

# Frostschäden an Nadelbäumen im Winter 2001/2002 und deren Folgen

ROLAND ENGESSER, BEAT FORSTER UND WERNER LANDOLT

Keywords: Frost damage; conifers; red belt; tree reaction; Switzerland. FDK 422 : (494)

## Beobachtungen von Nadelverrötungen 2002

Anfangs Januar 2002 wurden Nadelverrötungen an Fichten aus dem Forstrevier Kirchberg (SG) gemeldet. Geschädigt war der Nadeljahrgang 2001 von Fichten auf etwa 800 m ü.M. In der ersten Februarhälfte erfolgten weitere Meldungen über Nadelverrötungen aus dem Riemenstaldnertal (SZ) und vom Hasliberg im Berner Oberland. In einem Höhenbereich von 1100 bis 1500 m ü.M. waren die gesamten Baumkronen oder grosse Teile davon geschädigt und bildeten rotbraun verfärbte Bestände, welche sich bandartig über mehrere hundert Meter den süd- bis südwest-exponierten Bergflanken entlang zogen. Ausser Fichten waren Weisstannen, Föhren und im Gebiet Hasliberg zusätzlich auch Arven, Wacholder und Stechpalmen betroffen. Mitte April wurden weitere Nadelverrötungen im 1400 m ü.M. gelegenen Gebiet Scheidegg, Gemeinde Emmeten (NW), gefunden. Im Mai erfolgte eine weitere Meldung aus Giswil (OW) von einem südwest-exponierten Standort auf 1370 m ü.M. Betroffen waren jeweils Fichte, Tanne und Föhre. Im Oberengadin (GR) waren Zwergsträucher wie zum Beispiel Wacholder betroffen, nicht jedoch Lärchen und Arven.

## Frost als Ursache

An allen Standorten konnten Schadorganismen als «Krankheitsursache» ausgeschlossen werden. Als Auslöser für die Nadelverrötungen an den diversen Baumarten und an den verschiedenen Standorten wurde Frosteinwirkung diagnostiziert. Darauf deuten sowohl die typischen Nadelverrötungssymptome als auch die Tatsache hin, dass fast alle immergrünen Baum- und Straucharten in Mitleidenschaft gezogen wurden, wobei die verschiedenen Baumarten bekanntlich unterschiedlich stark auf Frost reagieren (FORSTER & JANSEN 1988). Diese artspezifische Frostanfälligkeit zeigte sich auch anlässlich einer Begehung im Gebiet Hasliberg, wo Weisstannen am selben Standort stärker durch Frost geschädigt worden waren als Fichten. Frosteinwirkungen sind oft auch gerichtet, d.h. eine Baumhälfte zeigt stärker ausgeprägte Frostsymptome als die diametral gegenüberliegende. Alle 2002 von Frostschäden betroffenen Regionen gehörten bereits 1987 zu den damals weitaus stärker ausgedehnten Frostschadengebieten (FORSTER & JANSEN 1988).

## Wie reagieren Pflanzen auf grosse Kälte

Die Frosthärte der Pflanzen unterliegt einem annualen Rhythmus mit einem Minimum im Sommer und einem Maximum im Winterhalbjahr. Abhängig von der Periode der Anpassung liegt die kritische Temperatur bei der Fichte zwischen  $-5$  und  $-37$  °C (Levitt 1972, zit. in HÄSLER 1988). Besonders empfindlich sind die frisch ausgetriebenen Assimilationsorgane im Frühling gegenüber Spätfrösten. Auch Frühfröste im

Herbst können bei nicht oder ungenügend abgehärteten Pflanzen Schädigungen hervorrufen. Selbst wenige warme Tage im Winter genügen, um eine stufenweise Enthärtung einzuleiten und Pflanzen gegenüber Kälteeinbrüchen verwundbar zu machen. Der Abhärtungsvorgang ist ein komplizierter biochemischer Prozess, bei dem in den Zellen einerseits der Zuckergehalt zur Erniedrigung des Gefrierpunktes erhöht wird und andererseits Membranen so umgebaut werden, dass sie den tiefen Temperaturen und den damit verbundenen Saugspannungsdefiziten widerstehen können.

Das frostbedingte Symptom der Nadelverrötungen und -verbräunungen ist auffällig. Bei schwachen Schädigungen sind nur die Nadelspitzen des jüngsten und exponiertesten Nadeljahrgangs betroffen. Bei stärkeren Einwirkungen greifen die Verrötungen oder Verbräunungen auf ganze Zweige über, wobei auch ältere Nadeljahrgänge oder gar die ganze Krone betroffen sein können. In der Regel sind die Knospen besser geschützt und daher nicht oder weniger geschädigt als die Nadeln, so dass die Symptome bedrohlicher aussehen als sie wirklich sind.

