

Aus der «Vivian»-Forschung

Schützen Windwurf­flächen vor Lawinen und Steinschlag?

Nach Windwürfen im Schutzwald gilt die Hauptsorge der Betroffenen und Verantwortlichen oft dem Verlust der Schutzwirkung gegen Naturgefahren. Besonders auf ungeräumten, aber auch auf geräumten Flächen stellen sich wichtige Fragen: Wird die Oberflächenrau­higkeit solcher Flächen weiterhin gross genug sein, damit deren Schutzwirkung gewährleistet bleibt? Wie lange wird es dauern, bis die natürliche Verjüngung den Schutz wieder gewährt? Ginge es nicht viel schneller, wenn man mit Pflanzung nachhilft?

Der Sturm «Vivian» hat im Februar 1990 vor allem Gebirgswälder betroffen, viele davon waren Schutzwälder. Da Lawinenanrisse und Steinschlag stark von der Oberflächenrau­higkeit beeinflusst wer-

Von Andreas Noack, Walter Schönenberger und Patrick Thee*

den, erschien nach «Vivian» die Annahme plausibel, dass liegen gelassenes Holz auf ungeräumten Windwurf­flächen Lawinenanrisse und Steinschlag besser verhindert als die spärlichen Holzreste auf einer geräumten Fläche. Die vielen Strukturen aus Holz erhöhen nämlich die Oberflächenrau­higkeit stark: Je dichter und höher der Verhau aus lebenden Bäumen, Totholzständern, Baumstümpfen, Wurzel­tellern und liegenden Stämmen ist, desto wirksamer dämpft oder verhindert er Steinschlag (Abb. 1) und Lawinen.

Die Eidg. Forschungsanstalt WSL hat im Anschluss an «Vivian» in Zusammenarbeit mit den Forstdiensten Windwurf­flächen im Gebirge als Forschungs- und Demonstrationsflächen gesichert. Darauf wurden verschiedene Räumungs- und Wiederbe­waldungsvarianten eingerichtet. Seitdem haben mehrere Forscherteams den Zu-

* Andreas Noack, Frohburgstrasse 325, 8057 Zürich. Walter Schönenberger und Patrick Thee sind Mitarbeiter der Eidg. Forschungsanstalt WSL, 8903 Birmensdorf.



Abbildung 1: Die Windwurf-Versuchsfläche Disentis ist ein Entstehungs- und Transitgebiet für Steinschlag.

Foto: C. Angst, WSL, 18.6.1993.

Abbildung 2: Ver­suchsfläche Disentis, in der Bildmitte die ungeräumte Be­handlungsvariante mit einer Fläche von 2,49 ha.



Foto: W. Frey, 4.3.1994.

stand und die Entwicklung von Vegetation, Boden, Wiederbewaldung, Wild, Insekten, Biodiversität, Pilzen und Mykorrhiza untersucht.

Die Versuchsfläche Disentis ist aufgrund ihrer Höhenlage, Hangneigung und Oberfläche ein geeignetes Objekt, um die Schutzwirkung von Windwurfflächen zu untersuchen (Abb. 2). Im Rahmen einer Diplomarbeit haben wir in dem ungeräumten Teil aus Luftbildern der Jahre 1991 und 2001 die Strukturelemente fotogrammetrisch erfasst, ihre Dichte und Höhe über der Bodenoberfläche berechnet und mit jenen in den Anforderungsprofilen zur Verhinderung von Lawenanriss und Steinschlag verglichen, wie sie in der Wegleitung NaiS «Nachhaltigkeit im Schutzwald und Erfolgskontrolle» (BUWAL 2004) zusammengestellt sind. Wir haben die folgenden Szenarien untersucht:

