich verhielt es sich mit den Höhen der jungen Bäumchen. Die Baumhöhen variierten zwar überall sehr stark, doch waren im Durchschnitt die meisten Baumarten ausserhalb der Zäune gleich hoch wie in den Zäunen. Einzig die Vogelbeere war nach drei Jahren in den Zäunen deutlich grösser als ausserhalb. Doch auch ausserhalb der Zäune konnten die Vogelbeeren ihre Höhe verdoppeln, obwohl sie verbissen wurden. Es ist möglich, dass der Einfluss des Wildes auf die Verjüngung in den ersten Jahren nach dem Sturm grösser war, als die Vegetation noch nicht so üppig war.



Abb. 6. Von Gämsen verbissene Tanne, Stotzigwald, Kanton Uri. Bild O. Odermatt.

Fazit: Die Untersuchung zeigte, dass der Ausschluss der Huftiere einen messbaren Einfluss auf die Vegetationsentwicklung hatte. Dieser Einfluss betraf allerdings nur die Artenzusammensetzung, nicht die Biomasse. Eine Erklärung dafür: Die üppige Vegetation bot sieben Jahre nach dem Sturm genügend gute Nahrung für die Huftiere. Die Huftiere haben die weitere Wiederbewaldung nicht mehr entscheidend behindert.

Die Mykorrhizapilze

Die Artenzahl der Mykorrhizapilze, die als Partner für Bäume unentbehrlich sind, nahm nach Vivian kontinuierlich ab. Zehn Jahre nach dem Windwurf waren nur noch wenige spezialisierte Arten im Boden vorhanden und fähig, die Wurzeln der neu aufkommenden Verjüngung zu besiedeln; es waren dies Pilzarten, die Dauerorgane bilden, also im Boden mehrere Jahre überleben können. Die meisten Mykorrhizapilze starben jedoch mit der Zeit ab, nachdem die Verbindung mit den Wurzeln lebender Bäume abgebrochen war. Einige Arten konnten dank der Zuckerreserven in den Wurzelstöcken noch einige Jahre im Boden weiterleben. Für die Bildung von Fruchtkörpern reichte dieser Notvorrat jedoch nicht mehr aus.

Auch wenn die Anzahl der Mykorrhizapilzarten zehn Jahre nach dem Windwurf drastisch reduziert war, vermochten die wenigen verbliebenen Pilze die Wurzeln von aufkommenden Sämlingen immer noch vollständig zu besiedeln. Die Auswirkungen dieser Verarmung an Mykorrhizapilzarten auf den neu aufwachsenden Wald können wir heute allerdings noch nicht abschätzen.

Fazit: Es empfiehlt sich bei einer allfälligen Räumung von Windwurfflächen zu den noch verbleibenden Jungpflanzen Sorge zu tragen. Sie sind Refugien für Mykorrhizapilze und helfen mit, diese in die nächste Baumgeneration hinüberzuretten.

