

Schneelawine als natürliche Störung im Bergmischwald

Snow avalanches as a natural disturbance in the mixed mountain forest

Anton FISCHER, Hagen S. FISCHER und Ulrike LEHNERT

Zusammenfassung

Am 18. Januar 1986 löste sich eine Lawine an der Ostseite des Watzmann im Nationalpark Berchtesgaden und brach in die etwa 50-jährigen Wälder oberhalb St. Bartholomä ein. Die Bäume wurden zu Boden gebeugt, starben aber nicht ab sondern bildeten ein dichtes, dem Boden angedrücktes Kronendach. Mittels Transektanalyse (Anlage der Transekte im Sommer 1989, Vegetationserhebungen 1989, 1994 und 1999) sollte die Vegetationsentwicklung langfristig verfolgt werden. Im Winter vor der dritten Erhebung fand ein weiterer, viel großflächiger Lawinenabgang statt, der auch den ursprünglich als Referenz genutzten, etwa 200-jährigen Bergmischwald im Bereich von zwei der angelegten drei Transekte zerstörte.

Die Analyse zeigt trotz der massiven Änderung der Bestandesstruktur eine erstaunlich geringe Änderung der floristischen Struktur im Wald auf dem durchgehend lawinenfreien Transekt. Die Situation der Bodenvegetation hat sich dort nicht wesentlich geändert: unter der zu Boden gebeugten Baumschicht bleibt das Waldbinnenklima erhalten, und mechanische Bodenstörungen (angehobene Wurzelsteller) bleiben klein. Im Vergleich dazu ist auf der 1999 entstandenen Lawinenbahn im 200-jährigen Waldbestand bereits ein halbes Jahr nach Störung ein signifikanter Umbau der Artenzusammensetzung festzustellen: Es herrscht Freilandklima, und die Bodenstörungen sind großflächig.

Die Dauerflächenstudie, obwohl nur einen kurzen Ausschnitt aus der Waldentwicklung abdeckend, gestattet doch die maßgeblichen Prozesse der Walderneuerung nach Lawinenabgang besser zu verstehen. Sie bietet der Nationalparkverwaltung zudem die Möglichkeit, die Besucher unmittelbar an einem stark frequentierten Wanderweg auf die Vielfalt der Walddynamik hinzuweisen.

Summary:

On January 18, 1986 on the steep eastwards-facing slope of Mount Watzmann, Berchtesgaden National Park, Bavaria, Germany, close to St. Bartholomä on Lake Königssee, a snow avalanche ran into a 50-year-old forest. The trees were bent to the ground, but they survived, forming a dense canopy pressed to the ground. To analyse the ongoing vegetation dynamics, three transects were established and permanently marked in summer 1989. Vegetation records were to be carried out in 1989, 1994, and 1999. In February 1999, a few months before the third record was to have been carried out, another snow avalanche affected the vegetation of the upper two transects and additionally destroyed the surrounding 200-year-old forest that had been used as a reference.

The analysis of the forest patches which were affected only by the first avalanche shows that although a major change in forest structure took place, the floristic structure – in other words the species composition – remained to a large extent unchanged. Here the situation of the ground vegetation did not change significantly: underneath the dense crown canopy built up by the bent trees, the microclimate and radiation conditions did not really change; open land species therefore had no chance to establish. In contrast, the stands of the 200-year-old forest destroyed by the second avalanche show a clear change in species composition following the event. Here, the forest microclimate changed into open land conditions, and strong spoil disturbances occurred across the area.

The permanent plot study, although only covering a comparatively short section of the forest regeneration cycle, allows a better understanding of the main processes driving forest regeneration following destruction by snow avalanches. The national park administration has the chance to incorporate the snow avalanche area into its educational program and in particular to introduce national park visitors on this highly-frequented hiking trail to the spectrum and options of forest dynamics.

Einführung

Waldbestände unterliegen dauernden internen Umbauten. Wesentliche treibende Kräfte dieser Walddynamik sind „Störungen“. In Wäldern der temperaten Zone sind dies vor allem Windwurf und Insektenbefall (zum Beispiel Buchdrucker bei Fichte); Feuer dagegen spielt natürlicherweise hier keine Rolle. Nur in steilen Gebirgslagen – in Zentraleuropa damit vornehmlich in den Alpen – treten größere Schneelawinen auf. Entlang der Lawinenbahnen

sind die Vegetationsbestände an regelmäßige Lawinenabgänge angepasst, das heißt Waldbestände sind dort in der Regel durch Strauchgesellschaften ersetzt. Deshalb gibt es nur selten den Fall, dass eine Schneelawine einen Waldbestand trifft.