## Frost ist nicht gleich Frost

Je nach Begleitumständen unterscheidet man verschiedene Schädigungsformen durch Frosteinwirkungen. Erfrierungsschäden treten in klaren Frühlings- und Herbstnächten, aber auch im Winter bei tiefen Temperaturen unter der aktuellen Frosthärte der Pflanzen auf. Frostwechselschäden dagegen sind das Resultat mehrfacher schneller Auftau- und Gefriervorgänge, die physiologisch dieselbe Wirkung zur Folge haben wie tiefe Temperaturen. Von Frostrocknis spricht man dann, wenn die Krone durch Sonneneinstrahlung Wasser verdunstet und der gefrorene Boden das Defizit nicht ausgleichen kann, so dass es zur Austrocknung der Assimilationsorgane kommt.

## Frostereignisse in den vergangenen Jahren

Nadelverrötungen durch Winterfröste traten in den letzten 125 Jahren immer wieder auf und sind in der Literatur gut belegt (SCHÖNENBERGER 1988). Im Durchschnitt muss etwa alle zehn Jahre mit gut sichtbaren Schadenereignissen gerechnet werden. Eines der eindrucklichsten dürfte dasjenige vom Winter 1879/1880 gewesen sein, das von Coaz beschrieben wurde (Coaz 1882, zit. in SCHÖNENBERGER 1988).

Noch in guter Erinnerung bleibt sicher das letzte grössere vom Winter 1986/1987 mit Schadensschwerpunkten in der Ost- und in der Zentralschweiz (FORSTER & JANSEN 1988). Damals wurden die Frostschäden durch eine kalte nordöstliche Bodenströmung ausgelöst, die von einer Höhenföhnlage aus dem Südosten überlagert wurde. An der Grenzschicht dieser beiden Luftmassen, auf einer Höhe zwischen 700 und 1100 m ü.M., kam es am 14. Januar 1987 zu mehrfachen und abrupten Temperatursprüngen zwischen  $-10$  und  $+8$  °C. Innerhalb

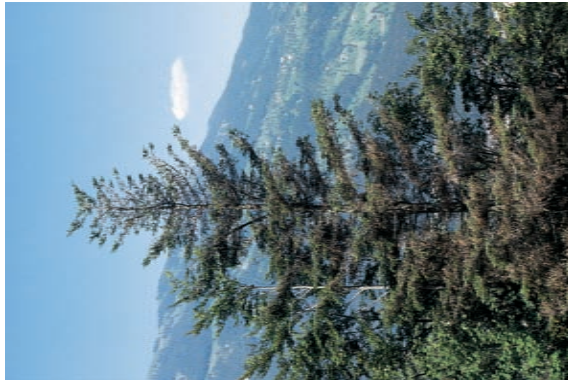
**Frühling 1987**



**Sommer 1987**



**Sommer 1988**



**Sommer 1989**



**Sommer 1990**





weniger Minuten wurden dabei die Nadeln der Koniferen auf über 0 °C aufgeheizt und ebenso schnell wieder abgekühlt. Dieser Vorgang führte zu charakteristischen Nadelverrötungen, die sich wie Höhenlinien in der Landschaft bemerkbar machten. Dieses Phänomen ist vor allem aus Nordamerika und Skandinavien unter der Bezeichnung «Red Belts» bekannt (MALHOTRA & BLAUDEL 1980). Am stärksten betroffen von diesen Ereignissen war die Eibe, gefolgt von Tanne, Fichte und Föhre. Schädigungen konnten auch an immergrünen Laubböhlzern wie Stechpalme und Efeu beobachtet werden.

## Erholung von frostgeschädigten Nadelbaumarten

Nach den starken Wechselfrostschäden vom Winter 1986/1987 erwartete man ein Absterben von zahlreichen Nadelbäumen. Vor allem vollständig verröteten Fichten, Tannen und Föhren attestierte man nur mässige Überlebenschancen. Es wurde ein sekundärer Befall durch verschiedene Borkenkäferarten befürchtet. In einigen Hauptschadengebieten wurden deshalb vorbeugend Zwangsnutzungen getätigt.

