

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 146 (1995)
Heft: 11

Artikel: Risiken und Naturgefahren auf Windwurfflächen
Autor: Frey, Werner / Forster, Beat / Gerber, Werner
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767002>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Risiken und Naturgefahren auf Windwurfflächen

Von Werner Frey, Beat Forster, Werner Gerber, Frank Graf, Ursula Heiniger,
Nino Kuhn und Patrick Thee

Keywords: windthrow, protection forest, natural hazards, timber decay, bark beetle.

FDK 421.1: 443: 453: 907.32: (23)

1. Einleitung

In der vorliegenden Arbeit werden auf Grund von Erhebungen während der ersten fünf Jahre nach dem Sturmereignis «Vivian» von 1990 Risiken und Schutzwirksamkeit von geräumten und belassenen Windwurfflächen verglichen. Wo möglich soll ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung gewagt werden. Die Erhebungen auf den Versuchsflächen werden durch Erkenntnisse aus älteren Windwurfflächen ergänzt, um allgemein gültige Angaben zu ermöglichen. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf montane und subalpine Gebiete der Nordabdachung der Schweizer Alpen mit mittlerer bis grosser Hangneigung.

Die Gefährdung durch Naturereignisse (z.B. Erosion, Steinschlag, Lawinen) auf Windwurfflächen hängt von der Struktur der Oberfläche und der Hangneigung ab. Da vor allem die vier Versuchsflächen beobachtet wurden, sind die Aussagen nicht auf jede Situation übertragbar. Durch eine Räumung des Windwurfholzes wird die für Schutzwirkungen wichtige Rauigkeit der Oberfläche rasch und stark vermindert, während bei einer natürlichen Zersetzung von liegengelassenem Sturmholz die Rauigkeit über einen längeren Zeitraum abnimmt.

2. Borkenkäferbefall

Der Buchdrucker (*Ips typographus* L.) ist nach Sturmschäden ein gefürchteter Folgeschädling. Das reichlich vorhandene Sturmholz bietet bei warmer

und trockener Witterung ideale Voraussetzungen für eine Massenvermehrung dieser Käferart.

In den Windwurfgebieten vom Februar 1990 vermehrten sich die Buchdrucker in den Folgejahren aus einer geringen bis mässigen Anfangspopulation stark. Der Befall begann 1990 langsam und unspektakulär an liegendem Holz. Stehende Fichten wurden zunächst kaum befallen. Ab 1991 ging der Buchdrucker auch auf stehende Fichten über, vor allem an den vom Sturm neu geschaffenen, instabilen Bestandesrändern. Seit 1992 wurden an verschiedenen Orten auch gesund erscheinende Bäume befallen. Liegendes Holz war inzwischen entweder geräumt worden oder wegen der fortgeschrittenen Austrocknung für den Buchdrucker nicht mehr attraktiv.

Bestehende Käfernester dehnten sich nach zwei bis drei Jahren Befall kaum mehr weiter aus. Dafür entstanden neue Befallsherde in bis dahin nicht geschädigten Nachbarbeständen, welche einige 100 Meter bis wenige Kilometer entfernt lagen. In ungünstigen Fällen, beispielsweise im Glarnerland, kam es zum Zusammenschluss einzelner Käfernester, was zum Absterben von mehreren Hektar grossen Fichtenbeständen führte. Die Käferentwicklung wurde durch das warme Wetter zusätzlich begünstigt. Auch fünf Jahre nach den Sturmschäden ist in verschiedenen Regionen noch immer ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Ausmass des ursprünglich geworfenen Holzes und den Buchdrucker-Folgeschäden erkennbar.

Mit je annähernd 500 000 m³ Käferholz pro Jahr waren die durch den Buchdrucker bedingten Zwangsnutzungen 1992 und 1993 in der Schweiz so hoch wie noch nie in diesem Jahrhundert. In einzelnen Forstrevieren übertraf der für die vergangenen fünf Jahre aufsummierte Käferholzanfall die Sturmholzmenge vom Februar 1990. Im betroffenen Gebiet der Alpen sind damit 1990 bis 1994 zusätzlich zum Windwurfholz weitere 30 % Käferholz angefallen.