1. Unbestockter Hang.
2. Ursprünglicher Wald.
3. Ungeräumte Windwurffläche.
4. Geräumte Windwurffläche (Abb. 3).

Szenario 1: Unbestockter Hang

In diesem Szenario (Abb. 3a) wurden alle Bäume, alles stehende und liegende Totholz sowie alle Wurzelteller virtuell entfernt, so dass die reine Bodenoberfläche übrig blieb. Wir gingen davon aus, dass die felsige Steilpartie im oberen Flächenteil (34% der Fläche sind steiler als 45°) eine Quelle für Steinschlag ist. Die darunterliegenden 60% der Fläche sind 30–45° steil und weniger zerklüftet und können als Transitgebiet für Steinschlag und als Anrisszone für Lawinen eingestuft werden. Nur 6% der Fläche sind flacher als 30°. Die errechnete 30-jährige maximale Höhe der Schneedecke beträgt für diese Fläche 250 cm. Um Lawinanrisse zu verhindern, wären ohne Wald 1,2 km temporäre Stützverbauungen zu CHF 625 000.–/ha oder 1000 Dreibeinböcke zu CHF 180 000.– bis CHF 280 000.–/ha nötig.

Szenario 2: Ursprünglicher Wald

In diesem Szenario (Abb. 3b) wurde der Waldzustand vor dem Sturm rekonstruiert. Dazu haben wir auf dem Luftbild 1987 die genaue Lage aller sichtbaren Baumspitzen im dreidimensionalen Raum erfasst und in ein geografisches Informationssystem übertragen. Das ergab allein in der Oberschicht 231 sichtbare Bäume pro ha, fast ausschliesslich Fichten. Dazu kommt eine unbekannte Zahl nicht sichtbarer Bäume in der Unterschicht. Zählt man alle Bäume, Totholzständer, Strünke

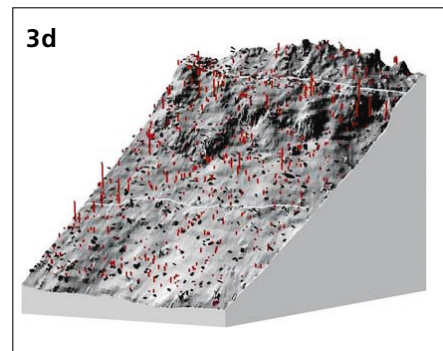
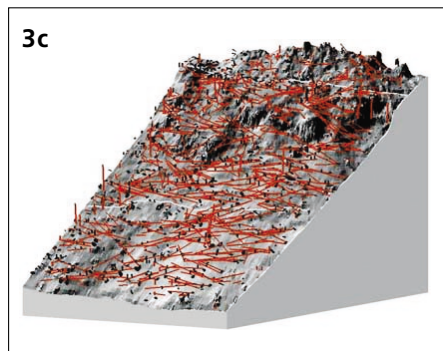
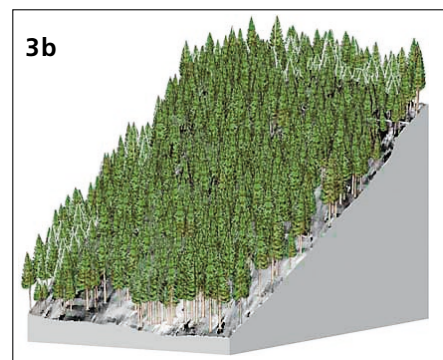
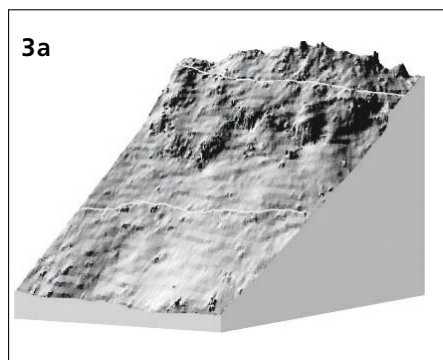


Abbildung 3: Die vier untersuchten Szenarien: a) unbestockter Hang; b) ursprünglicher Wald; c) ungeräumte Windwurffläche im Zustand 1991; d) geräumte Windwurffläche.

und Wurzelteller im Szenario «geräumt» zusammen, kommt man auf ursprünglich 477 Bäume pro ha. 57% der Bäume waren auf Brusthöhe dicker als 36 cm und 85% dicker als 24 cm. Bei diesen Zahlen sind die Mindestanforderungen für Steinschlagschutz gemäss Wegleitung NaiS erfüllt.