Am 18. Januar 1986 trat dieser Fall oberhalb St. Bartholomä im Nationalpark Berchtesgaden ein: Eine Schneelawine löste sich aus der Watzmann-Ostwand, zerstörte auf ihrem Weg ins Tal 4,4 ha eines damals großteils rund 50-jährigen Bergmischwaldes und kam erst kurz vor dem Ufer des Königssees

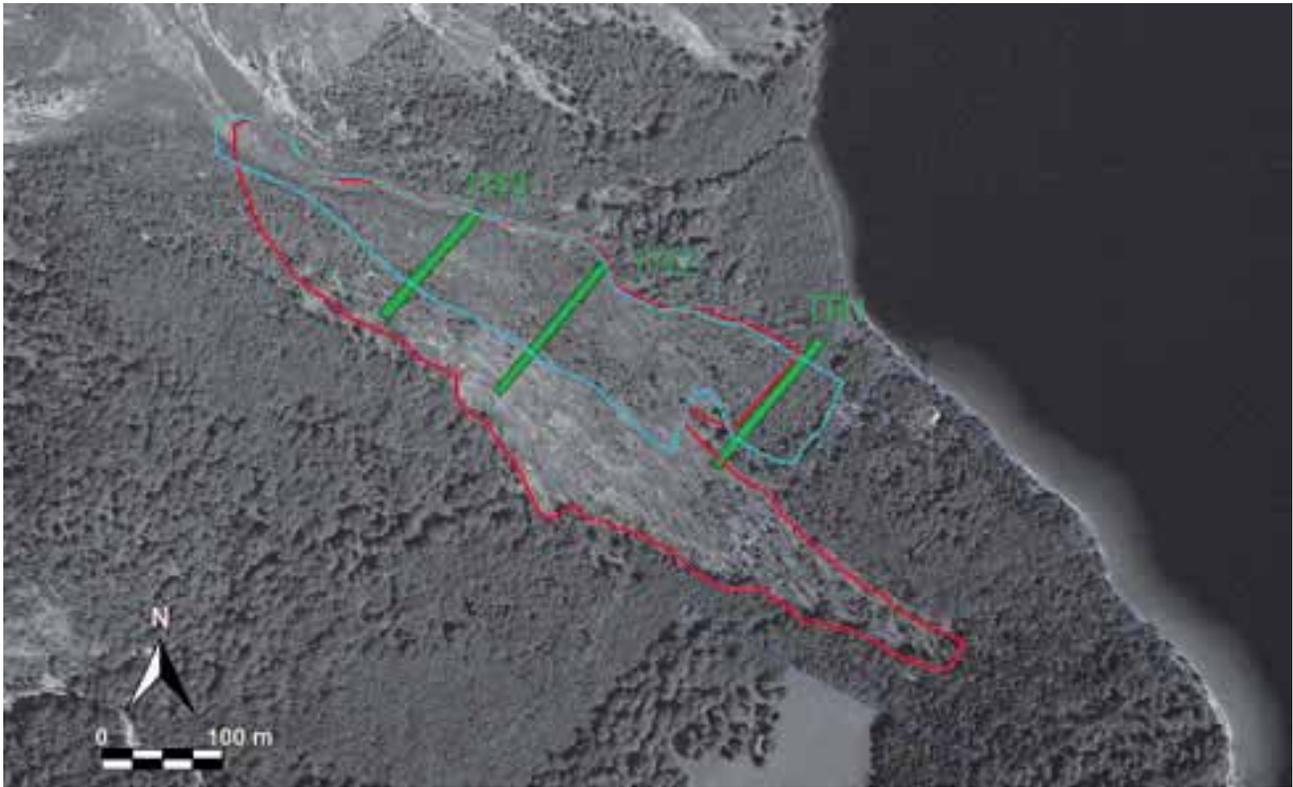


Abbildung 1: Lage der Lawinenbahn und der darauf eingerichteten Transekte bei St. Batholomä, Nationalpark Berchtesgaden. Blaue Linie: Lawinenbahn 1986; rote Linie: Lawinenbahn 1999; gepunktet: Wanderweg. (Quelle: Luftbild (2001) Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern, 4432/09)

(603 m NN) zum Stillstand. Da die Vegetation innerhalb der Kernzone des Nationalparks keinem Management unterliegt, ist eine vom Menschen (zumindest direkt) nicht beeinflusste Bestandesentwicklung also langfristig möglich und analysierbar.

Angelehnt an die im Nationalpark Bayerischer Wald entwickelte Dauerflächenmethode auf Sturmwurf- flächen (FISCHER, A. et al. 1990) wurden auf der Lawinenbahn bei St. Bartholomä im Jahre 1989 drei Transekte dauerhaft markiert und erstmals aufgenommen. Da das Flächendesign letztlich auf eine Anregung von PFADENHAUER et al. (1986) zurückgeht, ist diese Fallstudie bestens geeignet in den vorliegenden Band aufgenommen zu werden. Die hier behandelte Frage ist, was man aus der un gelenkten Entwicklung von Wäldern für das Verständnis von Walddynamik lernen kann. Das „Management“ bleibt hier also in der Hand der Natur; der „Manager“ kann hier aber für die Gestaltung der Vegetation in Schutzgebieten nach Vegetationszerstörungen lernen.

Gebiet und Methode

Drei Transekte wurden am Hangfuß (Transekt 1, etwa 610 m NN) sowie am unteren Mittelhang (Transekt 2 etwa 700 m NN, Transekt 3 etwa 740 m NN) höhenparallel und die Lawinenbahn kreuzend eingerichtet (Abb 1). Jedes Transekt besteht aus unmittelbar aneinander grenzenden Quadraten von