Lokale Beobachtungen belegen, dass in grossen Windwurfgebieten wegen des grossen Futterangebotes die Massenvermehrung des Buchdruckers durch den Räumungsfortschritt nur wenig beeinflusst werden kann, da die Räumung nicht genügend schnell durchgeführt werden kann. In Gebieten mit Sturmschäden mittlerer und kleiner Ausdehnung kann das Entfernen von befallenem und fängischem Holz hingegen rascher erfolgen und damit als phytosanitäre Massnahme wirken.

In manchen der grossen Windwurfgebiete des Jahres 1990 musste die beschriebene Entwicklung beobachtet werden (*Abbildung 1*). Dagegen entwickelte sich die Borkenkäferpopulation in einzelnen, nicht geräumten Windwurfflächen der Alpentäler zwar stark, ging aber rasch wieder zurück. Beispiele dafür finden sich auf den Beobachtungsflächen.

In näherer Zukunft dürfte die Borkenkäferentwicklung auf den Windwurfgebieten weiterhin stark vom Witterungsablauf abhängen, tendenzmässig aber wegen der Abnahme des Nahrungsangebotes rückläufig sein.

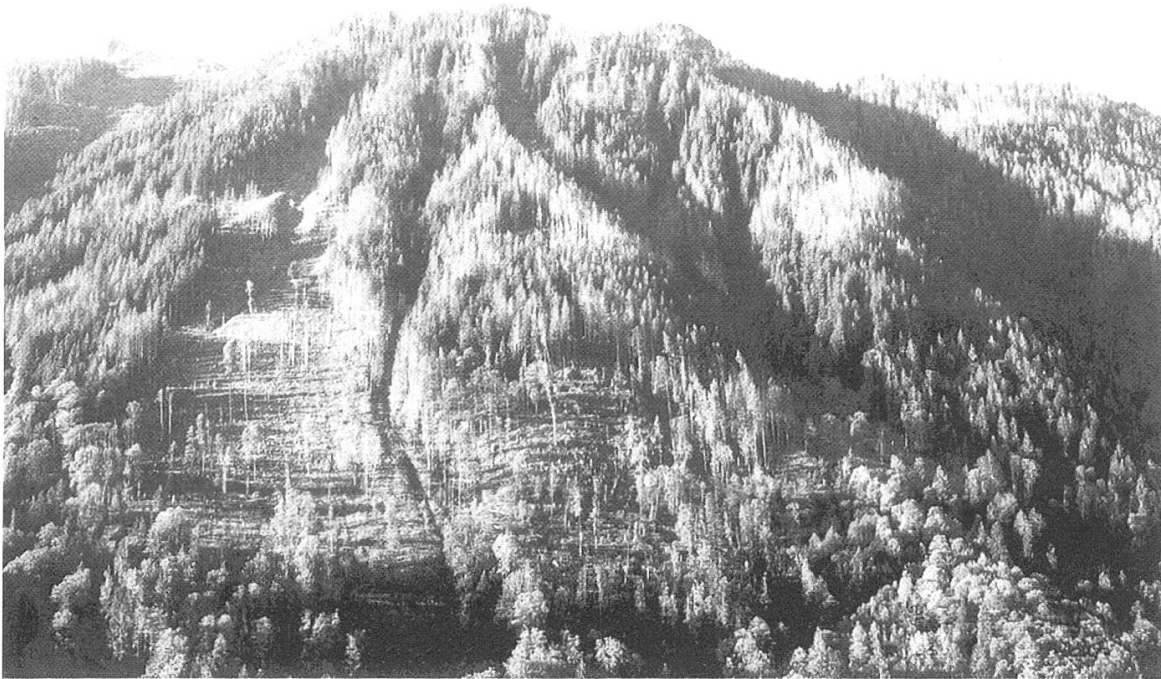


Abbildung 1. Gandberg bei Schwanden, 13. Oktober 1994: Der Buchdrucker hat sich bis zu diesem Zeitpunkt weit in die Nachbarbestände der Windwurfflächen verbreitet.

