

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Forstverein
<b>Band:</b>	146 (1995)
<b>Heft:</b>	11
<b>Artikel:</b>	Vegetations- und Bodendynamik auf rezenten Windwurfflächen in den Schweizer Nordalpen
<b>Autor:</b>	Wohlgemuth, Thomas / Kuhn, Nino / Lüscher, Peter
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-767003">https://doi.org/10.5169/seals-767003</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.01.2026

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

# **Vegetations- und Bodendynamik auf rezenten Windwurfflächen in den Schweizer Nordalpen**

Von Thomas Wohlgemuth, Nino Kuhn, Peter Lüscher, Peter Kull und Hansjürg Wüthrich

**Keywords:** Northern Alps, organic horizons, properties of soils, restitution, succession, vegetation dynamics, windthrow.

FDK 114: 182: 231: 421.1: (23)

## **1. Einleitung**

Die Standortsentwicklung auf Windwurfflächen ist einer ausgeprägten, räumlich aber stark unterschiedlich verlaufenden Dynamik unterworfen. Zu vielgestaltig ist die Palette der Standortsbedingungen, als dass alle auf den Standort wirkenden Faktoren auch nur annähernd erfasst und zusammenhängend analysiert werden könnten. Man stelle sich das kurz nach dem Orkan «Vivian» (26. bis 28. Februar 1990) auf Windwurfflächen herrschende Durcheinander nochmals vor. Auf welche Weise kann ein Überblick über die Standorts- und Strukturverhältnisse gewonnen werden, und wie können die Veränderungen dieser Verhältnisse kurz- bis langfristig registriert werden? Es war vordringlich, die vielen Eindrücke zu gliedern und auf praktisch relevante Fragestellungen zu reduzieren.

Der Inhalt dieses Berichtes stützt sich auf die Ergebnisse aus zwei getrennt durchgeführten Forschungsprojekten, welche beide die Entwicklung der boden- und vegetationskundlichen Zustände (als Ausdruck des Standorts) seit dem Windwurfereignis erfassen sollen. Die unterschiedlichen Teilziele drücken sich in unterschiedlicher Methodik und Bezeichnung der Dauerbeobachtung aus. In der Folge wird zwischen *Versuchsflächen* (Projekt Wohlgemuth und Lüscher) mit den Behandlungsvarianten «belassen», «geräumt» und «bepflanzt» und *Beobachtungsflächen* (Projekt Kuhn) unterschieden (vgl. Abbildung 2). Die in beiden Projekten ebenfalls untersuchten Auswirkungen auf die natürliche Waldverjüngung werden in Lässig *et al.* (1995) ausführlich behandelt.

## **2. Methoden**

Die Annäherung an die dem Thema angepasste Dauerbeobachtung erfolgte in einem mehrstufigen Vorgehen (vgl. *Abbildung 1*), wobei je nach Projekt und Windwurffläche unterschiedliche Prioritäten für die Auswahl und Bearbeitung der Stufen gesetzt wurden.

### *1. Stufe: Kartierung der Waldstandorte:*

Die nicht beschädigten Waldbestände, welche die Windwurfflächen umgeben, wurden standortkundlich kartiert (Durchführung in den Versuchsflächen Schwanden und Pfäfers).

### *2. Stufe: Kartierung von Standorts- und Strukturtypen:*

Auf allen *Versuchsflächen* wurden Standortstypen, physiognomisch und standörtlich erkennbare Einheiten, definiert und flächendeckend kartiert. Im Interesse einer raschen Kartierung des Anfangszustandes wurde bewusst auf eine sehr feine Einteilung verzichtet. Die Zahl der unterschiedenen Standortstypen variiert je zwischen sechs und acht.

Zur bodenkundlichen Charakterisierung der ausgeschiedenen Standortstypen wurden pro Typ zwei bis fünf Bodenprofile als Leitprofile angesprochen und beprobt (Messungen: pH, C/N, Körnung, Dichte).

Auf den *Beobachtungsflächen* wurden Elemente verschiedener Ebenen getrennt kartiert, woraus ausserordentlich fein gegliederte Kartierungseinheiten und Karten entstanden sind. Bei den Raumstrukturen (Überlagerungen) sind gesamthaft 19, bei den floristischen Gruppen 21, bei der Gründigkeit 5 und bei den Humusformen 9 Grundeinheiten unterschieden worden. In den einzelnen Karten erscheinen bis zu 13 Grundeinheiten und bis zu 55 definierte Mischeinheiten.

Die Beobachtungsflächen Bödmeren, Bottchen, Derborence, Gratwald, Schweiben und Trift (vgl. *Abbildung 2*) wurden digital erfasst (GIS). Die Flächenanteile der Standortstypen auf den Versuchsflächen mit den verschiedenen Varianten wurden planimetrisch bestimmt.

### *3. Stufe: Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen:*

Auf den *Versuchsflächen* wurden pro Standorttyp und Variante zwischen 4 und 12 Dauerquadrate von je 1 m<sup>2</sup> Fläche gutachtlich, mit Gewicht auf Repräsentativität des jeweiligen Standortstyps, bestimmt und fest installiert. Die Anzahl Dauerquadrate beträgt in Schwanden 83, in Pfäfers 53, in Disentis 60 und in Zweisimmen 46. In diesen Flächen wurden die Vegetation (prozentuale Deckung der Arten, Gesamtdeckung, Schichthöhen), die Verjüngung (Baumart, Position, Alter, Höhe) und weitere, die Struktur und die Bodenoberfläche betreffende Parameter erfasst. Die Datenerhebung begann in Schwanden und Pfäfers 1991, in Disentis und Zweisimmen 1992.

Bei ausgewählten Dauerquadraten wurden sogenannte Dauerprofile angelegt. An ihnen wird die Horizontenfolge (mit Schwergewicht auf Oberboden- und Streuhorizonte) und die Humusform untersucht. In Schwanden wurden 28, in Pfäfers 25, in Disentis 31 und in Zweisimmen 35 Dauerprofile fixiert. Neue Erhebungen sind nach fünf Jahren geplant. Bei Dauerprofilen mit fehlendem oder geringem Skelettgehalt wurden horizontspezifisch vergleichende Wassergehaltsbestimmungen durchgeführt (in Schwanden, Pfäfers und Disentis).