10 m x 10 m Flächengröße. Die Transekte umfassen 15, 17 beziehungsweise 14 solcher Quadrate (Transekt 1 bis 3), wobei bei Transekt 1 drei beziehungsweise zwei Quadrate den beidseitig angrenzenden, von der Lawine nicht erfassten Waldbestand abdecken (Referenz), bei den Transekten 2 und 3 jeweils 5 Quadrate auf einer Seite (vergleiche Abb. 1). Aufgenommen wurde die Vegetation nach der gängigen mitteleuropäischen vegetationskundlichen Methode (vergleiche FISCHER, A. 2003, PFADENHAUER 1997). Zusätzlich wurde die Struktur des Gehölzbestandes dokumentiert. Die Erhebungen erfolgten von Anfang Juni bis Anfang August der Jahre 1989, 1994 und 1999 im Rahmen von Diplomarbeiten (1989: Astrid HANAK u. Christiane MAYR; 1994: Holle UNGER-ESSER und Jan-Hendrik OLDAG; 1999: Ulrike LEHNERT)

Transekt 1 ist durchgehend von einem *Lonicero alpigenae-Fagetum* synonym *Aposerido-Fagetum* (vom Gebiet des Nationalpark Berchtesgaden nach Osten hin durch das regelmäßige Auftreten von *Helleborus niger* und *Dentaria enneaphyllos* gekennzeichnet und als *Helleboro-Fagetum* bezeichnet) *caricetosum albae* bedeckt (zur Synsystematik vergleiche WALENTOWSKI et al. 2006). Das gilt auch für die Referenzbestände der oberen Transekte. Der zentrale Teil im Bereich der oberen Transekte ist aber regelmäßig von Schneelawinenabgängen betroffen; dort ist eine als *Corylus avellana-Amelanchier ovalis*-Gesellschaft bezeichnete Strauchgesellschaft ausgebildet.

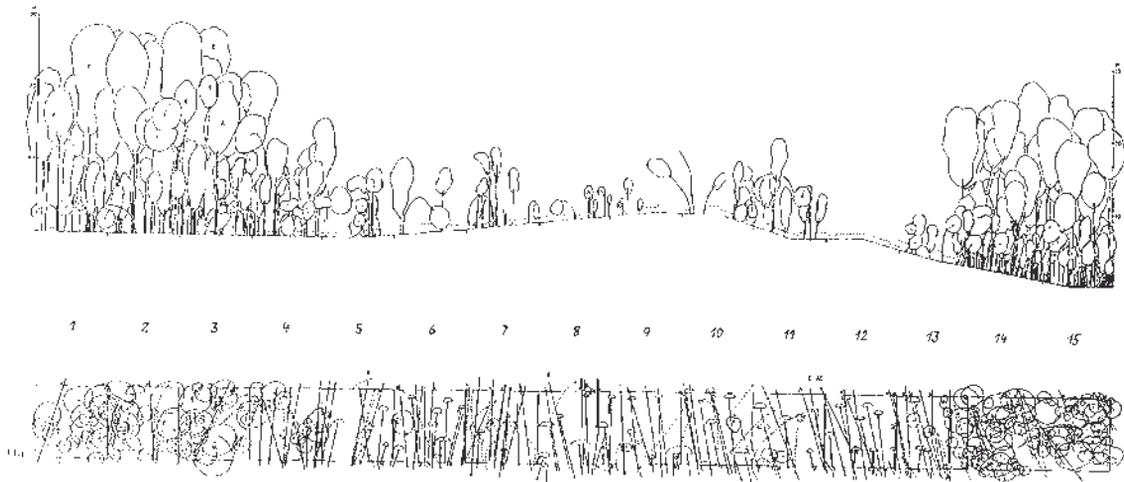


Abbildung 2: Strukturdiagramm von Transekt 1: Übergang vom Wald (= Referenz, Quadrat 1-3) zur Lawinenbahn (Quadrate 4-13) wieder in den angrenzenden Wald (Quadrate 14-15). Als Baumindividuen eingezeichnet sind solche mit mindestens 14 cm Durchmesser (gemessen am dicksten Stammabschnitt im jeweiligen Quadrat). Gestrichelt dargestellt ist die Obergrenze der an den Boden gedrängten Stamm- und Astschicht (aus Diplomarbeit Mayr).

Im Februar 1999, also kurz vor der bereits geplanten zweiten Wiederholungserhebung, ereignete sich erneut ein Lawinenabgang, der in Verbindung mit einer entstehenden starken Druckwelle gut 5 ha des benachbarten, etwa 200 Jahre alten Bergmischwaldes (Referenzflächen) zerstörte. Auf der alten Lawinenbahn endete die neue Lawine abrupt und unmittelbar vor Transekt 1. Eine Druckwelle übersprang die Transektflächen und zerstörte einen weiter entfernten Teilbestand. Als Ergebnis ist Transekt 1 (mit Ausnahme einer einzigen Referenzfläche) unbeeinflusst vom neuerlichen Lawineabgang erhalten geblieben.

Die multivariaten Analysen wurden mit den Softwarepaketen MULVA (WILDI & ORLOCI 1995), R (R Development Core Team, 2008) sowie eigener Software (BEMMERLEIN & FISCHER; H. 1985) durchgeführt. Die Deckungswerte wurden vor den Analysen einer Histogramm-Transformation unterzogen, die sowohl die extreme Schiefe der Verteilung der Deckungswerte als auch bearbeiterabhängige Schätzgenheiten kompensiert.