3. Holzabbauende Pilze

Eine Vielzahl von Pilzen ist am Abbau von Holz beteiligt. Einige befallen als Parasiten lebende, andere als Saprophyten abgestorbene Bäume. Die Hyphen dieser Holzzersetzer durchwachsen – von aussen unsichtbar – den Holzkörper und bauen Cellulose (Braunfäule) oder Lignin (Weissfäule) ab. Beide Substanzen sind für die meisten anderen Organismen unverdaubar. Fruchtkörper auf der Stammoberfläche werden erst später gebildet. Dabei ist eine Sukzession von Pilzen zu beobachten, die von der Baumart, den mikroklimatischen Bedingungen und dem Zersetzungsgrad des Baumes abhängt.

In der belassenen Fläche von Pfäfers beispielsweise waren anfänglich nur wenige Fruchtkörper ausdauernder Pilze auf Holz zu beobachten. Seit Herbst 1994 nimmt nun die Zahl der Pilzfruchtkörper und die Anzahl der Pilzarten zu.

Die Porlinge (*Poriales*) kommen allerdings immer noch sehr selten vor. Am häufigsten wurden sowohl auf Tanne wie auch auf Fichte die Tannen-Tramete (*Trichaptum abietinum* Pers. in J.F. Gmelin: Fr. Ryvarden) und der Zaunblättling (*Gloeophyllum sepiarium* (Wulfen: Fr.) P. Karst.) beobachtet. Auch die Individuenzahl des blutenden Schichtpilzes (*Stereum sanguinolentum* Alb. & Schw.: (Fr) Fr.) nimmt zu. Ähnliche Beobachtungen im Bayerischen Wald (Luschka, 1993) zeigten, dass diese Pilze im Initial- und Optimalstadium der

Zersetzung auftreten. Demgegenüber ist der rotandige Baumschwamm (*Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst.), ein Vertreter der Optimalphase, vier Jahre nach dem Sturmereignis erst in wenigen Exemplaren zu finden.

Für die Nordostschweiz sind 143 Porlingsarten belegt (*Jaquenoud*, 1994); 26 davon wurden bis jetzt auf 16 weiteren Windwurfflächen des Jahres 1990 beobachtet.

4. Lage- und Festigkeitsveränderung von Stämmen auf belassenen Windwurfflächen

Die Ausgangslage auf den meisten grösseren Windwurfflächen bezüglich der Schutzwirkung gegenüber Naturgefahren ist recht günstig. Die Stämme liegen übereinander und sind über Boden gut verkeilt. Nach dem Sturm von 1990 sind sie mehrheitlich leicht schräg zur Niveaulinie zu liegen gekommen – eine vorteilhafte Lage für die Schutzwirkung gegen Naturgefahren wie Lawinen und Steinschlag.

Nach dem Sturmereignis im Februar 1990 fielen in den Windwurfgebieten im März und im April nochmals erhebliche Mengen Neuschnee, was eine stärkere Setzung der geworfenen Stämme bewirkte. Die auf verschiedenen Flächen im Sommer und Herbst 1990 vorgenommene Vermessung der Ausgangslage widerspiegelt also bereits eine vergleichsweise stabile Situation.

Eine fotogrammetrische Nachmessung von fast 200 Objekten auf einer der belassenen Windwurfflächen (Schwanden; 1993 verglichen mit 1990/1991) ergab folgende durchschnittliche Lageänderungen von Strünken, Wurzeltellern und hochliegenden Baumstämmen:

- durchschnittliche Lageänderung in der Niveaulinie: nur wenige cm
- durchschnittliche Lageänderung in der Fallinie: 1 dm hangabwärts
- durchschnittliche Lageänderung in der Höhe: 1 dm tiefer liegend
- maximale Lageänderung in der Höhe: 1 m tiefer liegend