Aufgrund der Baumhöhe wurde dann für jeden Baum die Kronen-Projektionsfläche berechnet (Abb. 4a). Das ergab einen Deckungsgrad des Bestandes von 53%. Es wurden keine Lücken im Bestand von mehr als 25 m Länge gefunden, ausser einer ganz schmalen Seillinie. Damit sind auch die Mindestanforderungen für wirksamen Schutz vor Lawinanrissen gemäss Wegleitung NaiS erfüllt.

Szenario 3: Ungeräumte Windwurffläche

Dieses Szenario (Abb. 3c) entspricht der wirklichen Situation auf der ungeräumten Windwurffläche. Es enthielt 862 Strukturelemente pro ha, die zusammen 19% der Fläche bedeckten (Abb. 4b). Insgesamt 451 vertikale Elemente pro ha wurden gezählt, nämlich vier überlebende Bäume, 29 Totholzständer, 237 Baumstrünke und 181 Wurzelteller. Dazu kamen 411 liegende Stämme (oder Stammstücke) pro ha (Tab. 1).

Die liegenden Stammstücke hatten zusammen eine Länge von 4927 m/ha und bedeckten 12% der gesamten Fläche. Zehn Jahre später wurden sogar

611 Stammstücke gezählt. Das bedeutet, dass inzwischen viele Stämme zerbrochen sind. Die meisten Stämme lagen ziemlich parallel zu den Höhenlinien.

Weist man jedem Strukturelement eine Fläche mit dem Radius von 1 m zu, ergibt das eine «Wirkfläche» auf die Schneeablagerung von 76% der Gesamtfläche (Abb. 4d, Tab. 1). Die Stammstücke allein hatten eine Wirkfläche von 69%.

Mit zunehmender Höhe über Boden nahm die Dichte der Strukturelemente ab. Von den 1991 gezählten insgesamt 862 Elementen pro ha an der Bodenoberfläche erreichten noch 658 die Höhe von 1 m über Boden, 337 die Höhe von 2 m, und 137 sogar 3 m (Abb. 5). Der Holzverhau ist mit der Zeit zusammengesackt, aber zehn Jahre später verblieben 3 m über dem Boden immer noch 109 Strukturelemente pro ha.

Die Strukturen waren also viel dichter als es für einen wirksamen Schutz vor Lawinanriss erforderlich wäre. Tatsächlich wurden in der ungeräumten Fläche Disentis in zehn Jahren keine Lawinen und grösseren Schneerutsche festgestellt, während mehrere Rutsche die benachbarte geräumte Fläche durchflossen. Das Szenario ungeräumte Windwurffläche erfüllt bei Weitem die minimalen Anforderungen für den Schutz vor Steinschlag von kleiner und mittlerer Grösse. Die aufgestauten Steine mögen zwar später, nach dem Zerfall des Holzes, wieder teilweise in Bewegung geraten, oft aber nur bis zum nächsten Hindernis.