Oberhalb Goldau und auf der Seebodenalp ob Küsnacht (Kanton Schwyz) verfolgte der phytosanitäre Beobachtungs- und Meldedienst das Verhalten von stark geschädigten Bäumen anhand von Beschreibungen und Fotoserien (*Farbtafel 1*). Auch stark betroffene Nadelbäume erholten sich in den Folgejahren viel besser als erwartet. Nur ganz wenige Bäume starben ab. Am schnellsten erholte sich die Waldföhre, da sie ihre wenigen Nadeljahrgänge am raschesten wieder zu ersetzen vermochte. Bei Fichten und Tannen dauerte die Erholung etwas länger. Abgestorben sind weniger als 5% der Bäume. Meist handelte es sich dabei um unterständige, kurz-kronige Bäume, die schon vor dem Frostereignis unter Konkurrenzdruck zu leiden hatten. Einzelne sekundäre Borkenkäferarten wie zum Beispiel der Doppel-ägige Fichtenbastkäfer (*Polygraphus poligraphus*) oder der Kleine Tannenborkenkäfer (*Cryphalus abietis*) konnten zwar festgestellt werden; die befürchtete Massenvermehrung blieb jedoch aus.

Im Laufe des Jahres 1987 nahm der Schadenaspekt eher noch zu. Bei Föhren und Fichten begannen die roten Nadeln relativ rasch abzufallen, währenddem sie bei der Tanne länger an den Zweigen blieben. Da bei stark geschädigten Bäumen auch die Knospen erfroren waren, mussten zuerst Ersatzknospen gebildet werden. Zum Teil trieben diese im Sommer 1987 noch aus, viele warteten damit aber bis im Frühling 1988. In den Folgejahren erholten sich die Bäume kontinuierlich, und die Benadelung wurde wieder dichter. 1990 kam es durch den Sturm «Vivian» zu einem leichten Rückschlag, indem etliche neu gebildete Triebe durch Peitschen beschädigt wurden.

An einzelnen Bäumen wurden anfangs der 1990er-Jahre die Jahrringe untersucht. Stark betroffene Individuen zeigen während vier bis fünf Jahren nach dem Frostereignis eine deutliche Zuwachseinbusse (persönliche Mitteilung F. Schweingruber).

## Abschliessende Beurteilung der Nadelverrötungen 2002

Bei den im Winter 2001/2002 beobachteten Nadelverrötungen dürfte es sich am ehesten um Frostwechselschäden handeln, welche durch eine Abfolge von Gefrier- und Auftauprozessen innerhalb weniger Stunden verursacht worden

waren. In kurzen Zeitintervallen waren die Nadeln auf diese Weise grossen Temperaturdifferenzen ausgesetzt, auf welche sie nicht geeignet reagieren konnten und geschädigt wurden. Temperatursprünge von mehr als 5 °C pro Stunde können in kritischen Temperaturbereichen bereits zu Nadelverrötungen führen (Levitt 1972, zit. in HASLER 1988). Da diese Wechsel-frostschäden besonders häufig auf südwest-exponierten Hängen festgestellt werden konnten, hat vermutlich die Sonneneinstrahlung das Wechselspiel zwischen Auftauen und Gefrieren gefördert. Für schnelle Temperaturanstiege können zusätzlich auch warme Föhnwinde in Frage kommen. Zudem fehlte im schneearmen Winter 2001/2002 vielerorts die isolierende Schneedecke, was vor allem Zwergsträucher unge-wohnten Witterungsextremen aussetzte.

An welchem Datum sich die Frostwechselschäden tatsächlich ereignet haben, ist schwierig abzuschätzen. Realität ist, dass im vergangenen Winter häufige und zum Teil massive Temperatursprünge gemessen werden konnten. Solche grossen Temperatursprünge wurden beispielsweise auf der Wetterstation Hohmaad (2010 m ü.M.) im Gebiet Hasliberg gemessen, wo zwischen dem 12. und 13. Dezember sowie am 31. Dezember 2001 starke Temperatursprünge zu verzeichnen waren. Die Temperatur sackte jeweils von etwa 0 °C auf -20 °C respektive von -2 °C auf -14 °C ab.<sup>1</sup>

Die Folgen von Frosteinwirkungen werden eher überschätzt, wie die Erfahrungen aus dem Frostwechselereignis von 1987 gezeigt haben. Auch stark verrötete Nadelbäume haben gute Aussichten, sich innerhalb weniger Jahre wieder zu erholen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass nicht weitere ungünstige Faktoren wie zum Beispiel ein Befall durch Borkenkäfer auf die durch Frost geschwächten Nadelbäume einwirken.