Auch auf steileren Teilflächen als in Schwanden ergaben sich in den ersten fünf Jahren keine dramatischen Veränderungen in der Lage der geworfenen Stämme und der Wurzelteller. In Einzelfällen wurden dort allerdings deutlich grössere, hangabwärts und senkrecht gerichtete Lageänderungen in der Größenordnung von einigen Dezimetern bis Metern beobachtet, welche vermutlich durch Schneelast bedingt sind. Dazu ist zu bemerken, dass die ersten fünf Winter nach dem Windwurf mässig schneereich waren – die maximale Schneehöhe betrug in den drei schneereicheren Wintern etwa 70 % der für die Wiederkehrdauer von 30 Jahren berechneten Maximalwerte.

5 bis 30 Jahre nach dem Windwurfereignis ist zu erwarten, dass die direkt dem Boden aufliegenden Stämme rascher abgebaut werden als die im freien

Luftraum gelagerten Stämme, welche ihre Struktur und Festigkeit noch weitgehend beibehalten dürften. Stämme mit Wurzeltellern können langsam an den Boden gepresst werden, wo der Abbau schneller vor sich geht. Kombiniert mit dem erwarteten Festigkeitsverlust infolge des Holzabbaus dürfte damit die Gesamtrauhigkeit auf belassenen Teilflächen bis etwa 30 Jahre nach einem Windwurfereignis zwar abnehmen, aber in ihrer Wirkung gegen Naturgefahren noch nicht entscheidend beeinträchtigt sein. Stehende tote Käferfichten können bis zu ihrem Zusammenbrechen eine gewisse Schutzwirkung gegen Steinschlag und Lawinenanrisse haben. Diese ist aber im Vergleich zu lebenden Bäumen deutlich vermindert.

Auf Grund von Beobachtungen auf älteren Windwurfflächen kann zur Entwicklung von liegendem Sturmholz nach mehr als 30 Jahren seit dem Ereignis festgestellt werden, dass die liegenden Stämme, Stöcke und aufgestellten Wurzelteller noch immer für eine recht grosse Rauhigkeit sorgen. Damit können diese älteren Windwurfflächen weiterhin eine gewisse Schutzwirkung gegen Naturgefahren ausüben.