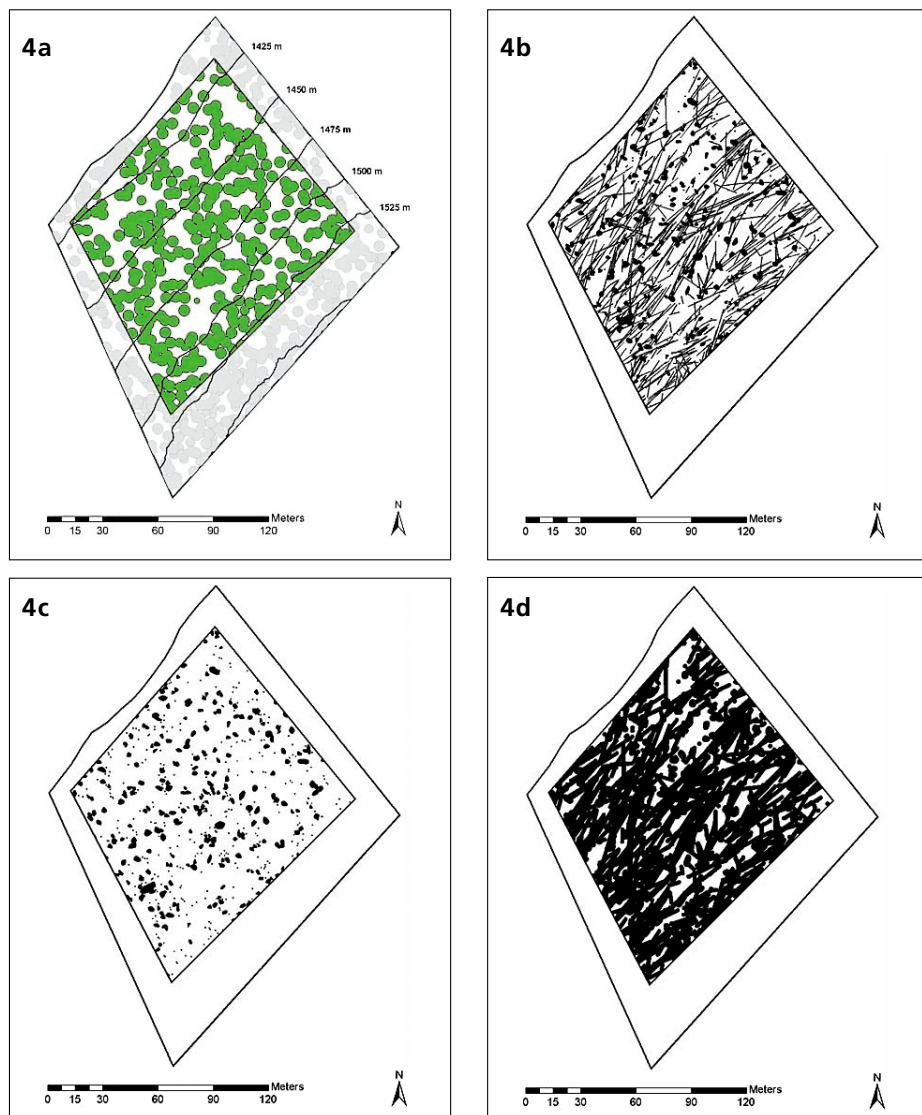


Abbildung 4: Karten der Strukturelemente in den verschiedenen Szenarien. Alle Berechnungen beziehen sich nur auf eine Kernfläche von 1,5 ha, um Randeffekte zu vermeiden: a) Verteilung der Kronenprojektionen im Szenario ursprünglicher Wald; b) alle Strukturelemente im Szenario Windwurffläche ungeräumt; c) verbleibende Strukturelemente im Szenario Windwurffläche geräumt nach Entfernung der liegenden Stämme; d) Wirkfläche im Szenario ungeräumt.

Szenario 4: Geräumte Windwurffläche

In diesem Szenario (Abb. 3d) wurde eine geräumte Windwurffläche simuliert, in der die Strukturelemente Totholzständer, Baumstrünke und Wurzelteller auf der

Fläche verblieben, die liegenden Stämme aber virtuell entfernt wurden. Ohne liegende Stämme wurde 1991 ein Total von 451 Strukturelementen pro ha gezählt (Abb. 4c, Tab. 1). Die Wirkfläche betrug hier 32%. Drei Meter über dem Boden waren noch 64 Elemente pro ha erkennbar

Szenario	unbestockt	bewaldet 1987	geräumt 1991	ungeräumt 1991	nur liegende Stämme
Anzahl/ha	keine	231	451	862	411
Bedeckte Fläche ¹	keine	53 %	8 %	19 %	12 %
Wirkfläche ²	keine		32 %	76 %	69 %

Tabelle 1: Anzahl Strukturelemente/ha und Anteil der bedeckten Fläche und der Wirkfläche an der Gesamtfläche in den vier Szenarien.