Auf den *Beobachtungsflächen* fand als erste Massnahme die Bestimmung der auf der Fläche vorkommenden Raumstrukturen statt. Diese wurden mit einer Aufnahmemethodik erfasst, welche eine Kreisfläche von 100 m<sup>2</sup> als Basis aufweist. Hiermit soll der Raum als Ganzes charakterisiert und bezüglich der Pflanzenartenzusammensetzung der Vergleich mit Ergebnissen der Braun-Blanquet-Schule ermöglicht werden. Um der Variation der Strukturelemente im Einzelnen wie im Allgemeinen gerecht zu werden, wurde innerhalb des Kreises eine Stichprobe mit 25 Probeflächen von 0,25 m<sup>2</sup> Fläche angelegt. Je Windwurffläche wurden eine bis drei solcher Aufnahmeflächen im Gelände permanent verpflockt. Auf 16 Windwurfflächen wurden insgesamt 35 Beobachtungsflächen mit 875 Stichprobenflächen aufgenommen. In 24 Beobachtungsflächen wurden seit 1991 oder 1992 Erhebungen durchgeführt, in den

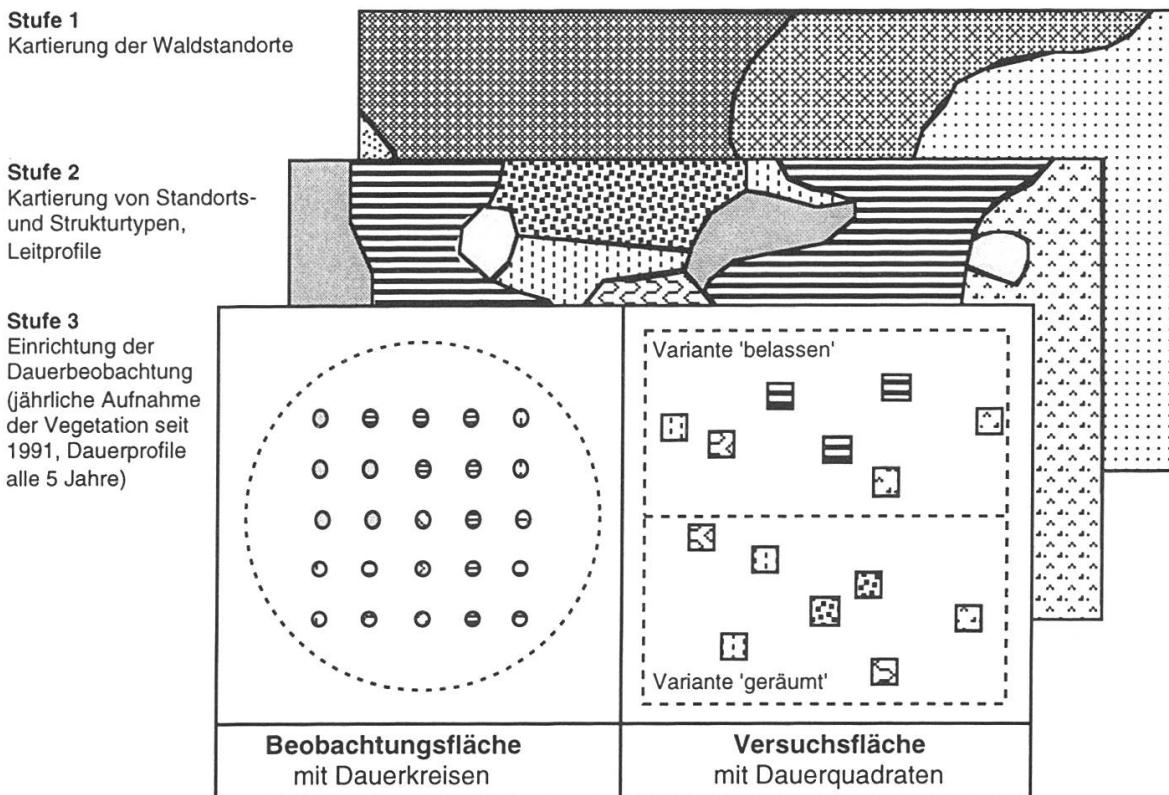


Abbildung 1. Schema der durchgeführten Vegetations- und Bodenuntersuchungen auf Windwurfflächen. Die Annäherung an die dem Thema angepasste Dauerbeobachtung erfolgte in mehreren Stufen. Es wurden projektspezifisch verschiedene Methoden für die Einrichtung der Dauerbeobachtung entwickelt.

restlichen 11 Beobachtungsflächen haben die Erhebungen 1993 oder 1994 begonnen. Die Beobachtungsvariablen umfassen die Deckungsansprache nach *Londo* (1975) und nach Domin-Krajina (*Mueller-Dombois* und *Ellenberg*, 1974) aller Pflanzenarten (inklusive Holzgewächse in allen Verjüngungsphasen), Angaben zur Bodenoberfläche (Fels, Steine, Streuauflage, Feinerde usw.) und zu den darüberliegenden oder gestapelten Stammhölzern mit Ästen und Reisig.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Standorte der Windwurfflächen

Wie zu erwarten war, besitzt jede Windwurffläche ihre Individualität in standörtlicher, in floristischer und in struktureller Hinsicht. Als Ergebnis der floristischen Analyse liefert die Zuordnung zu Waldgesellschaften entsprechend dem Bestimmungsschlüssel von *Keller* (1979) einen ersten differenzierteren Überblick über die Vegetation (Tabelle 1). Als weitere Orientierung über die Verteilung der untersuchten Windwurfflächen dient die Übersichtskarte