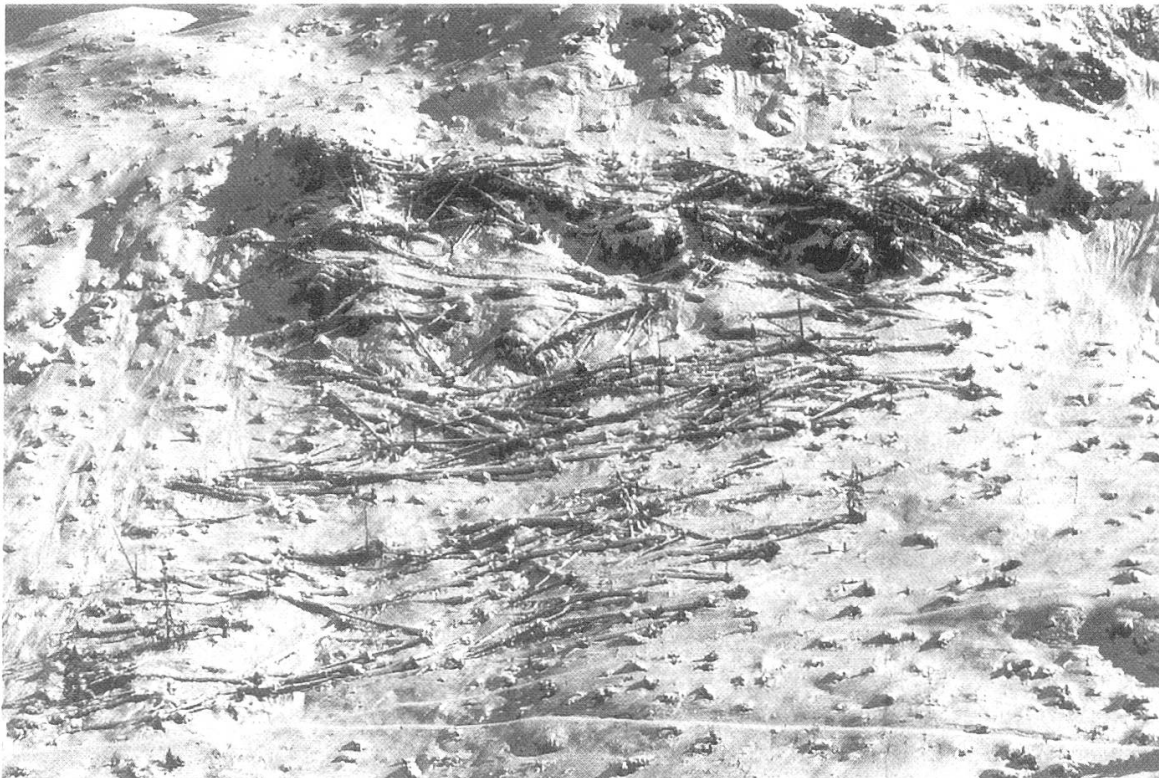


Abbildung 2. Überblick über die belassene Teilfläche Disentis (Aufnahme 28. Februar 1995): stark überschneite Schneebrettlawinen vom 25./26. Februar 1995 neben und oberhalb der belassenen Teilfläche sowie die auffälligen kleinen Lockerschneerutsche vom 27. Februar 1995. Gut erkennbar ist die Durchdringung der Schneedecke durch die Stämme auf der belassenen Teilfläche bei einer gemessenen Schneehöhe von 1,2 m.

5. Erosion und Steinschlag

Je nach Art der Windwurfschäden sind in steilen Gebieten unterschiedliche Auswirkungen auf die Erosions- und Steinschlagprozesse zu erwarten. Wenn bei grösseren Schäden viele Bäume mit ihren Wurzeltellern aus dem Boden gekippt sind, wird das Potential für Erosion und Steinschlag vergrössert. Diese Prozesse werden auch von der Hangneigung, der Morphologie der Oberfläche, den Boden- und Gesteinseigenschaften und den Witterungsverhältnissen beeinflusst.

Als Folge der Sturmschäden ändert sich der Wasserhaushalt des Bodens. Wegen der fehlenden Interzeption in den Baumkronen gelangen mehr Niederschläge auf und in den Boden. Mehr Wasser auf dem Boden hat vermehrten Oberflächenabfluss mit möglichen Erosionserscheinungen zur Folge. Bei einem vergrösserten Wasservolumen im Boden steigt der Porenwasserdruck, und damit wird die Scherfestigkeit des Bodens verringert. In extremen Situationen können kleinere oder grössere Rutschungen entstehen.

Auch die Steinschlagsituation ändert sich nach Windwürfen: Es werden Steine freigelegt und so das Steinschlagpotential erhöht. Weil der schützende Bestand fehlt, dringt der Frost tiefer in den Boden ein, und das Gestein verwittert schneller.

Geräumte Flächen: Die Untersuchungen auf den geräumten Versuchsfeldern haben gezeigt, dass rund die Hälfte aller Bodenwunden mit einer Ausdehnung von mehr als 16 m² erst durch die Holzernte entstanden sind. Im Zuge der Räumung angelegte Strassen und Wege lösen bei unsorgfältiger Ableitung des Oberflächenwassers Erosionen und Rutschungen aus.

Die bodenmechanischen Untersuchungen der Erosionsstellen zeigen, dass das Bodenmaterial der Versuchsfelder meist aus siltigen Kiesen besteht mit 20 bis 50 % Feinmaterial (Korndurchmesser < 2 mm). Bis 1994 verkleinerten sich die meisten dieser Erosionsstellen, und ihre Oberfläche wuchs zum grossen Teil ein. Vor allem bei Hangneigungen unter 40° (85 %) kann unter ähnlichen Bedingungen damit gerechnet werden, dass Bodenwunden in der Regel wieder einwachsen (vergleiche *Wohlgemuth et al.* 1995).