¹ Annahme: liegende Stämme im Mittel 25 cm, vertikale Elemente 50 cm Durchmesser;

² Annahme: Wirkradius von 1 m um die Strukturelemente.

(Abb. 5). Die Strukturelemente waren ähnlich dicht wie im Szenario Wald. Die eher punktuellen Strukturen haben aber wahrscheinlich eine geringere Wirkung auf eine unregelmässige Schneeablagerung als intakte Baumkronen, so dass aus diesem Grunde der Schutz gegen Lawinenanriss geringer ist als im Wald. Gegen Steinschlag dürfte der Schutz etwa gleich gross sein wie im Wald, weil bei ähnlicher Strukturdichte die einzelnen Elemente zwar weniger hoch, dafür aber ausgedehnter sind (z. B. Wurzelteller).

Holzabbau und Rückgang der Schutzwirkung

Der Schutz war also bisher in allen Szenarien ausser dem unbestockten Hang gewährleistet. Frey und Thee (2002) gehen davon aus, dass liegende Stämme nahe der Oberfläche mindestens zehn bis 20 Jahre, höher liegende Stämme bis zu 30 Jahren Schneemengen widerstehen können, wie sie alle 30 Jahre zu erwarten sind. Der Untersuchungszeitraum war für verlässliche Aussagen zum Holzabbau noch zu kurz. Langfristige oder rückblickende Studien dazu wären dringend nötig.

Wiederbewaldung und Rückkehr der Schutzwirkung

In unserer Versuchsfläche wurden im Jahre 1992 nur 56 Pflanzen pro ha gefunden, die sich natürlich verjüngt hatten und grösser als 20 cm waren (Abb. 6a). Man darf vereinfachend annehmen, dass diese als Vorverjüngung im früheren Wald aufwuchsen. Die Zahl der Jungbäume nahm bis zum Jahre 2000 auf 294 Pflanzen pro ha zu. Die natürliche Wiederbewaldung ging also sehr zögerlich voran, viel langsamer als z. B. auf den «Lothar»-Windwurfflächen in tiefen Lagen. Kupferschmid (2004) hat geschätzt, dass es in einer Fläche mit stehendem Totholz in subalpinen Lagen 30 bis 35 Jahre dauert, bis die ersten Fichten 5 m hoch sind. Es dürfte also drei bis fünf Jahrzehnte dauern, bis der heranwachsende Wald wieder schutzwirksam ist.