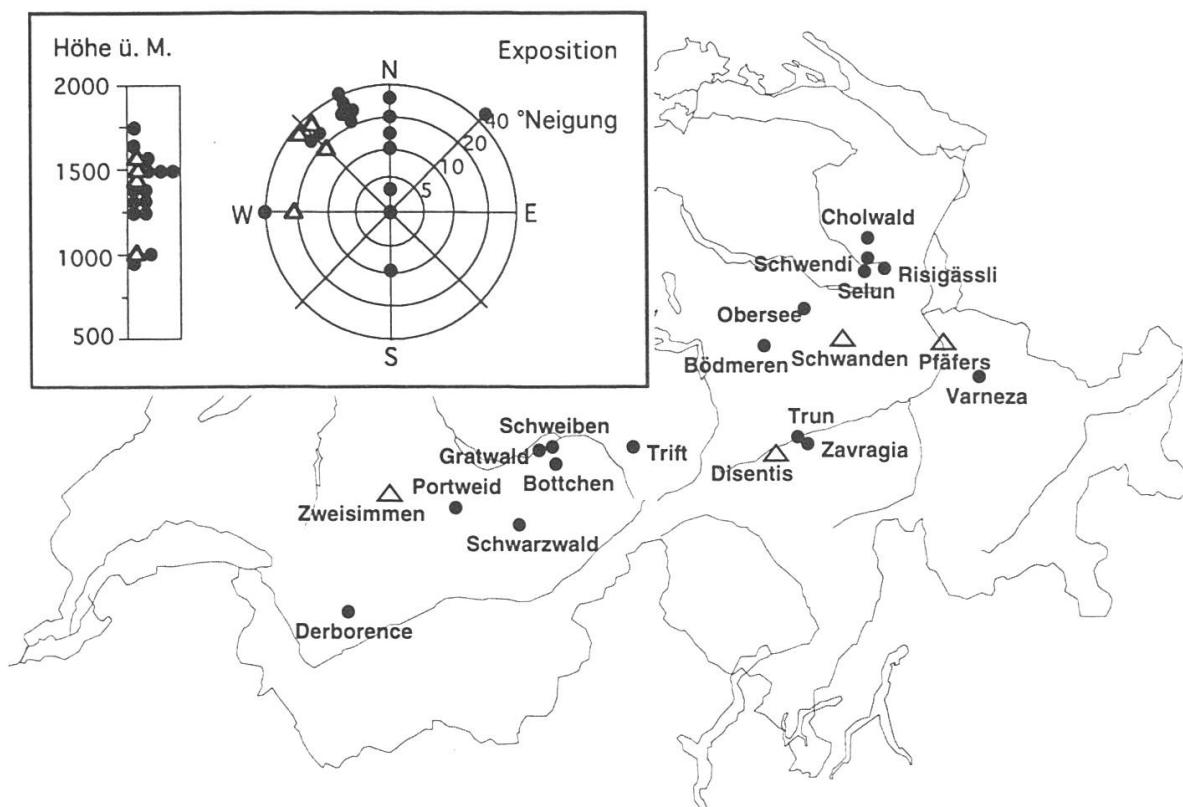


Abbildung 2. Geographische Lage, Höhe, Neigung und Exposition der untersuchten Windwurfflächen:

Beobachtungsflächen: ●; Versuchsflächen: Δ.

(Abbildung 2) mit ergänzenden Angaben über Höhe ü. M., Exposition und Neigung.

Geographische und vegetationskundliche Angaben können zur Beantwortung der Frage nach der Repräsentativität der Forschungsflächen für die Gesamtheit der Sturmflächen von 1990 dienen. Als Ergebnis kann hier mitgeteilt werden, dass die getroffene – bzw. zustandegekommene – Auswahl den entsprechenden Anforderungen durchaus genügt. Aus Platzgründen muss der Nachweis einer separaten Publikation (Kuhn in Vorbereitung) vorbehalten bleiben.

*Tabelle 1.* Zuordnung der untersuchten Windwurfflächen zu pflanzensoziologischen Verbänden [Nomenklatur nach Keller (1979)]. In Klammern ist die mittlere Höhe über Meer angegeben.

Vegetationsverband	Windwurffläche mit Angabe der Höhe ü.M.
Säureliebende (Wald)-Föhrenwälder:	Trift (1350m)
Heidelbeer-Fichtenwälder:	Disentis (1500m); Schwarzwald (1750m); Zavragia (1650m); Varneza (1450m)
Schneeheide-Föhrenwälder:	Schwendi (1500m)
Drüsengriffel-Hochstaudenfluren:	Risigässli (1400m); Derborence (1500m)
Fichten-Tannenwälder:	Zweisimmen (1550m); Bödmeren (1550m); Selun (1400m)
Tannen-Buchenwälder:	Pfäfers (1500m)
Anspruchsvolle Buchenwälder:	Schwanden (1000m); Schweiben (1000m)
Eichen-Hainbuchenwälder:	Trun (950m)
Erlen-Eschenwälder:	Cholwald (1300m)
Mondviolen-Ahornwälder:	Bottchen (1300m); Gratwald (1250m); Portweid (1550m); Obersee (1350m); Risigässli (1400m)

Die standörtliche Vielfalt innerhalb einer Windwurffläche drückt sich in der Vielzahl der definierten Standorttypen aus. Die ökologische Amplitude der einzelnen Versuchsflächen ist am Beispiel der Oberbodenverhältnisse von Leitprofilen in *Tabelle 2* dokumentiert. Ausgehend von den bodenbiologisch aktiven Mullformen über Moderausformungen bis hin zu mächtigen organischen Auflagehorizonten über Blockschutt wird ein weites Spektrum abgedeckt. Einzig auf der Fläche Pfäfers fehlt der Rohhumus gänzlich.

### 3.1.1 Standörtliche Vergleichbarkeit der Varianten in den Versuchsflächen

Die Wahl der Versuchsflächen war stark von politischen Randbedingungen geprägt, weshalb die letztlich zur Verfügung stehenden Flächen nicht die wünschenswerte standörtliche Homogenität aufweisen. Die verschiedenen Varianten in einer Versuchsfläche können vegetations- und bodenkundlich entsprechend der Übereinstimmung der Standorttypen verglichen werden. Dies geht aus den Kartierungen der Flächen Schwanden, Pfäfers und Disentis hervor. In Schwanden (*Tabelle 3*) stimmen beispielsweise die beiden Varianten

«geräumt» und «bepflanzt» bezüglich der Flächenanteile der verschiedenen Standorttypen gut überein. Eine schlechtere Übereinstimmung der Vegetation herrscht dagegen zwischen den Varianten «belassen» und «bepflanzt», da nasse, ursprüngliche Standorte in der Variante «belassen» etwa achtmal häufiger sind als in der Variante «bepflanzt». Trockene, ursprüngliche Standorte dagegen sind in der Variante «bepflanzt» fast dreimal so häufig wie in der Variante «belassen». Bei Variantenvergleichen bezüglich Naturverjüngung und Anpflanzung (z.B. Gegenhangsbetrachtung) muss deshalb die standörtliche Verschiedenheit einzelner Varianten berücksichtigt werden.

*Tabelle 2.* Zusammenfassung der Ergebnisse der bodenkundlichen Erhebungen (Oberboden) auf den Versuchsflächen.

Versuchsflächen	Leitprofile					Dauerprofile		
	Anzahl Profile				pH-Bereich Ah-Horizont (CaCl <sub>2</sub> )	Anzahl Profile		
	mit Rohhumus	mit Moder	mit Mull	total		mit Streuhori- zont	mit Ahh- Horizont (Mächtigkeit in [cm])	total
<b>Schwanden</b>	5	2	4	11	3.2 - 4.2	21 (1-3)	12 (2-5)	28
<b>Pfäfers</b>	-	2	4	6	4.0 - 6.3	1 (2)	-	25
<b>Disentis</b>	4	5	4	13	3.2 - 4.7	23 (2-4)	5 (1-3)	31
<b>Zweisimmen</b>	2	1	3	6	4.2 - 7.5	21 (1-3)	1	35

Ahh: dunkler, oberster Teil eines Vermischungshorizontes Ah.