Die Klassifikation orientiert sich an der von WILDI (1989) vorgeschlagenen Standardprozedur: Für die Klassifikation der Aufnahmen wurde der JACCARD-Index (= „VAN DER MAAREL-Koeffizient“ im MULVA-Paket), für die Klassifikation der Arten der OCHIAI-Index als Ähnlichkeitsmaß benutzt. Der OCHIAI-Index stellt die Nischenüberlappung der Arten dar. Für Arten und Aufnahmen wurde die Klassifikationsmethode nach WARD (1963) benutzt. Die Reihenfolge der Gruppen wurde anschließend mit einer Konzentrationsanalyse (FEOLI & ORLOCI 1979) optimiert. Mit einer Varianzanalyse analog zu „JANCEY's F-rank“ im MULVA-Paket wurden die signifikant differenzierenden Arten von den indifferenten Begleitern getrennt. Im Gegensatz zu der Prozedur im MULVA-



Abbildung 3: Die zu Boden gebeugte und dort verbleibende, lebende Baumschicht, vornehmlich Buche (Foto: Fischer, Herbst 1989)

Paket (JANCEY 1979) wurde jedoch ein Verfahren mit einem verteilungsfreien Monte-Carlo-Signifikanztest eingesetzt.

Da die Länge des Gradienten mit 1,68 unter 2 liegt, wurde für die Ordination die Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis, PCA) eingesetzt. Dabei wurde in zwei parallelen Berechnungen zum einen nur die Anwesenheit der Arten berücksichtigt, zum anderen ihr jeweiliger histogrammtransformierter Deckungsgrad mit einbezogen.

Ergebnisse

In erheblichen Teilen der Lawinenbahn wurden die damals etwa 50-jährigen Bäume (vornehmlich *Fagus sylvatica*) weder ausgerissen noch ausgehebelt oder abgebrochen sondern gebeugt. Die Bäume wurden an den Boden gepresst; die dabei entstehende Stamm- und Astschicht war auf etwa 2 bis maximal 4 m Dicke zusammengedrückt (Abb. 2, Abb. 3). Obwohl die Kronen der Bäume zu Boden gedrückt waren und in dieser Position auch verblieben, lebten



Abbildung 4: Einige zu Boden gedrückte Stämme bewurzeln sich sekundär (Foto: Unger-Esser, Sommer 1994)

sie weiter. Die Wurzelteller wurden nur kleinflächig und stückweise angehoben, Wurzel- und Sprosssystem blieben aber im Wesentlichen miteinander in Verbindung. Auf der nun nach oben schauenden Stammseite wuchsen Äste zu neuen Stämmen heran. Einige zu Boden gedrückte Stämme bewurzeln sich sogar sekundär (Abb. 4).

Daraus leiten sich zwei wesentliche kleinstandörtliche beziehungsweise populationsbiologische Konsequenzen für die folgende Bestandesentwicklung ab: (1) bleibt das Mikroklima aus Sicht der Bodenvegetation unverändert: es bleibt meist dunkel, und die Luftfeuchtigkeit bleibt hoch. (2) treten kaum Bodenstörungen auf (zum Beispiel ausgehebelte Wurzelteller, aufgerissener Boden), das heißt, obwohl sich die Bestandesstruktur stark veränderte, hat sich aus Sicht der Bodenvegetation am „Waldzustand“ grundsätzlich nichts geändert.

Die PCA auf der Basis presence/absence zeigt keinerlei interne Struktur. Die „broken stick“-Statistik (JACKSON 1993) vergleicht die Größe der beobachteten Eigenwerte mit den bei Zufallszahlen zu erwartenden Größen. Wenn in dem Datensatz interpretierbare Struktur enthalten ist, sind die ersten beobachteten Eigenwerte deutlich größer als die Erwartungswerte. In unserem Fall verläuft die Kurve der beobachteten Werte jedoch weitgehend entlang der Erwartungswerte. Dies belegt, dass der Lawinenabgang keinen wesentlichen Einfluss auf die *Artenzusammensetzung* hatte, sondern allenfalls die Mengenverteilung der Arten beeinflusste. (Abb. 5).

Erst unter Einbeziehung der Deckungsgrade ergibt sich eine deutliche Struktur (Abb. 6): (1) Die von der Lawine 1989 nicht beeinflussten Waldbestände sind von den lawinenbetroffenen Beständen getrennt (negativ differenzierend zum Beispiel *Rubus idaeus* und *Sambucus racemosa*, aber auch *Asarum europaeum* und *Acer pseudoplatanus* (heranwachsend)). (2) Die Lawinenflächen von Transekt 1 stimmen bezüglich Achse 1 mit den Referenzwäldern überein; bezüglich Achse 2 sind sie zum Beispiel durch *Fagus*

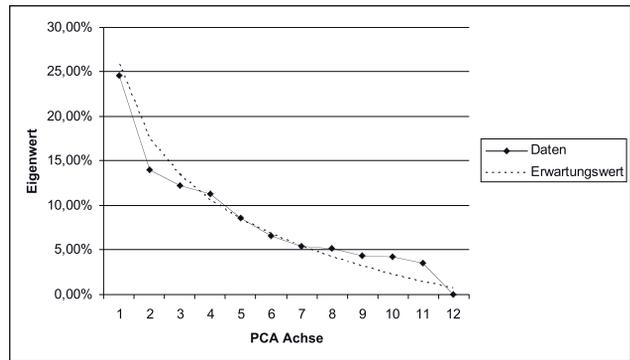


Abbildung 5: Broken stick-Statistik der PCA presence/absence im Vergleich mit Zufallsverteilung

sylvatica (Verjüngung), *Gymnocarpium dryopteris* und *Anemone nemorosa* differenziert. (3) Die beiden oberen lawinenbetroffenen Transektabschnitte sind deutlich abgesetzt, stehen ihrerseits aber nahe beieinander; differenzierende Arten sind zum Beispiel *Corylus avellana* und *Atropa belladonna*. (4) Die drei Erhebungszeitpunkte stehen für alle Lawinenbahn-