In der benachbarten Behandlungsvariante «geräumt und bepflanzt» wurden

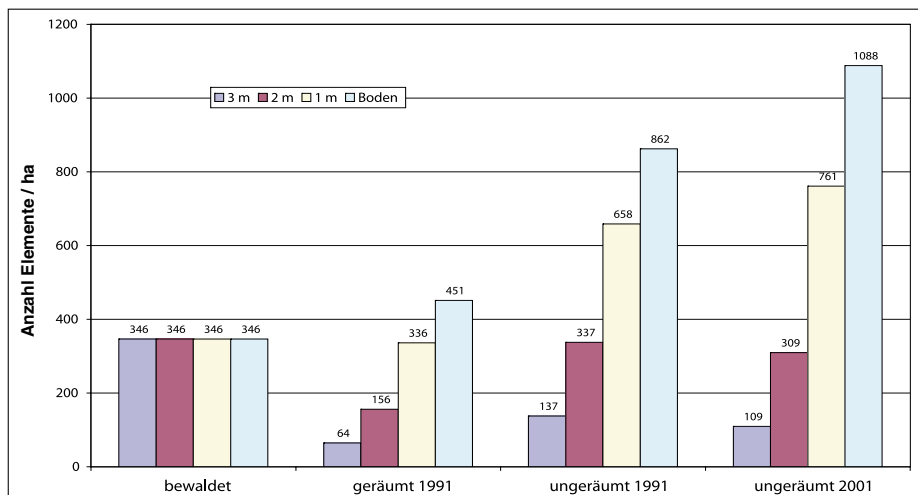


Abbildung 5: Dichte der Strukturelemente (Anzahl/ha) auf verschiedenen Höhen über Boden in den vier Szenarien.

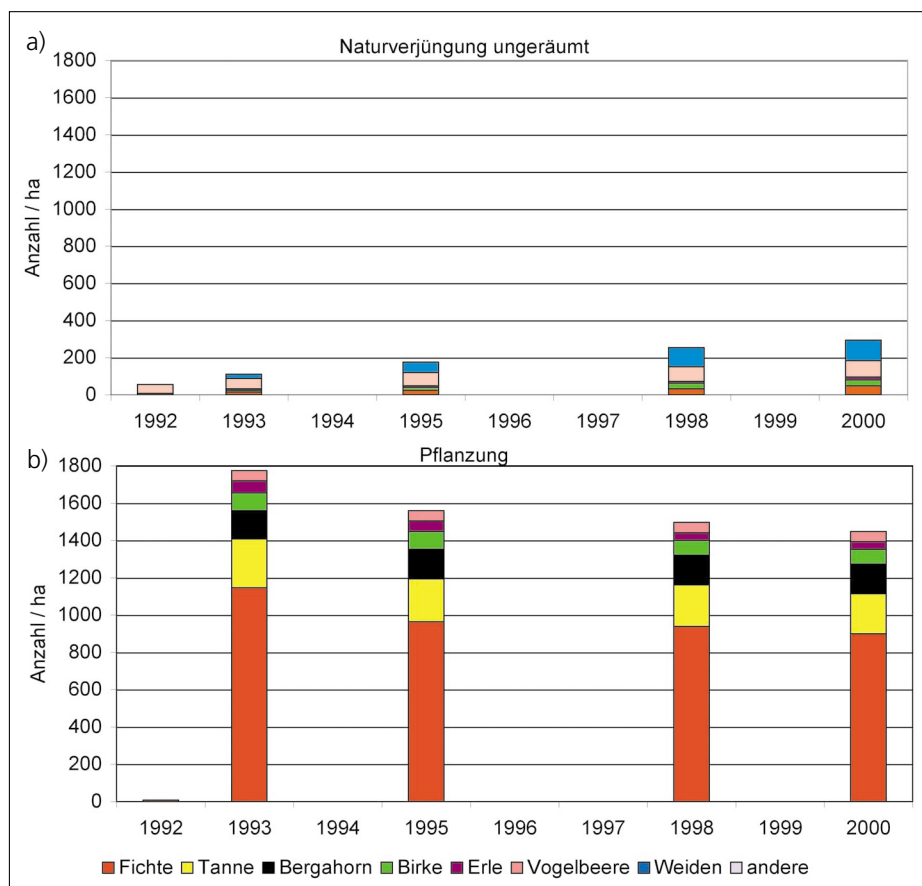


Abbildung 6: Entwicklung a) der Naturverjüngung in der ungeräumten und b) in der Pflanzung in der bepflanzten Variante der Versuchsfläche Disentis.

1993 zusätzlich etwa 1775 Bäume pro ha gepflanzt, hauptsächlich Fichten, Weisstannen und Bergahorne (Abb. 6b). Durch Ausfälle reduzierte sich deren Zahl innert acht Jahren auf 1448 pro ha. Die Pflanzung führte bei der Wiederbewaldung zu einem Entwicklungsvorsprung von etwa zehn Jahren. Höhenlage, Wildeinfluss, Baumarten usw. haben natürlich einen grossen Einfluss auf die Entwicklung von Pflanzungen wie von Naturverjüngung.