*Tabelle 3.* Flächenmässige Anteile der kartierten Standorttypen in den Varianten in Schwanden.

Versuchsfläche Schwanden	Kartierte Fläche in %		
	Standorttyp / Variante	belassen	geräumt
Wurzelteller u. -anriß (WT + WA)	4	0	0
Trocken ursprünglich (TR)	7	6	19
Frisch ursprünglich (TU)	41	42	38
Feucht ursprünglich (FU)	23	16	14
Nass ursprünglich (NU)	25	11	3
Kolluvial, verletzt (KO)	0	25	26
Total	20'170 m <sup>2</sup> =100 %	29'630 m <sup>2</sup> =100 %	18'830 m <sup>2</sup> =100 %

### 3.2 Vegetationsentwicklung in den ersten fünf Jahren nach dem Sturmereignis (Sukzession)

Zustand und Entwicklung der floristischen Zusammensetzung und deren ökologische Interpretation können wegen der Individualitäten der einzelnen Windwurfflächen nur unvollständig und an wenigen Beispielen erörtert werden. Eine gemeinsame Basis für den Vergleich über viele Flächen hinweg bietet einerseits die Entwicklung der Kraut- und Staudenschichten bezüglich Höhen und Bodendeckung, anderseits die Entwicklung von hochsteten Pflanzenarten.

#### 3.2.1 Bodenbedeckung und Staudenhöhe

Die Entwicklung der Bodendeckung und der Staudenhöhe nach Standorttypen und Varianten ist am Beispiel der Versuchsfläche Schwanden in Abbildung 3 bzw. 4 dargestellt.

Erwartungsgemäss führt die Situation nach dem Sturmereignis zu einem stärkeren Wachstum der Staudenschicht. Von Staudenschicht ist hier die Rede, weil die Himbeere in vielen Fällen eine grosse bis dominierende Rolle spielt (vgl. unten) und eine Unterscheidung von Kraut- und Strauchschicht auf Windwurfflächen eine umständliche Differenzierung darstellt.

Die Abbildung 3 zeigt, wie sich die Vegetationsdecke in Schwanden von Jahr zu Jahr weiter schliesst, sofern sie nicht schon zu Beginn geschlossen war. Ursprüngliche, frische und nasse Standorte (TU, NU) waren unabhängig von

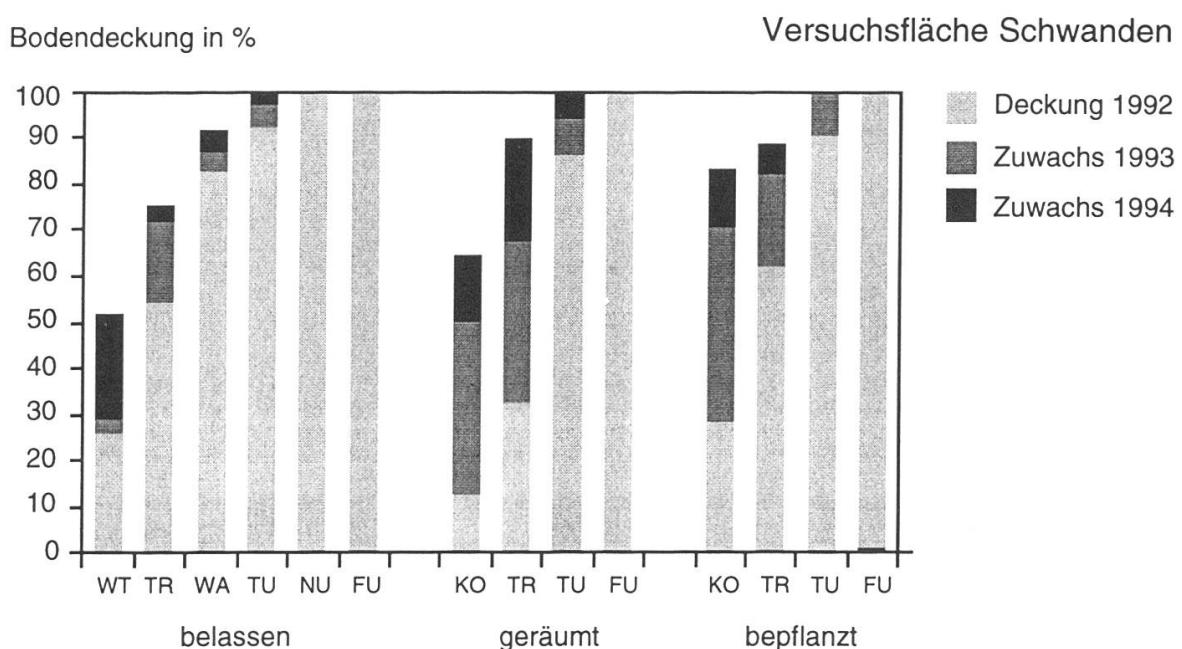


Abbildung 3. Mittlere Bodendeckung pro Standorttyp, Variante und Jahr in der Versuchsfläche in Schwanden. Im Zeitraum von 1992 bis 1994 hat sich die Vegetationsdecke zunehmend geschlossen. WT: Wurzelteller; TR: Trocken-ursprünglich; WA: Wurzeltelleranriss; TU: Frisch ursprünglich; NU: Nass ursprünglich; FU: Feucht ursprünglich; KO: Kolluvial verletzt.

der Behandlungsvariante bereits 1992 zum grossen Teil vollständig bedeckt, während neu entstandene Standorte wie Wurzelteller (WT), Wurzeltellerarisse (WA), Kolluvialflächen (KO) oder auch wenig mit Vegetation bedeckte Standorte (TR) in ihrer mittleren Bodendeckung markant zunahmen. Insgesamt sind die Vegetationsveränderungen in der Variante «belassen» wesentlich geringer als in den anderen beiden Varianten. Dies zeichnet sich in einer geringeren Zunahme der Bodenbedeckung ab. Ursprüngliche, vollständig mit Vegetation bedeckte Standorte blieben überdies seit 1992 in ihrer Artenzusammensetzung praktisch unverändert.