Die Steinschlagaktivität während der Räumung ist gross. Vor allem bei Hangneigungen über 30 bis 32° (60 %) muss mit spontanem Steinschlag gerechnet werden. Wenn während der Räumung lose Steine gesichert werden, wird das Steinschlagpotential verkleinert. Auf geräumten Flächen bleibt es klein, sofern keine grösseren Bodenwunden in steiler Lage erodieren.

Belassene Flächen: Das Erosionspotential ist auf diesen Stellen relativ gering, da wenig grosse Bodenwunden (> 16 m²) vorhanden sind. Auch nach vier Jahren blieb das Holz selbst bei Neigungen von 45° (100 %) liegen. Viele Wurzelteller sind teilweise noch im Boden verankert.

Hinter den liegenden Baumstämmen sind viele Steine verklemmt, die mit dem Vermorschen des Holzes abrutschen und zu Steinschlag führen können.

In den ersten fünf Jahren nach dem Windwurf sind noch keine solchen Ereignisse auf den Versuchsflächen beobachtet worden.

In sehr steilen Windwurfflächen mit Hangneigungen von 50 bis 55° (120 bis 140%), beispielsweise im Bündner Oberland, sind Baumstämme und Steine bereits im ersten Jahr nach dem Sturmereignis abgerutscht. Vielfach liegen Stämme und Steinmassen in Bach- und Flussbetten, wo sie bei einem Hochwasser weiteren Schaden anrichten können.

6. Lawinen und Schneegleiten

Die Rauigkeit der Oberfläche entscheidet auf über 30° (60%) steilen Windwurfflächen über die Lawinenschutzwirkung. Diese ist auf belassenen Flächen einerseits abhängig von der Wirkhöhe der verkeilten Stämme, andererseits vom Abstand dieser Stämme in der Fallinie. Zur Bewertung der Lawinenschutzwirkung kann die Technik zur Berechnung von Lawinenverbauungen herangezogen werden; die entsprechenden Werte für Lawinenverbauungen heissen Werkhöhe (entspricht der Wirkhöhe) bzw. hangparalleler Werkabstand (Abstand der Stämme in der Fallinie). Für die von den Windwürfen 1990 betroffenen Gebiete ist eine Werkhöhe von 2,5 bis 3,5 m und ein Werkabstand von etwa 20 bis 30 m abzuleiten (BUWAL 1990). Die Wirkhöhe der verkeilten Stämme wechselt stark zwischen 0,5 m und über 2,5 m und erreicht somit den geforderten Wert nur selten. Der Abstand der Stämme in der Fallinie dagegen ist meistens wesentlich kürzer als 20 m.

Bisherige Beobachtungen zeigen, dass viele der hochgelagerten Stämme bei Schneehöhen bis zu 2 m noch genügenden Schutz gegen Lawinenanrisse bieten (Frey 1993). In Extremsituationen ist allerdings nicht auszuschliessen, dass auch auf belassenen Flächen Schneebrettlawinen entstehen, die dann aber wesentlich kleiner als Lawinen aus geräumten Flächen sind. Es ist anzunehmen, dass Stämme und wenig verankerte Stöcke im Laufe der Zeit durch Schneedruck zusammengeschoben werden, was dann die Lawinenschutzwirkung beeinträchtigen kann.

In geräumten Flächen sind die Verhältnisse für Lawinenanrisse freilandähnlich. Die Schneedeckenentwicklung ist dort im Vergleich zu belassenen Flächen wesentlich weniger gestört; durchgehende Schneeschichten können grossflächig ausgebildet werden. Damit sind auch grosse Schneebrettlawinen möglich. Die Erhebungen in den ersten fünf Jahren nach dem Windwurfereignis bestätigen für Schneebrettlawinen diese Überlegungen (Tabelle 1).