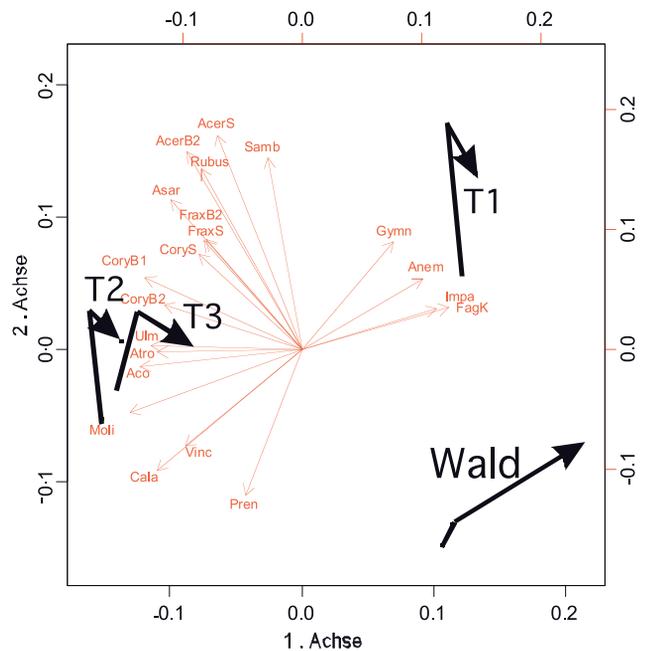


Abbildung 6: PCA mit Berücksichtigung der Deckungsgrade der Arten. Die dicken Pfeile zeigen die Position der Lawinenbahnbestände von Transekt 1 bis 3 (T1 bis T3) und der Referenz-Waldbestände (alle zusammen gefasst) im Zeitraum 1989/94/99 (in Pfeilrichtung) an. Die dünnen Pfeile weisen auf die Position der differenzierenden Arten.

Legende zu den Artkürzeln: AcerS: *Acer pseudoplatanus* (Str.); AcerB2: *Acer pseudoplatanus* (B2); Acon: *Aconitum vulparia*; Anem: *Anemone nemorosa*; Asar: *Asarum europaeum*; Atro: *Atropa belladonna*; Cala: *Calamagrostis varia*; CoryB1: *Corylus avellana* (B1); CoryB2: *Corylus avellana* (B2); CoryS: *Corylus avellana* (Str.); FagK: *Fagus sylvatica* (KS); FraxB2: *Fraxinus excelsior* (B2); FraxS: *Fraxinus excelsior* (Str.); Gymn: *Gymnocarpium dryopteris*; Impa: *Impatiens noli-tangere*; Moli: *Molinia arundinacea*; Pren: *Prenanthes purpurea*; Rubu: *Rubus idaeus*; Samb: *Sambucus racemosa*; Ulm: *Ulmus glabra* (B1); Vinc: *Vincetoxicum hirundinaria*

bereiche und auch für die Referenzwälder (mit Ausnahme der letzten Waldaufnahme, siehe dazu unten) relativ nahe beieinander, das heißt die Artenzusammensetzung hat sich qualitativ und quantitativ nicht stark geändert. Wichtig bei allen differenzierenden Arten ist: Die Unterschiede beziehen sich im Wesentlichen auf Mengen- beziehungsweise Frequenzunterschiede, nicht aber auf Fehlen/Vorhandensein von Arten.

Die jeweils 5 Referenzbestände der Transekte 2 und 3 mit einem Alter von etwa 200 Jahren wurden im Winter 1999, also ½ Jahr vor der dritten Erhebung, von einer besonders starken Lawine betroffen. Selbst diese starken Bäume wurden von der Lawine abgebrochen oder mitsamt Wurzelteller aus der Erde gerissen, das Holz über große Distanzen über den Boden transportiert. Tabelle 1 zeigt alle differenzierenden Arten.

Die Referenzbestände der Transekte 2 und 3 unterscheiden sich floristisch ein wenig (zum Beispiel *Galium album* schwerpunktmäßig in Transekt 2, *Carex flacca* in Transekt 3), doch stimmen die Bestandeszustände 1989 und 1994 weitgehend überein. Dagegen unterscheiden sich die Bestandeszustände 1999, also nach Zerstörung durch den Lawinenabgang, nicht nur durch den Verlust von *Fagus sylvatica* in der Baumschicht (*Fagus* taucht statt dessen in der niedergedrückten Baumschicht auf) sondern auch durch Verlust/Reduktion einiger typischer Bergmischwaldarten wie *Veronica urticifolia* und *Melica nutans*. Dagegen nimmt *Solanum dulcamara* und Verjüngung von *Acer pseudoplatanus* zu.