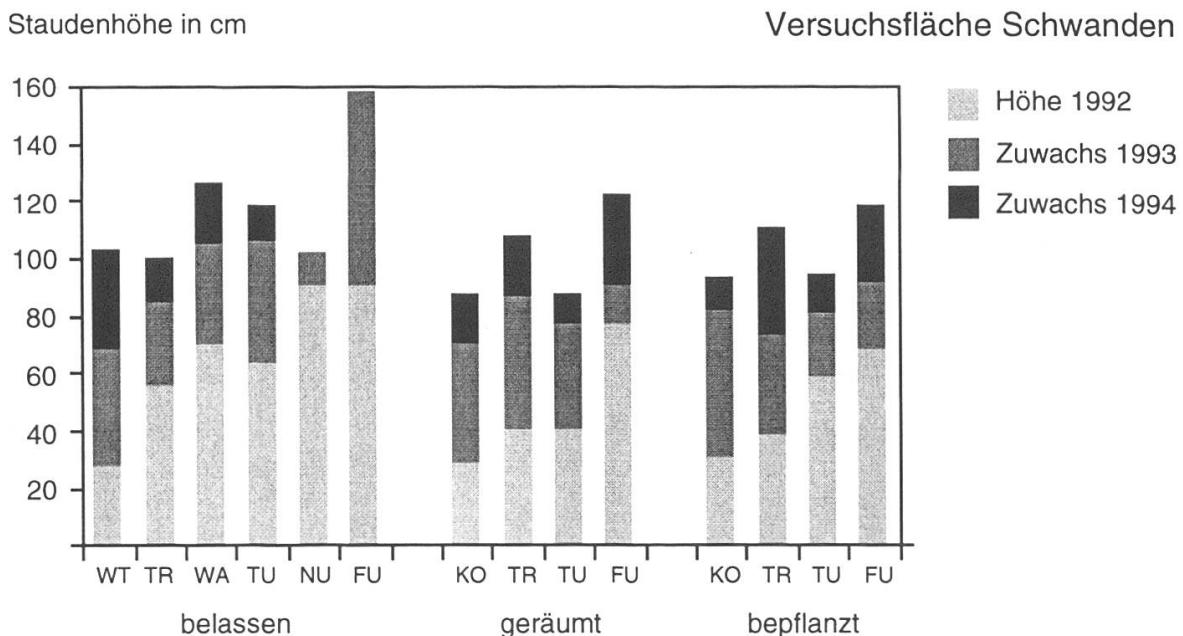
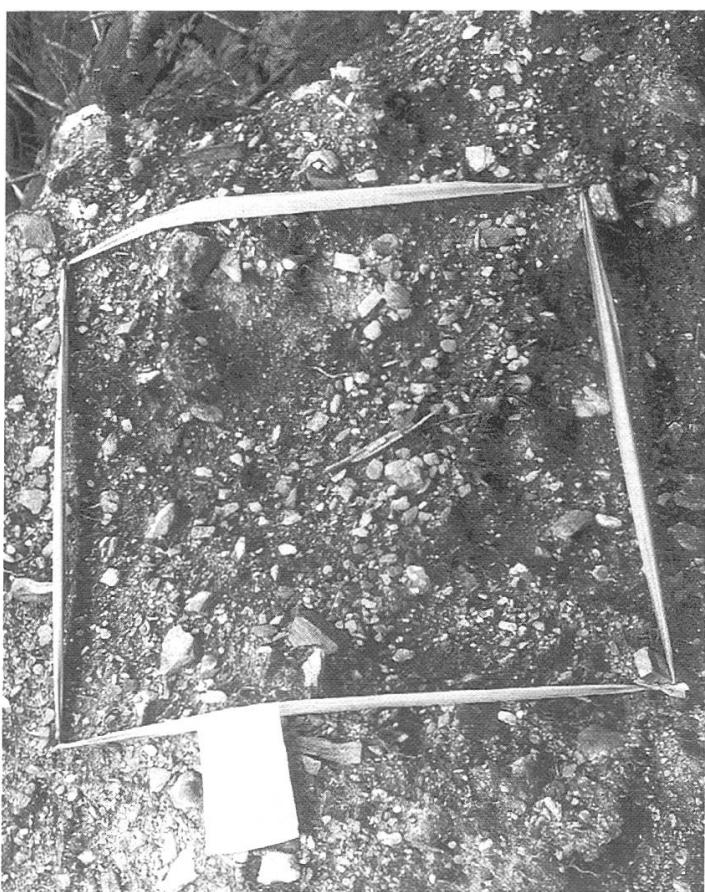


Abbildung 4. Mittlere Staudenhöhe pro Standortstyp, Variante und Jahr in der Versuchsfläche in Schwanden. In sämtlichen Standortstypen hat die Staudenhöhe z.T. markant zugenommen. (Legende der Standorttypen vgl. Abbildung 3).

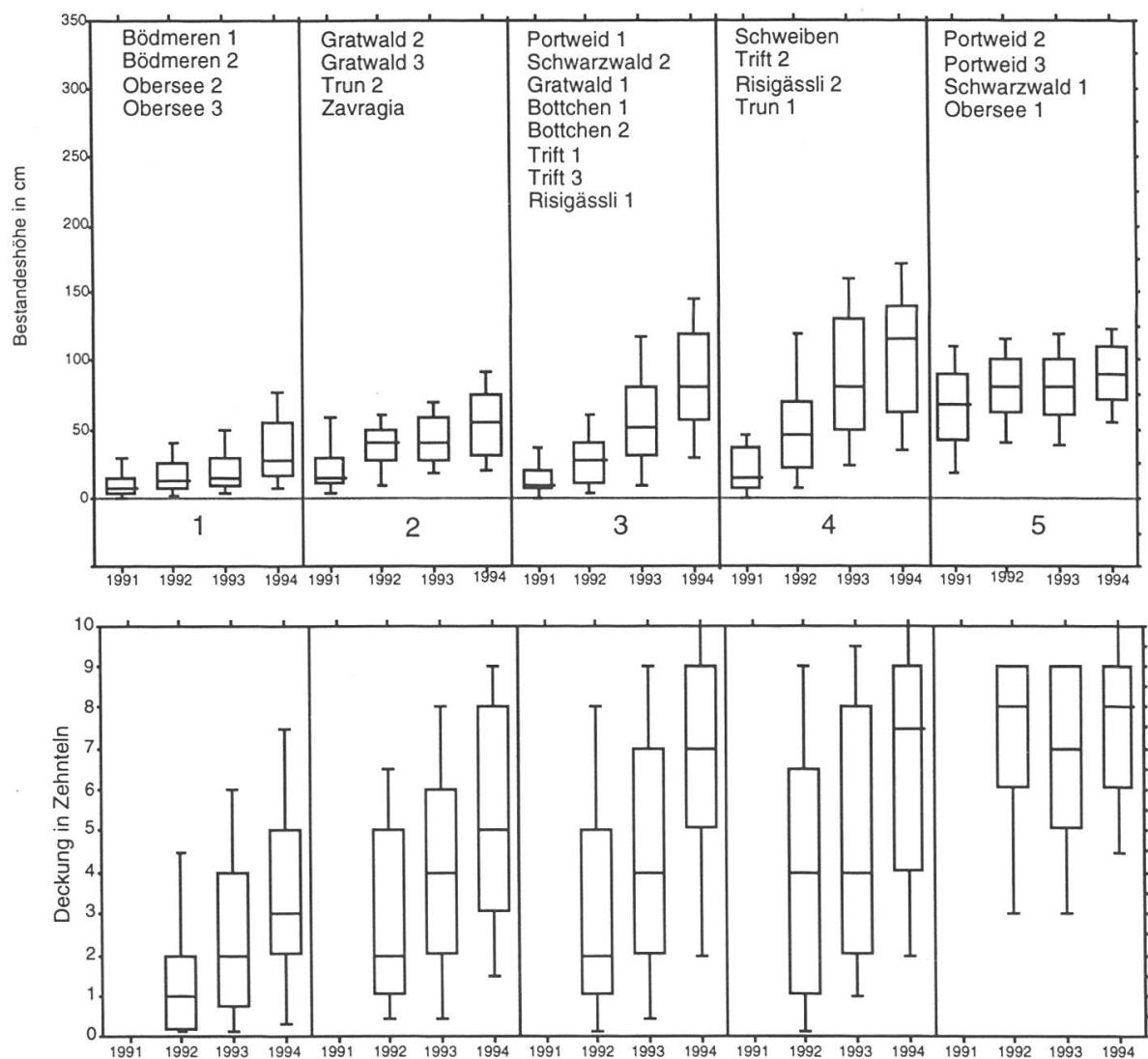
Dynamischer als die Entwicklung der Bodendeckung ist die mittlere Zunahme der Staudenhöhe seit 1992 (*Abbildung 4*). Die Zunahme ist auf allen Standortstypen zu beobachten, auch auf bereits vollständig mit Pflanzen bedeckten Oberflächen. Der Allgemeineindruck ist ein flächenhaft üppiges Wachstum.