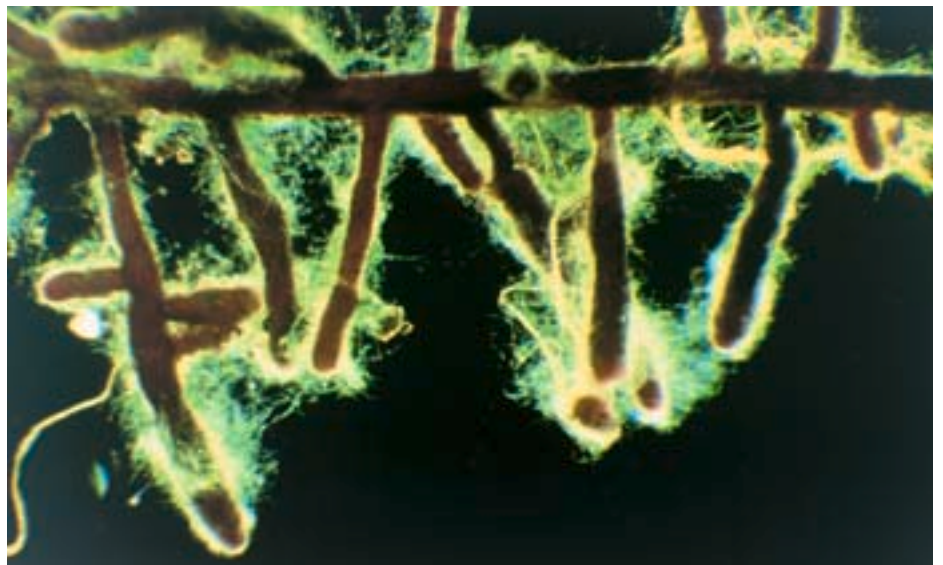


Abb. 7. Was allgemein bekannt ist von den Mykorrhizapilzen sind ihre Fruchtkörper (oben); das Pilzmycel hingegen wächst – für unsere Augen verborgen – im Boden und lebt dort in einer Lebensgemeinschaft mit den Feinwurzeln von Waldbäumen (unten). Bilder S. Egli.

Zerfall und Regeneration eines Totholz-Bestandes nach Buchdruckerbefall

Am Gandberg, Kanton Glarus, starben 1993 bis 1997 auf einer Fläche von etwa 100 ha fast alle Fichten infolge eines massiven Buchdruckerbefalls. Die toten Bäume wurden nicht geerntet. Das Gebiet eignete sich deshalb hervorragend, den Zerfall des Totholzbestandes sowie die Entwicklung der Bodenvegetation und der natürlichen Verjüngung zu studieren.

Keine der abgestorbenen Fichten war im Jahre 2000 entwurzelt, aber bereits 75 Prozent der Bäume waren gebrochen. Die Strünke und die liegenden

Stämme dürften, ähnlich wie in Windwurfflächen, insgesamt noch etwa 30 Jahre lang gegen Lawinen und Stein Schlag schützen. Danach sollte die aufkommende Baumverjüngung den Schutz übernehmen.

In der montanen Stufe kam eine üppige Schlagflora aus Himbeeren und Farnen auf. In der subalpinen Stufe hingegen ist die frühere Zusammensetzung der Bodenvegetation bis heute weitgehend erhalten geblieben.

Der ursprüngliche Fichtenwald war im montanen Bereich vor dem Absterben des Bestandes so dicht gewesen, dass keine Vorverjüngung vorhanden war. Die Samenproduktion der wenigen überlebenden Bäume und der umliegenden Bestände war 1994 und 1996

hoch. Daraus resultierten im Jahre 2001 2000 bis 3000 Fichtensämlinge pro ha. Rund 70 Prozent der Endtriebe der Fichtenverjüngung waren verbissen. Verbiss war wohl auch der Hauptgrund, weswegen kein Vorwald aus Vogelbeere aufkommen konnte. Die starke Bedeckung des Bodens mit abgefallener Rinde hatte in den ersten Jahren keinen negativen Einfluss auf die Keimungsraten und die Keimlingsmortalität der Fichten. Auf Stämmen, die vom Sturm Vivian geworfen wurden, konnten bereits erste Sämlinge auf der Rinde beobachtet werden, wohingegen auf den später abgestorbenen, teilweise entrindeten und dann gebrochenen Stämmen im Jahre 2002 noch keine Verjüngung zu finden war.

Nach ersten Berechnungen mit Hilfe eines Regenerationsmodells für den Gandbergwald dürfte es nach dem Absterben des Bestandes 25 bis 30 Jahre dauern, bis die ersten jungen Fichten eine Höhe von 5 m erreichen und damit Schutz vor Lawinenanriss bieten können. Wann die Verjüngung für eine effektive Schutzwirkung genügend zahlreich wird, hängt nicht zuletzt vom zukünftigen Verjüngungserfolg z. B. auf den vermodernden Stämmen ab.



Fazit: Die Studie zeigt, dass es sich im Interesse der Sicherheit vor Naturgefahren lohnen kann, einen Totholzbestand stehen zu lassen.

Abb. 8. Am Gandberg verändert und verdichtet sich die Vegetation und verjüngt sich der Wald im Laufe der Jahre, während der Totholzbestand allmählich zerfällt. August 2000. Bild U. Wasem.