Diskussion

Störungen in Waldbeständen führen häufig zu – wenn auch zeitlich begrenzten – deutlichen floristischen Änderungen, besonders dann, wenn sie so stark sind, dass die Bestandesstruktur massiv verändert wird. Dies gilt zum Beispiel nach Holzernte (eine ganze Vegetationsklasse – die „Schlagflurgesellschaften“ – trägt ihren Namen deswegen), aber auch auf geräumten Sturmwurfflächen (zum Beispiel HETZEL & REIF, 1998, WOHLGEMUTH et al. 2002, FISCHER, A. & FISCHER; H. in Druck), und natürlich nach Feuer (in borealen Nadelwäldern zum Beispiel JOHNSON et al. 1998). Solange der Boden und damit die im Boden deponierte soil seed bank von der Störung nicht tangiert ist und keine besonderen Mikosites zur Etablierung neuer Arten angeboten werden, kann die floristische Änderung allerdings gering sein, wie sich zum Beispiel in den Hochlagen-Fichtenwäldern

Tabelle 1: Klassifikation der jeweils 5 Referenzbestände von den Transekten 2 und 3 in den Jahren 1989, 1994 und 1999. **B1:** Bäume größer 4 m, aufrecht stehend. **B2:** zu Boden gebeugte, ehemals grad-schäftige Bäume, jetzt niedriger als 4 m

Transekt Nr.:	3333333333 22 22222222 2222 33333				
Teilfläche:	5544331122 11 552244335 4321 21435				
Jahr:	9889989898 98 989898989 9999 99999				
Aufnahme-Gruppe:	3333333333 44 555555555 2222 11111				
173 <i>Tussilago farfara</i>	9		++ + ++		
186 <i>Plagiochila asplenoides</i>	1	+++++++	+ ++ +		
127 <i>Maianthemum bifolium</i>	1	+++++++	+ ++ +	+	
37 <i>Veronica urticifolia</i>	1	+++++++	+++++++	+++++++	+++++++
1 <i>Fagus sylvatica</i> B1	1	5544435455	54 55555555+	+	1++
54 <i>Melica nutans</i>	1	+++++++	++ +	+++++++	+++++++
211 <i>Fissidens taxifolius</i>	1	+++ ++	+++	+++ ++	+++
237 <i>Rhizomnium punctatum</i>	1	+++++++	++ +	+	+
187 <i>Plagiomnium undulatum</i>	1	+	++++	+++	+
297 <i>Pteridium aquilinum</i>	10		+ +	++++	+
255 <i>Acer pseudoplatanus</i>	10		++	+++++++	++++
31 <i>Carex flacca</i>	10	+++		+++++++	1 ++ +
41 <i>Prenanthes purpurea</i>	8	+++++	1I+ +	+ 1+++	1I +++
60 <i>Phyteuma spicatum</i>	8	+++++++		++	++++
46 <i>Viola reichenbachiana</i>	8	++	++++		++++
32 <i>Helleborus niger</i>	8	1I1I+	1111	++	1I1111I1
352 <i>Acer pseudoplatanus</i>	8	+++++++			++++
104 <i>Galium album</i>	8	++	++++		+
353 <i>Euphorbia amygdaloides</i>	8	++	++	++	++
214 <i>Hypnum cupressiforme</i>	8	+++	++++		++
108 <i>Solanum dulcamara</i>	3	+			+
8 <i>Fagus sylvatica</i> B2	3	I +		11	b+aa aIb33
157 <i>Circaea lutetiana</i>	16				+++
10 <i>Acer pseudoplatanus</i> B2	4	+			+
92 <i>Cystopteris fragilis</i>	4				++
357 <i>Betonica alopecuroides</i>	4		+		++++
34 <i>Knautia dipsacifolia</i>	4				++++

Indifferente Arten und Begleiter sind nicht dargestellt.

Deckungsgrade nach PFADENHAUER et al. (1986): +: <1%, 1(=1a) 1-3%, 1(=1b) 3-5%, a(=2a) 5-12,5%, b(=2b) 12,5-25%, 3: 25-50%, 4: 50-75%, 5: 75-100%

(*Calamagrostis villosae*-Piceetum) des Bayerischen Waldes nach flächigem stehenden Absterben des Baumbestandes zeigte (BAUER 2002). Der durch Schneelawinendruck „gebeugte“ Wald bei St. Bartholomä ist ein weiteres Beispiel, das auf diesen Zusammenhang verweist: Obwohl die Bestandesstruktur durch den Lawinenabgang sehr stark verändert wurde, bleibt die Artenkombination in den Grundzügen unverändert. Nach wie vor herrschen am Waldboden Wald-Mikroklimabedingungen. Und es gibt nur sehr kleinflächig mechanische Bodenstörungen (angehobene Wurzelteller). Individuen von Offenlandarten, sollten sie in der soil seed bank vertreten sein und nach Störung auskeimen, haben aber unter dem dichten beziehungsweise sogar noch verdichteten Laubdach kaum Überlebenschancen. Schlagflurarten breiten sich gerade nach anthropogenen Störungen (zum Beispiel Holzernte) im Wald oft flächig aus. Auf der Lawinenbahn kommen *Fragaria vesca*, *Rubus idaeus*, *Senecio fuchsii*, *Sambucus racemosa*, *Rubus fruticosus* agg. und *Hypericum hirsutum* vor, doch gibt es Vorkommen dieser Arten ebenso in den umgebenden Referenzwäldern (wenn auch mit geringerer Stetigkeit und Deckung).