Die am Beispiel von Schwanden gezeigten Trends werden auf allen untersuchten Windwurfflächen festgestellt. So findet in sämtlichen Beobachtungsflächen ein fortschreitender Schluss der Vegetationsdecke wie auch ein markantes Höhenwachstum der Staudenschichten statt (*Abbildungen 6 und 7*). Interessanterweise ist in geräumten Flächen früherer Jahre (Portweid 1983, Obersee 1977) ebenfalls eine Höhenzunahme festzustellen, während die Deckungswerte der betreffenden Flächen schwanken.



*Abbildung 5.* Entwicklung der Pflanzendecke auf einem Dauerquadrat von 1992 bis 1994. Die Bodenbedeckung wie auch die Staudenhöhe nimmt stark zu (Detailansicht aus der Versuchsfläche Schwanden; Bilder WSL; Aufnahmen vom 15. Juli 1992 und vom 17. August 1994).

Die Höhenzunahme kann dahin gedeutet werden, dass durch den verstärkten Strahlungseinfall infolge Wegfalls der Baumschicht höhere Boden-temperaturen entstehen, welche bei genügend Bodenfeuchtigkeit eine raschere Mineralisierung der akkumulierten Streu- und Humusschicht und damit eine verstärkte Produktion von Pflanzennährstoffen bewirken. Die gegenüber der früheren Überschirmung allgemein verbesserten Lichtverhältnisse erhöhen



Abbildungen 6 und 7. Höhen- und Deckungsentwicklung der Staudenschichten in Windwurfflächen nach «Vivian» (26. bis 28. Februar 1990), Flächen zusammengefasst zu Typen ähnlicher Höhenentwicklung.

Erklärung der Typen: 1 stark bodenversehrte Flächen auf anstehendem Kalk (Karst) mit viel liegendem Stammholz, 2 stark bodenversehrte Flächen an Steilhängen aus Lockergestein (Kalkschotter oder grusig zerfallender Glimmer), 3 stark beeinflusste Flächen unterschiedlicher Böden in milden Lagen mit viel liegendem Starkholz, 4 stark beeinflusste Flächen relativ wüchsiger Standorte, 5 ältere geräumte Windwurfflächen und vor 1990 schwach überschirmte «Hochstaudenfluren».

Perzentildarstellung: Der untere Rand des Rechtecks bezeichnet das 25., der obere Rand das 75. Perzentil. Der horizontale Strich dazwischen markiert das 50. Perzentil (Zentralwert). Der untere vertikale Balken erweitert den Bereich bis zum 10., der obere bis zum 90. Perzentil. Darüber hinausgehende Werte sind in der Darstellung weggelassen worden.

zudem die Assimilationstätigkeit, d.h. die Einzelpflanze kann während der Vegetationsperiode mehr Biomasse produzieren. Mit der Höhenentwicklung ist aus den gleichen Gründen eine Zunahme der Deckungswerte verbunden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Pflanzendecke in den Beobachtungsjahren markant üppiger geworden ist. Dies gilt für alle Standorts- und Raumstrukturtypen. Dürftig mit Vegetation besiedelte Stellen gab es 1994 im wesentlichen nur noch auf nacktem Fels und Blockschutt sowie auf Wurzelstellern und auf Rieselerdehaufen am Fuss von Wurzelballen. Bereits drei bis vier Jahre nach dem Sturmereignis ist somit die Anfälligkeit auf Bodenerosion wegen mangelhaft schützender Pflanzendecke auf ein Minimum reduziert (vgl. hierzu Frey *et al.*, 1995).