Wegen der aktuellen Wechselfrostschäden sind zurzeit keine Zwangsnutzungen notwendig. Um rechtzeitig einen möglichen Befall durch Borkenkäfer festzustellen, sollten insbesondere Fichten und Weissstannen im Bereich der Frostschadengebiete regelmässig kontrolliert werden. Falls sich ein Borkenkäfer-Folgebefall einstellt, müssen Zwangsnutzungen erwogen werden.

## Zusammenfassung

In höheren Lagen wurden im Frühjahr 2002 auffällige Blatt- und Nadelverrötungen an allen immergrünen Baumarten beobachtet. Die Verfärbungen zogen sich über mehrere hundert Meter bandartig den Bergflanken entlang. Als Ursache für diese im englischen Sprachgebrauch als «Red Belt» bezeichnete Erscheinung wird Frosteinwirkung verantwortlich gemacht. Die Reaktionen von Nadelbäumen auf Frost werden vorgestellt und die bedeutendsten Frostereignisse in den vergangenen Jahren erwähnt. Gemäss den Erfahrungen, welche insbesondere nach den weit verbreiteten Frostschäden im Winter 1986/1987 gemacht werden konnten, dürften sich sie meisten der frostgeschädigten Bäume in den nächsten Jahren wieder erholen. Diese positive Prognose gilt jedoch nur, falls die vom Frost betroffenen Nadelbäume nicht noch zusätzlich von Borkenkäfern befallen werden. Die Überwachung der vom Frost geschädigten Bestände ist deshalb weiterhin notwendig.

<sup>1</sup> Die Messungen wurden uns freundlicherweise von Herrn Fritz Kupfer, Waldabteilung 1, Interlaken, zugestellt.

## Summary

### Frost damage to conifers in winter 2001/2002 and its influence on tree development

In early 2002, startling changes of colour appeared on the leaves and needles of evergreen tree species at higher altitudes. The trees formed «red belts» across the mountain slopes, several hundred meters long. The discolouration was caused by frost in the previous winter. In this paper we present the reaction of conifers to frost and look at the most important occurrences of frost in the last decades. Based on experience gained following the widespread frosts of 1986/1987, we can expect most of the damaged trees to recover over the next few years. This expectation, however, will only be fulfilled if there are no subsequent and serious bark beetle attacks. Continued surveillance of the injured forest sites is, therefore, necessary.

## Résumé

### Les gels de l'hiver 2001/2002 et leurs effets sur les résineux

De remarquables rougissements ont été constatés au printemps 2002 sur les feuilles et les aiguilles des essences sempervirentes situées dans les zones supérieures. Semblables à de longues bandes rouges de plusieurs centaines de mètres, ces colorations strient le flanc des montagnes. Appelé «Red Belt» en anglais, ce phénomène est dû aux effets du gel. Cet article explique comment les résineux réagissent à cet impact et il évoque les principales occurrences de gel des années antérieures. D'après l'expérience faite, notamment après les dommages très étendus causés par le gel durant l'hiver 1986/1987, la plupart des arbres touchés devraient se rétablir ces prochaines années. Mais ce pronostic positif n'est valable que si les résineux touchés ne subissent pas en plus une infestation de bostryches. Il est donc nécessaire de continuer à surveiller les peuplements endommagés par le gel.

*Traduction: MONIQUE DOUSSE*

## Literatur

- FORSTER, B.; JANSEN, E. (1988): Frostschäden Winter 1986/87 (Wechselfrost): Schadenbild, Verbreitung und Schadenverlauf 1987. Ber. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes. 307:13–26.
- HÄSLER, R. (1988): Physiologische Wirkungen des Frostes auf Pflanzen. Ber. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes. 307:45–48.
- MALHOTRA, S.S.; BLAUDEL R.A. (1980): Diagnosis of air pollutant and natural stress symptoms on forest vegetation in western Canada. Information Report NOR-X-228, November 1980. Northern Forest Research Centre, Canadian Forest Service, Edmonton, Alberta, Canada.
- SCHÖNENBERGER, W. (1988): Literaturangaben über frühere Winterfrostschäden in der Schweiz. Ber. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes. 307:49–51.

## Autoren

Dr. ROLAND ENGESSER; dipl. Forsting. ETH BEAT FORSTER; Dr. WERNER LANDOLT, Abteilung Wald- und Umweltschutz, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL/FNP), Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf.  
E-mail: roland.engesser@wsl.ch, beat.forster@wsl.ch, werner.landolt@wsl.ch.