Lawinen

In den Windwurfflächen der subalpinen und montanen Stufe wurden die Schneebewegungen untersucht und in den ungeräumten Flächen die Setzung und Verschiebung des liegenden gelassenen Holzes gemessen. Dabei zeigte sich, dass dieses Holz Lawinenanrisse in

den ersten zehn Jahren wirksam verhindern konnte. Häufigkeit und Ausmass von Schneerutschen waren deutlich geringer als in geräumten oder unbestockten Flächen. Die Schutzwirkung wird zwar in den nächsten Jahren infolge Zersetzung des Holzes rasch ab-

nehmen, aber in 30 Jahren voraussichtlich immer noch besser sein als auf geräumten und unbestockten Flächen.

Selbst die extreme Schneebelastung von 1999, wie sie im Durchschnitt nur alle 30 Jahre zu erwarten ist, verursachte nur geringfügige Setzungen und talwärtige Verschiebungen des liegenden Holzes; zu Mischlawinen aus Holz und Schnee ist es bisher nicht gekommen. Kleine Schneerutsche aus dem Gelände oberhalb und innerhalb der belassenen Flächen wurden durch das Holz gestoppt.

Es wäre sehr wichtig, dass die aufkommende Verjüngung den Schutz vor Naturgefahren übernimmt, bevor die Schutzwirkung durch das sich zerset-



Abb. 9. Die raue Oberfläche von Windwurfflächen strukturiert und festigt die Schneedecke und reduziert so die Gefahr von Lawinenanrissen. Dies gilt besonders für Flächen mit liegend gelassenem Holz. In der verschneiten Versuchsfläche Disentis sind kleinere Schneerutsche nur in den geräumten Flächenteilen aufgetreten. 28.2.1995. Bild W. Frey.

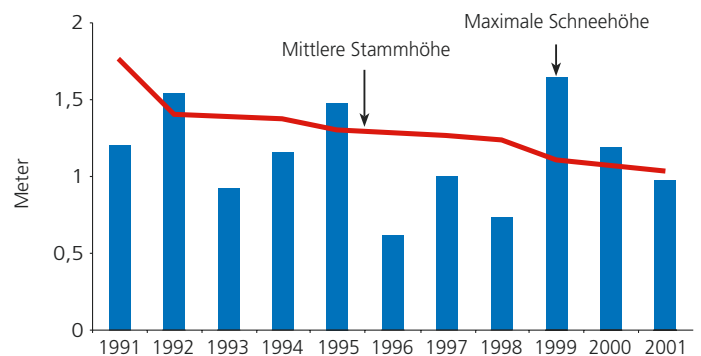


Abb. 10. Entwicklung der Wirkhöhe des liegend gelassenen Holzes (Linie) im Vergleich zu den gemessenen Schneehöhen (Säulen). (Nach Frey und Thee 2002)

zende Holz verloren geht. Darum empfiehlt es sich, in kritischen Situationen die Wiederbewaldung durch Pflanzung zwischen dem liegenden Holz zu beschleunigen. An Hängen mit ausgesprochen hohem Gefahren- und Schadenpotential, wo Siedlungen oder Verkehrswege direkt bedroht sind, muss eventuell die Schutzwirkung lokal mit technischen Massnahmen gegen Schneebewegungen wie Dreibeinböcken oder Lawinenverbauungen erhöht werden. Bei Bedarf kann man diese Massnahmen auch später noch verwirklichen, um die Zeit ohne Schutz zu überbrücken.

Fazit: Um Lawinenanrisse zu verhindern, ist es in den meisten Fällen von Vorteil, Windwurfflächen nicht zu räumen.



Abb. 11. Zehn Jahre nach dem Sturm hat das Holz seine Festigkeit durch Zersetzung schon stark eingebüsst. Aufnahme 2. Mai 2000, Versuchsfläche Schwanden. Bild W. Schönenberger.

Oberflächenerosion und Rutschungen

Wie Erosionsstellen entstehen und sich entwickeln wurde anhand von 35 Erosionsflächen von mehr als 16 m² untersucht. Davon sind die meisten durch die Holzernte und den Wegebau entstanden und nicht als direkte Folge der Sturmschäden. Die Zusammensetzung des Bodens und die Hangneigung waren für das Entstehen von Rutschungen

wesentlich wichtiger als die Frage, ob die Fläche geräumt war oder nicht. Betrug die Silt-Fraktion (< 0,06 mm) mehr als 60 Prozent des Feinanteils, so war die Erosionsanfälligkeit gross. War der Feinanteil (< 2 mm) im Bodenmaterial grösser als der Skelettanteil (> 2 mm), so waren Rutschungen wahrscheinlich. Kritisch wird die Bodenstabilität in der Phase, in welcher die absterbenden Wurzeln noch nicht durch neue ersetzt sind, welche den Boden wieder festigen.