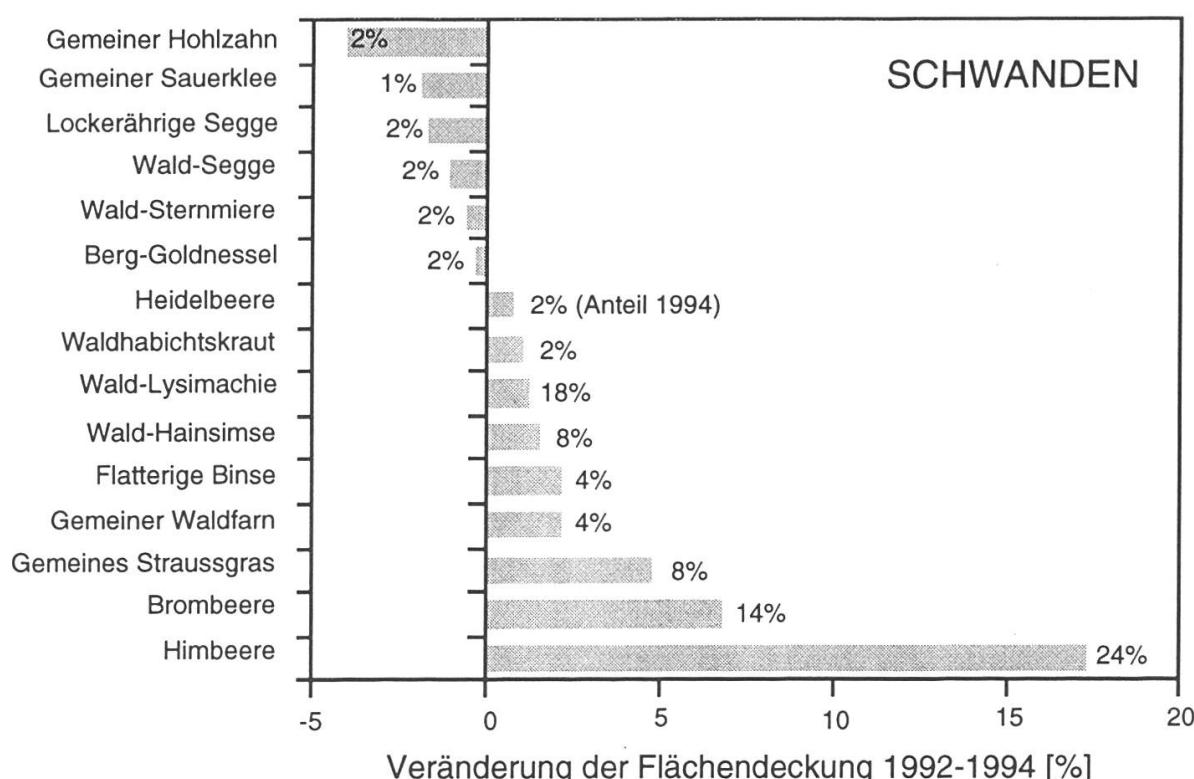


Abbildung 8. Veränderung der Flächendeckung der häufigsten Pflanzenarten in Schwanden von 1992 bis 1994. Die Balken stellen die Zu- oder Abnahme auf der gesamten Versuchsfläche von 1992 bis 1994 in Flächenprozenten dar; der effektive Anteil an der Gesamtdeckung im Herbst 1994 ist in Prozentzahlen neben dem Balken angegeben. Die Himbeere (*Rubus idaeus L.*) bedeckte 1994 24% der gesamten Versuchsfläche Schwanden; sie vergrösserte ihr Areal um etwa 17 Flächenprozente.

### 3.2.2 Artenzusammensetzung und Abundanzstruktur

Die Beobachtungen während der ersten vier Jahre nach dem Windwurf haben gezeigt, dass spezifische Veränderungen der Artenzusammensetzung nicht nur Folge der sich ändernden Standortsbedingungen sind, sondern ebenso markant von der aktuellen Artenzusammensetzung der Umgebung

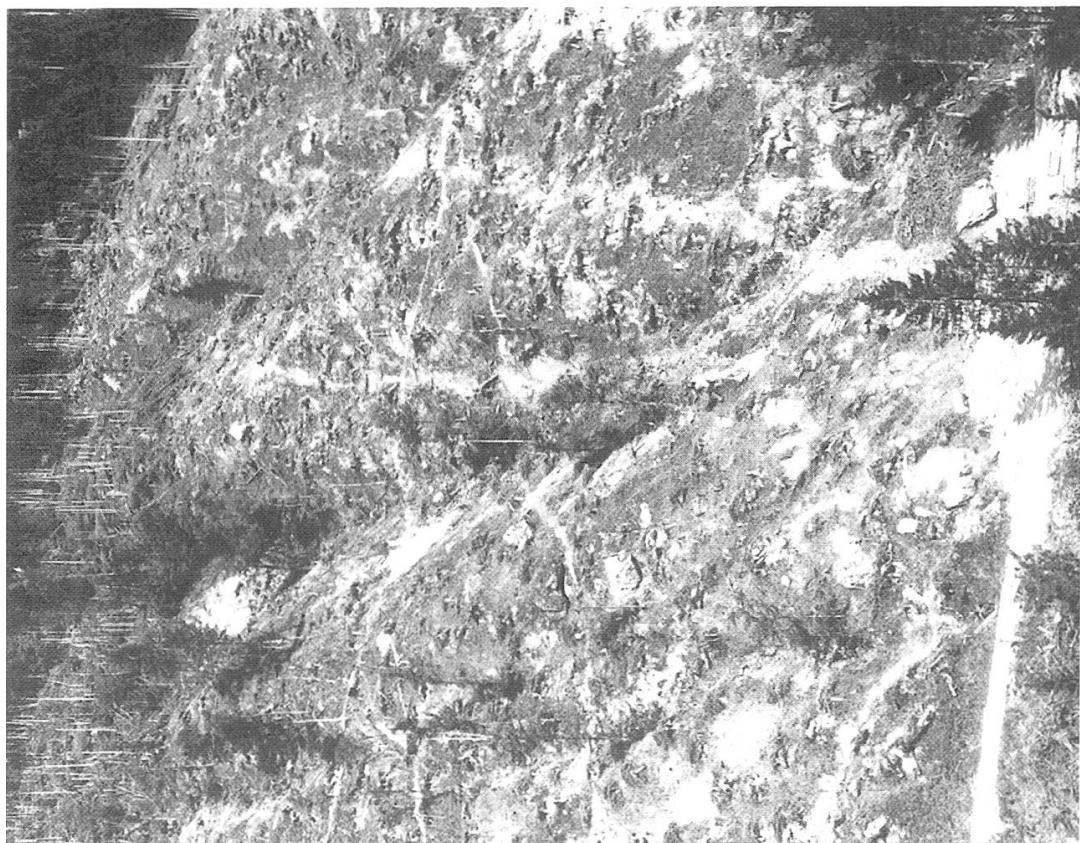
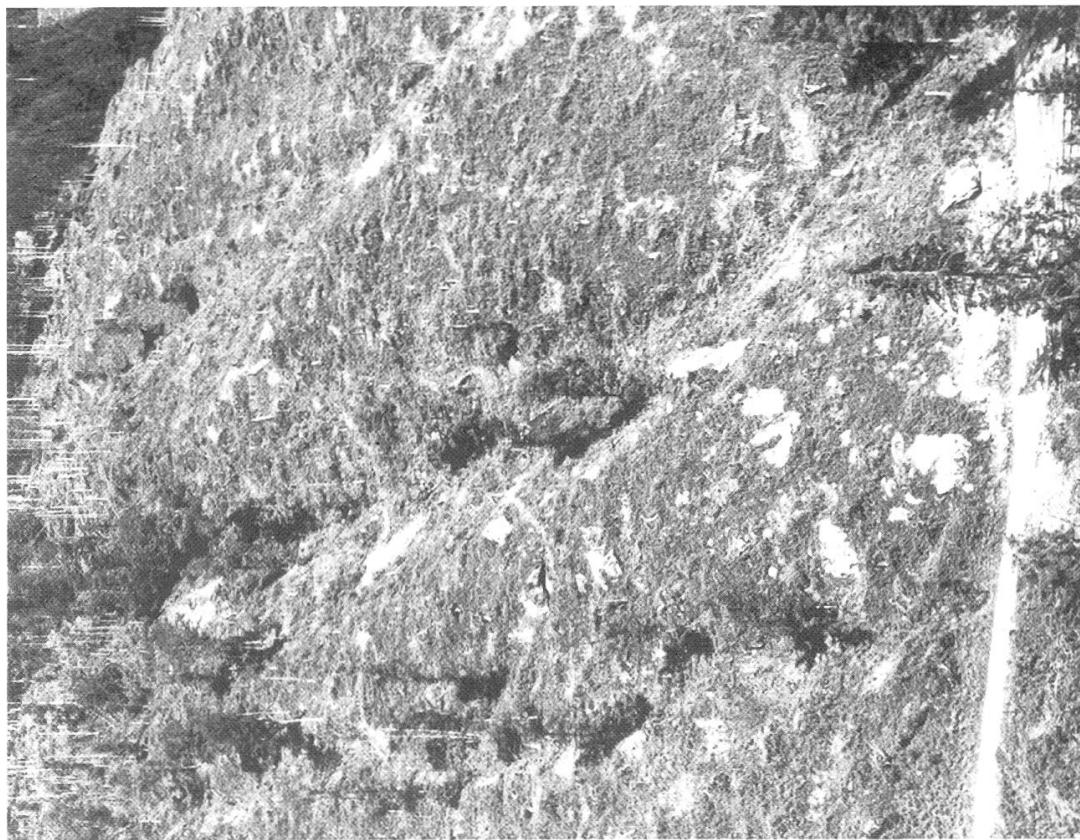
und von den vorhandenen Diasporen (generative oder vegetative Verbreitungseinheiten) im Boden abhängen.