Stärkeres Schneegleiten stellt für junge Bäume eine ernsthafte Bedrohung dar, spielt aber in den ersten Jahren nach Windwurfereignissen wegen der grossen Bodenrauigkeit und den vegetationslosen Stellen sowohl auf geräumten als auch auf belassenen Flächen keine wichtige Rolle. Mit zuneh-

mender Vegetationsdecke und besonders auf geräumten Flächen kann das Schneegleiten an Bedeutung zunehmen. Auf belassenen Flächen wirken sich die liegenden Stämme für die Jungbäume als Schutz gegen Kriech- und Gleit-schnee positiv aus.

Tabelle 1. Kennwerte für Lawinenereignisse auf geräumten und nicht geräumten Flächen (Ver-suchsflächen Disentis und Pfäfers, 1991 bis 1995).

	<i>geräumt</i>	<i>nicht geräumt</i>
Anrissgebiet	Anrisse bei 35 bis 45° (70 bis 100%)	keine Anrisse bis 45° (100%)
Sturzbahn	Durchfluss bei 30 bis 45° (60 bis 100%)	gestoppt bei 30 bis 40° (60 bis 85%)
Ablagerungsgebiet	Ablagerung bei 20 bis 30° (35 bis 60%)	bereits in Sturzbahn gestoppt

Zusammenfassung

Für die Behandlung von zukünftigen Windwurfflächen, auf welchen Naturgefah-ren eine wichtige Bedeutung haben, stellt sich die Frage nach der Art der Behandlung. Soll die ganze Windwurffläche geräumt werden, soll nur ein Teil geräumt werden, oder soll sie im ursprünglichen Zustand belassen werden? Dazu sind die folgenden Betracht-ungen angezeigt:

1. Falls die geworfenen Bäume einigermaßen stabil und nicht längs der Falllinie lie-gen, ist ohne weitere Eingriffe für die ersten Jahre nach dem Sturmereignis ein guter Schutz gegen Naturgefahren gegeben.
2. Wenn grossflächig geräumt wird, verschärft dies durch die zusätzlichen Bodenver-wundungen rasch und ausgeprägt die Gefahr von Erosion und Steinschlag sowie die Gefahr von Lawinenanrissen. Lawinenanrissgebiete beispielsweise oberhalb von Siedlungen müssen auf geräumten Flächen temporär verbaut und forstlich saniert werden, um die notwendige Sicherheit zu erreichen.
3. Beim Verzicht auf eine flächige Räumung dürfte die Schutzwirkung gegen Natur-gefahren auf vielen Windwurfflächen ausreichen. Auf nicht genügend schutzwirk-samen Teilflächen kann der Schutz vor Naturgefahren gezielt mit wenig aufwen-digen Massnahmen verbessert werden, etwa mit der Stabilisierung einzelner Stämme oder dem Bau von Lawinen-, Steinschlag- oder Erosionsschutzwerken. Es bestehen gute Chancen, in nicht extremen Gebieten die Schutzwirkung gegen Naturgefahren durch die liegenden Stämme so lange aufrechtzuerhalten, bis die aufkommende Verjüngung oder Pflanzung die Schutzaufgaben übernehmen kann.
4. Um Folgeschäden durch Borkenkäfer nach Windwürfen möglichst gering zu hal-ten, sollen Streuschäden sowie kleine und mittlere Windwurfflächen, welche vor dem Ausfliegen einer ersten Buchdruckergeneration aufgerüstet werden können, prioritär behandelt werden. So kann das Befallsrisiko in den Nachbarbeständen verringert werden.