Lediglich *Epilobium angustifolium* und *Atropa belladonna* traten ausschließlich auf der Lawinenbahn auf, aber nur in wenigen Quadraten und mit geringer Menge (deshalb in Abb. 6 nicht enthalten); bis zur zweiten Wiederholungserhebung waren die Letzgenannten wieder völlig verschwunden und die übrigen Schlagflurarten auf das Niveau der Referenzwälder zurückgegangen.

Die floristischen Unterschiede zwischen den Lawinenbahnbeständen und den angrenzenden Waldbeständen bleiben sogar deutlich geringer als die Unterschiede zwischen den beiden angrenzenden Beständen des Karbonat-Bergmischwaldes in Transekt 1. Insgesamt ergeben sich zwar Unterschiede in der Schichtzugehörigkeit (Individuen, die bisher in der oberen Baumschicht standen gehören nun zur an den Boden gedrückten Baumschicht) und es gibt Zu-/Abnahmen der Deckungsgrade und der Frequenz von Arten, aber das Artenspektrum insgesamt hat sich nach Lawinenabgang sowohl im Lonicero-Fagetum als auch in der *Corylus-Amelanchier*-Gesellschaft nicht geändert.

Im erfassten zehnjährigen Zeitraum treten Änderungen ein (vergleiche dicke Pfeile in Abb. 6), die im Wesentlichen mit der Regeneration der Baumschicht in Verbindung stehen: die dicht an den Boden gedrückten Stämme und Äste leben weiter und bilden nahe dem Boden ein besonders dichtes Laubdach. Entscheidender Faktor ist also das geänderte – in Bodennähe reduzierte – Lichtangebot. Dies hat eine Änderung der Bodenvegetation zur Folge. Einzelne Arten profitieren von der neuen Situation und breiten sich aus (*Daphne mezereum*), andere treten zurück (*Carex flacca*).

War vom Lawinenabgang 1986 ein ca. 50-jähriger Waldbestand betroffen, so traf der Lawinenabgang vom Februar 1999 einen Waldbestand, der in den zurückliegenden mindestens zwei Jahrhunderten von solchen Störungen nicht berührt worden war. Die Vegetationsänderung geht sowohl aus Tabelle 1 als auch aus Abb. 6 hervor, in welcher der Unterschied der Waldbestände 1994-99 bezogen auf die erste Achse der mit Abstand deutlichste ist.

Insgesamt hat die Waldvegetation an der Ostseite des Watzmanns am Königssee durch die beiden unterschiedlich wirksamen natürlichen Störungen an struktureller Vielfalt gewonnen. Unmittelbar benachbart zueinander sind die Auswirkungen der auf unterschiedlich alte Waldbestände getroffenen Lawinenabgänge sichtbar. Dabei stellt die Kombination von starker Änderung der Baumschichtstruktur mit geringer Änderung der floristischen Struktur einen Ausnahmefall dar.

Nationalparke ermöglichen die Analyse von natürlichen Prozessen, die in der heute fast überall stark genutzten und unmittelbar anthropogen beeinflussten Kulturlandschaft nicht mehr ablaufen können.

Sie schaffen damit die Basis für ein tieferes Verstehen natürlicher Prozesse und Abläufe. Im Nationalpark bietet sich die Gelegenheit, die Besucher auf die große Bedeutung von „Störungen“ für die Entwicklung von Waldstruktur und biologischer Vielfalt hinzuweisen.

Danksagung

Wir danken den Diplomanden Astrid Hanak, Christiane Mayr, Holle Unger-Esser und Jan-Hendrik Oldag für die engagierte und im schwer begeharen Gelände durchaus mutige Datenerhebung im Rahmen ihrer Diplomarbeiten und dem Nationalpark Berchtesgaden für sehr enge und stets fruchtbare Zusammenarbeit.

Literatur

- BAUER, M. (2002): Walddynamik nach Borkenkäferbefall in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. – Diss. TU München, 144 S. + Anhang. <http://tumb1.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/ww/2002/bauer.pdf>.
- BEMMERLEIN, F.A. & FISCHER, H.S. (1985): Das pflanzensoziologische Programmsystem am Regionalen Rechenzentrum Erlangen. Hoppea, Denkschrift der Regensburger Botanischen Gesellschaft 44: 373-378.
- FEOLI, E. & ORLOCI, L. (1979): Analysis of concentration and detection of underlying factors in structured tables. *Vegetatio* 40: 49-54.
- FISCHER, A. (2003): Forstliche Vegetationskunde. 3. Aufl., UTB 8268, Ulmer Verlag, 421 S.
- FISCHER, A., ABS, G. & LENZ, F. (1990): Natürliche Entwicklung von Waldbeständen nach Windwurf. Ansätze einer „Urwaldforschung“ in der Bundesrepublik. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 109: 306-326, Hamburg, Berlin.
- FISCHER, A. & FISCHER, H.S. (in Druck): 25 Jahre Vegetationsentwicklung nach Sturmwurf. Eine Dauerbeobachtungsstudie im Bayerischen Wald. *Forstarchiv*
- HETZEL, G. & REIF, A. (1998): Vegetationsdifferenzierung und Baumartenverjüngung von Sturmwurfflächen auf Kalkverwitterungslehmen der Schwäbischen Alp. In: FISCHER, A. (Hrsg.) Die Entwicklung von Wald-Biozönosen nach Sturmwurf. *ecomed, Landsberg*. 169-187.
- JACKSON, D.A. (1993): Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* 74: 2204-2214.
- JANCEY, R. (1979): Species ordering on a variance criterion. *Vegetatio* 39: 59-63.
- JOHNSON, E.A., MIYANISHI, K. & WEIR, J.M.H. (1998): Wildfires in the western Canadian boreal forests: Landscape patterns and ecosystem management. – *Journal of Vegetation Science* 9: 603-610.
- PFADENHAUER, J. (1997): Vegetationsökologie. Ein Skriptum. 2. Aufl., 448 S., IHW-Verlag, Eching.

PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerflächen für Bayern. Teil I: Methodik der Anlage und Aufnahme. – Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 10: 41-60, Laufen/Salzach.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>

WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLLING, CHR. & TÜRK, W. (2006): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. 2. Auflage, 441 S., Geobotanica-Verlag.

WOHLGEMUTH, T., KULL, P. & WÜTHRICH, H.J. (2002): Disturbance of microsites and early tree regeneration after windthrow in Swiss mountain forests due to the winter storm Vivian 1990. – Forest Snow and landscape research 77 "Vivian's legacy in Switzerland – impact of windthrow on forest dynamics": 17-47,

WARD, J.H. (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58: 236-244.

WILDI, O. (1989): A new numerical solution to traditional phytosociological tabular classification. Vegetatio 81: 95-106.

WILDI, O. & ORLOCI, L. (1995): Numerical exploration of community patterns. The Hague, SPB Academic Publishing.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Anton Fischer, Dr. Hagen S. Fischer,
Ulrike Lehnert (ehemals) Geobotanik
Department für Ökologie und Ökosystemmanagement
Wissenschaftszentrum Weihenstephan der Technischen
Universität München
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2
D 85354 Freising
a.fischer@wzw.tum.de

Laufener Spezialbeiträge 2/09

Vegetationsmanagement und Renaturierung –
Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer

ISSN 1863-6446 – ISBN 978-3-931175-87-0

Verkaufspreis 10,- €

Die Themenheftreihe „Laufener Spezialbeiträge“ (abgekürzt: LSB) ging im Jahr 2006 aus der Fusion der drei Schriftenreihen „Beihefte zu den Berichten der ANL“, „Laufener Forschungsberichte“ und „Laufener Seminarbeiträge“ hervor und bedient die entsprechenden drei Funktionen.

Daneben besteht die Zeitschrift „ANLIEGEN NATUR“ (vormals „Berichte der ANL“).

Herausgeber und Verlag:

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege (ANL)

Seethalerstr. 6

83406 Laufen a.d.Salzach

Telefon: 08682/8963-0

Telefax: 08682 8963-17 (Verwaltung)

08682 8963-16 (Fachbereiche)

E-Mail: poststelle@anl.bayern.de

Internet: <http://www.anl.bayern.de>

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit zugeordnete Einrichtung.

Schriftleitung:

Ursula Schuster, ANL

Telefon: 08682 8963-53

Telefax: 08682 8963-16

Ursula.Schuster@anl.bayern.de

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Autoren verantwortlich. Die mit dem Verfassernamen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Schriftleiterin wieder.

Schriftleitung und Redaktion für das vorliegende Heft:

Ursula Schuster und Dr. Harald Albrecht,

Lehrstuhl für Vegetationsökologie,

Technische Universität München.

Wissenschaftlicher Beirat:

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Ulrich Ammer, PD Bernhard Gill,

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Wolfgang Haber, Prof. Dr. Klaus Hackländer,

Prof. Dr. Ulrich Hampicke, Prof. Dr. Dr. h. c. Alois Heißenhuber,

Prof. Dr. Kurt Jax, Prof. Dr. Werner Konold, Prof. Dr. Ingo Kowarik,

Prof. Dr. Stefan Körner, Prof. Dr. Hans-Walter Louis,

Dr. Jörg Müller, Prof. Dr. Konrad Ott, Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer,

Prof. Dr. Ulrike Pröbstl, Prof. Dr. Werner Rieß,

Prof. Dr. Michael Suda, Prof. Dr. Ludwig Trepl.

Herstellung:

Satz: Hans Bleicher, Grafik · Layout · Bildbearbeitung,
83410 Laufen

Druck und Bindung:

Korona Offset-Druck GmbH & Co.KG, 83395 Freilassing

Erscheinungsweise:

unregelmäßig (ca. 2 Hefte pro Jahr).

Urheber- und Verlagsrecht:

Das Heft und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge, Abbildungen und weiteren Bestandteile sind urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der ANL und der AutorInnen unzulässig.

Bezugsbedingungen/Preise:

Jedes Heft trägt eine eigene ISBN und ist zum jeweiligen Preis einzeln bei der ANL erhältlich: bestellung@anl.bayern.de oder über den Internetshop www.bestellen.bayern.de.

Auskünfte über Bestellung, Versand und Abonnement:

Annemarie Maier,
Tel. 08682 8963-31

Über Preise und Bezugsbedingungen im einzelnen:
siehe Publikationsliste am Ende des Heftes.

Zusendungen und Mitteilungen:

Manuskripte, Rezensionsexemplare, Pressemitteilungen, Veranstaltungsankündigungen und -berichte sowie Informationsmaterial bitte nur an die Schriftleiterin senden.

Für unverlangt Eingereichtes wird keine Haftung übernommen und es besteht kein Anspruch auf Rücksendung.

Wertsendungen (Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleiterin schicken.