Erosionsstellen auf geräumten und ungeräumten Flächen wuchsen ähnlich schnell ein, Flächen mit geringeren Neigungen aber schneller als steilere Flächen.

Fazit: Windwurfflächen sollten möglichst bodenschonend geräumt werden. Beim Bau von Strassen und Begehungswegen sollte das Niederschlagswasser abgeleitet werden.



Abb. 12. Grosser Erdrutsch aus der Versuchsfläche Pfäfers, 4.6.1999. Bild W. Schönenberger.

Die Fauna

Stürme geben nicht nur Anstoss für die Vegetationsentwicklung, sondern verändern auch die Tierwelt. Wo vorher ein geschlossener Wald stand, entstehen nach dem Sturm plötzlich Freilandbedingungen mit mehr Licht und Wärme sowie einem veränderten Nahrungs-, Brut- und Deckungsangebot. Die beiden Räumungsvarianten und der intakte Wald zeigten denn auch eine unterschiedliche faunistische Vielfalt. Von den insgesamt 1856 registrierten Insekten-, Spinnen-, Reptilien- und Kleinsäugerarten mit rund 268 000 Individuen fanden sich auf den untersuchten Sturmflächen 35 bis 69 Prozent mehr Arten als im intakten Wald. Die beiden Räumungsvarianten wiesen zwar etwa gleich viele Arten auf, jedoch in unterschiedlicher Zusammensetzung. Auch in Bezug auf die Häufigkeit von gefährdeten und geschützten Arten unterschieden sich die beiden Behandlungsvarianten nicht stark.

Dank dem grossen Angebot an Totholz auf den belassenen Flächen waren hier die Anzahl totholzbewohnender Arten wie auch deren Individuenzahlen höher als auf den geräumten Flächen. Die Borkenkäferarten als Pioniere beim Besiedeln von Totholz leiteten die Sukzession der Totholzbewohner und damit den Abbau des Rinden- und Holzsubstrats ein. Der Buchdrucker als ökonomisch wichtigste Borkenkäferart erreichte im liegenden Holz der Sturmflächen die höchsten Dichten in der dritten Vegetationsperiode (1992) nach dem Sturm. In diesem Sommer begann auch in grösserem Ausmass der Stehendbefall in anscheinend intakten Beständen.

Auf den geräumten Flächen fanden sich vor allem wärmeliebende und blütenbesuchende Arten wie Wildbienen, Wespen und Schmetterlinge ein. Im Verlaufe der zehnjährigen Untersuchung nahm die Artenvielfalt auf den Sturmflächen um 17 Prozent zu. Die Zusammensetzung der Fauna auf den Sturmflächen unterschied sich somit in dieser Zeit immer mehr von derjenigen des ursprünglichen Waldes.

Um die faunistische Biodiversität auf Sturmflächen zu fördern, ist ein Mosaik von geräumten und ungeräumten Teilflächen zu empfehlen. Dieses Nebeneinander führt zu einer um rund einen



Abb. 13. Sturmflächen bieten mit ihrem reichen Totholz- und Blütenangebot Lebensraum für viele Insekten. Verschiedene Bockkäfer (*Stenurella melanura* und *Gaurotes virginea*; oben) profitieren als Larven vom Holzsubstrat, während die Adulttiere auf den Blüten Pollen fressen. Auch Hautflügler (*Apis mellifera*, mitte links) oder pflanzensaftsaugende Wanzen (*Palomena prasina*, mitte rechts) finden reiche Nahrung in der üppigen Vegetation. Der zu den Tausendfüsslern gehörende Saftkugler (*Glomeris* sp.; unten) hingegen ist ein typischer Waldbewohner. Bilder B. Wermelinger.

Viertel höheren Artenvielfalt als wenn alle Flächen geräumt würden oder alle ungeräumt blieben. Zusammen mit dem umgebenden Wald ergibt sich so eine Artenvielfalt, die doppelt so gross ist wie diejenige im Wald allein.