Résumé

Risques et dangers naturels dans les chablis

Ce travail étudie la manière de traiter les chablis exposés à d'importants dangers naturels. Faut-il opter pour un dégagement intégral ou partiel de ces surfaces; est-il préférable de les laisser telles quelles? Il convient à ce propos de considérer les points suivants:

1. Si les arbres renversés ne gisent pas dans la ligne de pente et qu'ils ne risquent pas de glisser, ils assurent une protection suffisante durant les premières années succédant à la tempête.
2. En dégageant une large étendue de chablis, on accentue les dangers d'érosion, de chutes de pierres et d'avalanches car cette opération perturbe le sol. Dans les zones avalancheuses surplombant les régions habitées, les aires débardées seront équipées d'ouvrages temporaires de protection et reboisées afin d'assurer la sécurité requise.
3. La plupart des surfaces que l'on renonce à dégager intégralement devraient garantir une protection suffisante contre les dangers naturels. Sur les parties de terrain où cette protection n'est pas assurée, il est possible de prendre des mesures peu coûteuses en stabilisant le terrain à l'aide de quelques grumes ou en construisant des ouvrages de protection contre les avalanches, les chutes de pierres ou l'érosion. Dans les régions moins escarpées, il est fort probable que le bois gisant au sol pourra assurer cette protection en attendant que la régénération ou la plantation soit à même de reprendre cette fonction.
4. Afin de réduire au maximum les dégâts dus aux bostryches, on traitera en priorité les chablis dispersés ainsi que les petits et moyens chablis, là où les arbres pourront être façonnés avant l'essaimage de la première génération du typographe. Cette manière d'agir diminue le risque de pullulations dans les peuplements voisins.

Traduction: *Monique Dousse*

Summary

Risks and natural hazards on windthrow areas

When dealing with future windthrow areas on which natural hazards are likely to develop, the question arises as to how such areas should be treated: should the whole windthrow area be cleared, or only part of it, or should it simply be left as it is? Here, the following considerations should be borne in mind:

1. Where the thrown trees are more or less stable in position and do not lie down-slope, they provide a good protection against natural hazards during the first years succeeding the storm and no intervention is necessary.
2. If a large windthrow area is cleared, the additional damage to the soil rapidly and notably increases the risk of erosion, rockfall and avalanche break zones. Possible avalanche break zones on cleared windthrow areas, especially when they lie above settlements, must be provided with at least temporary avalanche protection struc-

tures and appropriate silvicultural measures must be taken to ensure the minimum degree of safety.

3. In many cases, where a windthrow area remains completely uncleared, its protective influence is perfectly adequate. Where the protection is not guaranteed in parts of a windthrow area, these can easily be strengthened, for instance through stabilising a fallen tree trunk here and there or building protection structures against avalanches, rock falls or erosion. In areas with no particular risk there is a good chance that the protective effects of the fallen trunks can be maintained until the young trees artificially planted or growing through natural regeneration can take over this function.
4. In order to minimise subsequent damage by bark beetles, priority should be given to limbing and peeling solitary overthrown trees or those in small or middle-sized windthrow areas before the imagoes take flight; this would also reduce the risk of infestation of neighbouring stands.

Translation: *Margareth Sieber*

Literatur

- BUWAL* (1990), Eidg. Forstdirektion und WSL, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung: Richtlinien für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet, 76 S. Vertrieb: EDMZ, 3000 Bern.
- Frey, W.* (1993): Schneeverhältnisse und Lawinen auf Sturmschadenflächen. Bericht über die Winter 1991/92 und 1992/93. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Int. Bericht Nr. 680, 26 S.
- Jaquenoud, M.* (1994): Das Vorkommen und die Ökologie der Porlinge (*Basidiomycota, Mycota*) der Nordostschweiz. Ber. St. Gall. Naturwiss. Ges. 87: 165–175.
- Luschka, N.* (1993): Die Pilze des Nationalparks Bayerischer Wald im bayerisch-böhmischen Grenzgebirge. *Hoppea*: 53: 5–363.
- Wohlgemuth, T., Kuhn, N., Lüscher, P., Kull, P., Wüthrich, H.* (1995): Vegetations- und Bodendynamik auf rezenten Windwurfflächen in den Schweizer Nordalpen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 146, 11: 873–891.

Gedruckt mit Unterstützung der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.

Verfasser:

Werner Frey: Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Flüelastrasse 11, CH-7260 Davos Dorf.

Beat Forster, Werner Gerber, Dr. Frank Graf, Dr. Ursula Heiniger, Dr. Nino Kuhn und Patrick Thee: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.