Konsequenzen für die Bewirtschaftung

Wird ein funktionsfähiger Schutzwald durch einen Sturm geworfen, geht dadurch die Schutzwirkung gegen Lawinenanrisse und Steinschlag vorerst also nicht verloren, sondern verbessert sich sogar noch. Auf einer ungeräumten Fläche wirken die zahlreichen Oberflächenstrukturen aus Holz verdämmend. Wenn die Stämme vorwie-

gend quer zur Falllinie liegen, werden sie kaum wie Pfeile den Hang hinunter rutschen. An Hängen mit sehr hohem Gefahren- und Schadenpotenzial muss eventuell die Schutzwirkung lokal mit Verbauungen erhöht werden, denn die Grenzen der Belastbarkeit sind noch zu wenig bekannt.

Wird eine solche Fläche geräumt, so verringert sich die Schutzwirkung sofort markant. Im Gegensatz zum intakten Wald nimmt sie in beiden Fällen im Lauf der ersten Jahrzehnte allmählich ab. Obwohl über das Tempo des Zerfallsprozesses auf Windwurfflächen im Gebirge noch wenig bekannt ist, kann man davon ausgehen, dass das zerfallende Holz für einige Jahrzehnte einen ähnlichen Schutz bietet wie der Wald.

Nach 30 bis 50 Jahren dürfte der abnehmende Schutz durch das Holz zunehmend durch die Verjüngung des aufkommenden Waldes übernommen werden. In hohen Lagen dauert die Wiederbewaldung aber lange. Es besteht dort die Gefahr, dass in ungünstigen Fällen etwa 20 bis 50 Jahre nach dem Sturm eine Periode ohne genügenden Schutz entsteht. In schwierigen, hohen Lagen lässt sich die Wiederbewaldung durch Pflanzung um mehr als ein Jahrzehnt beschleunigen. Pflanzen kann man selbst in ungeräumten Flächen, wenn auch aufwändiger.

Es gibt selbstverständlich viele weitere Gründe, die für oder gegen das Räumen von Windwurfflächen sprechen: das Verhältnis von Aufwand und Ertrag, das Risiko einer Massenvermehrung der Borkenkäfer, die Unfallgefahr sowie Argumente des Naturschutzes und der Biodiversität (siehe Entscheidungshilfe, BUWAL 2000). In steilen Gebirgswäldern wird aber die Verminderung von Naturgefahren oft das ausschlaggebende Argument gegen das Räumen von Windwurfflächen sein.

Literatur

BUWAL, 2000: *Entscheidungshilfe bei Sturmschäden im Wald*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. Vollzug Umwelt, 100 S.

BUWAL, 2004: *Nachhaltigkeit im Schutzwald und Erfolgskontrolle*. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern, BUWAL, Eidg. Forstdirektion. In Vorbereitung.

Kupferschmid, A. D.; Brang, P.; Bugmann, H.; Schönenberger, W., 2004: *Schutzwirkung von Gebirgsfichtenwäldern nach Buchdruckerbefall*. Wie gut schützen Totholzbestände vor Naturgefahren? WALD und HOLZ, 1: 33–36.

Schönenberger, W.; Angst, C.; Bründl, M.; Dobbertin, M.; Duelli, P.; Egli, S.; Frey, W.; Gerber, W.; Kupferschmid Albisetti, A. D.; Lüscher, P.; Senn, J.; Wermelinger, B.; Wohlgemuth, T., 2003: *Vivians Erbe – Waldentwicklung nach Windwurf im Gebirge*. Merkbl. Prax., 36: 12 S.

WSL und BUWAL, 2001: *Lothar – Der Orkan 1999*. Ereignisanalyse Lothar, WSL und BUWAL, 365 S.