Im Fichtenwald geraten solche Ratschläge in Konflikt mit den Empfehlungen für ein schnelles und vollständiges Räumen der Flächen zur Vorbeugung gegen die Borkenkäfergefahr. Die Situation muss fallweise beurteilt werden. Da nach ausgedehnten Flächenwürfen sowieso nicht alles Sturmholz rechtzeitig entfernt werden kann, sollte das Holz vornehmlich dort geerntet werden, wo es Gewinn bringt. Der Rest des

Holzes sollte im Interesse der Artenvielfalt liegen bleiben. Die so freigehaltenen Arbeitskräfte können für das rechtzeitige Erkennen und Behandeln von Stehendbefall eingesetzt werden.

Fazit: Nach Sturmwürfen erhöht sich die Artenvielfalt der Insekten. Am meisten wird die Biodiversität gefördert, wenn einzelne Teile von Sturmflächen geräumt werden und andere ungeräumt bleiben. Vor allem in Misch- oder Laubwäldern ist ein kleinflächiges Mosaik aus geräumten und ungeräumten Flächen anzustreben.

Einfluss der Bestandesstruktur und des Standortes auf die Sturmschäden – Ein Vergleich der Stürme Vivian und Lothar

Der Einfluss von Bestandesstruktur und Standort auf die Sturmschäden wurde in jenen Regionen untersucht, welche sowohl von Vivian 1990 als auch von Lothar 1999 betroffen waren. Datengrundlage waren mehr als 400 Flächen auf dem systematischen 4 x 4 km Netz des Landesforstinventars und der Sana-silva-Inventur.

Insgesamt wiesen 17 Prozent aller Flächen Schäden durch Vivian und 37 Prozent der Flächen Schäden durch Lothar auf. Bei beiden Stürmen waren die Schäden umso grösser, je höher die Bestände, je dicker die Stammdurchmesser, je grösser der Nadelholzanteil und je vernässter der Boden war. Schäden waren überdurchschnittlich auf Kuppen, in der Ebene und auf schwach geneigten Hängen. Demgegenüber wiesen gut strukturierte Bestände weniger Schäden auf. Bei Vivian waren starke und mittlere Baumholzbestände etwa dreimal so häufig geschädigt wie andere Bestände; reine Nadelholzbestände waren 2,5 mal so häufig geschädigt wie Mischbestände oder Laubwälder und Bestände auf vernässtem Standort doppelt so häufig wie solche auf anderen

Standorten. Nach Lothar hatten Bestände mit vorherigen Vivianschäden und Nutzung innerhalb der letzten 5 Jahre vor dem Sturm deutlich höhere Schäden. Der Unterschied in der Häufigkeit der Schäden zwischen Vivian und Lothar konnte durch die Standortfaktoren nicht erklärt werden.

Fazit: Die Sturmgefährdung ist je nach Standort und Bestandesstruktur unterschiedlich. Entscheidend sind die Bestandeshöhe und der Nadelholzanteil. Die Sturmgefährdung lässt sich waldbaulich langfristig beeinflussen.

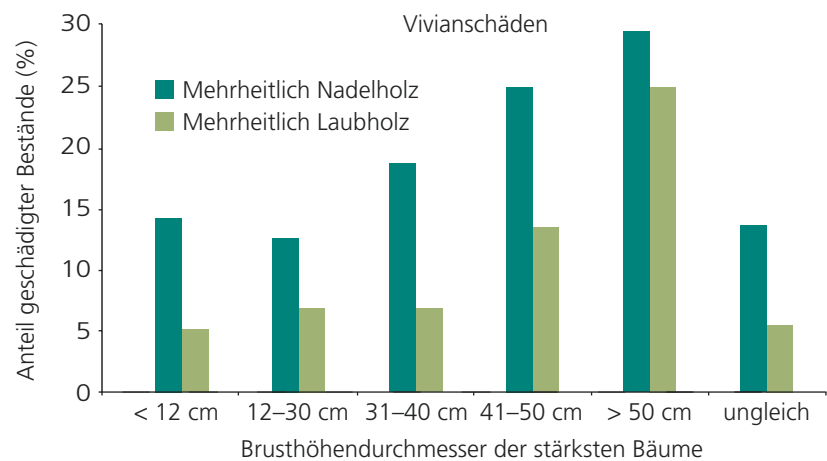


Abb. 14. Durch Vivian wurden Bestände mit mehrheitlich Nadelholz viel stärker geschädigt als Bestände mit mehrheitlich Laubholz. Bestände mit dicken Bäumen waren stärker betroffen als Bestände mit dünnen Bäumen oder ungleichen Durchmessern. (Nach Dobbertin 2002)

Der Sturm Lothar 1999 in der Schweiz – eine Ereignisanalyse



Die meteorologischen Ursachen, die Schäden an Personen, Wald, Parkbäumen, Obstbäumen, Gebäuden, Verkehrsträgern und Elektrizitätseinrichtungen sowie die getroffenen Massnahmen in all diesen Bereichen sind in einem Buch mit dem Titel «Lothar – Der Orkan 1999» dargestellt. Das Buch enthält auch Empfehlungen für die Bewältigung künftiger Krisensituationen. Die umfassende Ereignisanalyse zeigt, dass die meisten Betroffenen das Ereignis gut bewältigt haben. Verbesserungsmöglichkeiten bestehen im Bereich der Sturmwarnung und der Kommunikation zwischen verschiedenen Exponenten

des Krisenmanagements. Rasche Entscheide nach klaren, vorbereiteten Kriterien würden zu besseren Ergebnissen führen.

Eidg. Forschungsanstalt WSL und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.), 2001: Lothar. Der Orkan 1999. Ereignisanalyse. Birmensdorf, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. 365 S.

Bezugsadresse: Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bibliothek, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, bibliothek@wsl.ch. Preis Fr. 49.–.

Grundlagen für eine differenzierte Sicht – Synthese

Wissenschaft, Praxis, Politik und Gesellschaft haben sich nach Vivian und Lothar jahrelang mit den Folgen von Stürmen im Wald auseinandergesetzt. Das hat zu einer fundierten und differenzierten Betrachtungsweise der Räumungs- und Wiederbewaldungsfrage geführt. Es gibt in jedem einzelnen Fall Argumente für und gegen eine Flächenräumung und Aufforstung. Im Lauf der Jahre hat sich immer deutlicher herausgestellt, dass im Gebirge ein Verzicht auf Flächenräumung im Hinblick auf Naturgefahren meist keine Sünde, sondern in vielen Fällen sogar eine Tugend ist. Aus ökologischer Sicht ist ein Nebeneinander von verschiedenen Massnahmen zweifellos zu begrüssen, erhöht es doch nicht nur die pflanzliche und tierische Artenvielfalt, sondern auch die Strukturvielfalt der künftigen Bestände. Es gilt aber auch zu beachten, dass die Natur ohne vorsorgliche Eingriffe nicht in allen Fällen den menschlichen Bedürfnissen genügend entgegenkommt. So dauert die natürliche Wiederbewaldung im Gebirge oft länger als aus Sicherheitsgründen erwünscht; hier ist eine Beschleunigung durch Pflanzung sinnvoll. Oder die Folgeschäden durch Borkenkäfer drohen ein für die Betroffenen katastrophales Ausmass anzunehmen, was Vorbeugungsmassnahmen notwendig macht.

Abb. 15. In Windwurfflächen gibt es viele günstige Nischen für die natürliche Verjüngung von Waldbäumen. Wichtig sind z. B. Baumstrünke, in deren Nähe sich Fichten gerne ansiedeln und sich auch leichter gegen die konkurrierende Vegetation durchsetzen können. Bild U. Wasem.



Der Ruf nach radikalem und totalem Räumen um jeden Preis ist ebenso Vergangenheit wie die Forderung nach weitgehender Passivität. Nur eine Gesamtbetrachtung ökonomischer, ökologischer und risikobezogener Aspekte führt im Einzelfall zu vertretbaren Entscheidungen. Aus ökonomischer Sicht, sei sie betriebs- oder volkswirtschaftlich, lässt sich nicht mehr alles machen, was früher üblich war. Es müssen Prioritäten gesetzt werden. Die hier dargestellten Erkenntnisse bilden dafür eine wichtige Grundlage.

***Das Alte stürzt,
es ändert sich die Zeit,
und neues Leben blüht aus
den Ruinen.***

Friedrich von Schiller, Wilhelm Tell

Entscheidungshilfe bei Sturmschäden im Wald



Die Eidgenössische Forstdirektion hat gestützt auf Forschungsergebnisse und Erfahrungen mit den Folgen von Vivian eine Broschüre herausgegeben. Ihr Titel: «Entscheidungshilfe bei Sturmschäden im Wald». Darin sind die Kenntnisse in Bezug auf die wichtigen Kriterien Naturgefahren, Folgeschäden, Bewirtschaftung, Naturschutz, Gesellschaft und Wirtschaftlichkeit auf dem Stand fünf Jahre nach Vivian zusammengefasst. Für jedes Kriterium ist eine Liste von Argumenten pro und kontra Räumen zusammengestellt. Alle wichtigen Sachverhalte können in eine Checkliste eingetragen werden. Diese Liste ermöglicht es den

Verantwortlichen, transparente, nachvollziehbare Entscheide zu fällen und verhältnismässige Massnahmen betreffend Räumen oder Liegenlassen von Sturmholz auf einer bestimmten Windwurffläche anzuordnen.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.), 2000: Entscheidungshilfe bei Sturmschäden im Wald. Vollzug Umwelt, Bern, 100 S. Bezugsadresse: BUWAL, Dokumentation, CH-3003 Bern, docu@buwal.admin.ch. Bestellnummer VU-7014-D. Die Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache erhältlich.

Haben Sie Fragen?

Dann wenden Sie sich je nach Thema direkt an folgende Hauptautoren von Beiträgen des Themenheftes (Telefon WSL 01 739 21 11. e-mail nach dem Muster vorname.name@wsl.ch für WSL, bzw. name@slf.ch für SLF. Beispiel: walter.schoenenberger@wsl.ch)

Versuchsflächen, Forschungsprojekte
Bodenveränderung
Vegetation und Naturverjüngung
Wiederbewaldung und Pflanzung
Einflüsse des Wildes
Mykorrhizapilze
Totholz-Bestände
Lawinen
Erosion und Rutschung
Faunistische Biodiversität
Totholzfauna
Sturmschäden Vivian/Lothar
Ereignisanalyse Lothar
Entscheidungshilfe

Walter Schönenberger, WSL
Peter Lüscher, WSL
Thomas Wohlgemuth, WSL
Walter Schönenberger, WSL
Josef Senn, WSL
Simon Egli, WSL
Andrea D. Kupferschmid Albisetti, WSL
Werner Frey, SLF
Werner Gerber, WSL
Peter Duelli, WSL
Beat Wermelinger, WSL
Matthias Dobbertin, WSL
Michael Bruendl, SLF
Christoph Angst, WSL

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Forschungsergebnisse werden zu Wissens-Konzentraten und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen, interessierte Laien usw.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe

Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Zeitschrift

Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi.

Managing Editor

Dr. Ruth Landolt
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
E-mail: ruth.landolt@wsl.ch
www.wsl.ch/lm/publications/

Layout:
Sandra Gurzeler, WSL

Druck:
Bruhin AG, Freienbach

Die neuesten Ausgaben

- Nr. 35: EGLI, E.; BRUNNER, I., 2002: Mykorrhiza. Eine faszinierende Lebensgemeinschaft im Wald. 8 S.
Nr. 34: NIERHAUS-WUNDERWALD, D.; WERMELINGER, B., 2001: Der Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.). 8 S.
Nr. 33: SCHIEGG PASINELLI, K.; SUTER, W., 2000: Lebensraum Totholz. 6 S. (2. Auflage 2002)
Nr. 32: NIERHAUS-WUNDERWALD, D., 2000: Rostpilze an Fichten. 8 S.
Nr. 31: NIERHAUS-WUNDERWALD, D.; FORSTER, B., 2000: Rindenbrütende Käfer an Föhren. 12 S.
Nr. 30: FORSTER, B.; BUOB, S.; COVI, S.; OEHRY, E.; URECH, H.; WINKLER, M.; ZAHN, C.; ZUBER, R., 1998: Schlagräumung. 4 S.
Nr. 29: NIERHAUS-WUNDERWALD, D., 1998: Biologie und natürliche Regulation von Gespinnstmotten. 8 S.
Nr. 28: NIERHAUS-WUNDERWALD, D.; LAWRENZ, P., 1997: Zur Biologie der Mistel. 8 S.