Wie die *Abbildung 8* zeigt, haben sich die Deckungswerte einzelner Arten seit Beginn der Beobachtungen stark verändert. Von den rund 150 in Schwanden erfassten Pflanzenarten haben die Himbeere (*Rubus idaeus* L.; Nomenklatur nach *Binz* und *Heitz*, 1986), die Brombeere (*Rubus fruticosus* aggr.) und das gemeine Straussgras (*Agrostis tenuis* Sibth.) ihren Anteil an der Gesamtdeckung um mehr als 5 Prozentpunkte erhöht. Diese Entwicklung ist aus der Sicht vom Gegenhang (*Abbildung 9*) besonders deutlich an der flächenhaften Ausdehnung der Himbeere (Zunahme seit 1992 gesamthaft um 17 Flächenprozente) und an der Wiederbegrünung der Seilzugbahnen mit dem Gemeinen Straussgras (Zunahme um 7 Flächenprozente) zu erkennen. Ähnlich wie die Himbeere hat die Brombeere ihre Abundanz durch üppigeres Wachstum erhöht. Der Anteil des Gemeinen Hohlzahns (*Galeopsis tetrahit* L.) als typischer Erstbesiedler nach einem Holzschlag hat sich bis 1994 um rund 4 Prozentpunkte verringert. Im Zuge der allgemeinen Verdunkelung der bodennahen Schichten durch die üppigen Himbeer- und Brombeerstauden haben selbst schattentolerante Arten wie der Sauerklee (*Oxalis acetosella* L.) an Abundanz eingebüsst. Die bodennahen Lichtverhältnisse verschlechtern sich zunehmend, worunter auch die Naturverjüngung (vgl. *Lässig et al.*, 1995) zu leiden hat.

In Pfäfers hat neben der Himbeere besonders die weisse Pestwurz (*Petasites albus* (L.) Gaertner; Rohbodenpionier und Schatten-Halbschattenpflanze) zugenommen. In Disentis dehnten sich außer der Himbeere die Rasenschmiele (*Avenella flexuosa* (L.) Parl.; Halbschatten-Lichtpflanze, optimal auf Schlägen blühend) und die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus* L.; Halbschattenpflanze) aus. Auch in Zweisimmen war die Himbeere diejenige Pflanze, welche am stärksten zugenommen hat. Daneben erhöhten besonders der Bergkerbel (*Chaerophyllum hirsutum* L. s.l.; Halbschatten-Lichtpflanze) und das schmalblättrige Weidenröschen (*Epilobium angustifolium* L.) ihre Abundanz. Ähnlich wie in Schwanden hat sich die Abundanz des Sauerklees stark verringert.

### 3.2.3 Schlagflora

Wie erwartet spielte die Himbeere während der ersten Jahre nach dem Windwurf in den meisten Flächen eine dominierende Rolle. Dies geht aus *Abbildung 10* hervor, wo die Anteile der Himbeere an der Gesamtdeckung aller Versuchsflächen aufgetragen sind. In allen Flächen ist der Gesamtanteil deutlich gestiegen: in Schwanden um 17 %, in Pfäfers um 9 %, in Disentis um 10 % und in Zweisimmen um 8 %. Die Himbeere war bereits vor dem Sturmergebnis stetiger Begleiter der Waldvegetation, wenn auch mit wesentlich geringerer Abundanz. Als schattenertragende Licht- und Staudenpflanze konnte sie auf verbessertes Licht- und Nährstoffangebot schneller als andere Pflanzen mit



*Abbildung 9.* Fortschreitender Schluß der Vegetationsdecke auf der Versuchsdecke von 1992 bis 1994 (Ansicht vom Gegenhang). In der Aufnahme von 1992 sind die Spuren der Räumung (1990 bis 1991) noch deutlich sichtbar (vegetationslose Stellen auf den ehemaligen Seilzugbahnen, sternförmig von der unteren Bildmitte her). 1994 sind bis auf wenige gröberflächige, felsige oder besonders steile Stellen alle Teile der Versuchsfläche üppig überwachsen (Bilder Documenta Natura: Aufnahmen vom 20. Mai 1992 und vom 25. Mai 1994).

Wachstum reagieren. Ihre rasche Ausdehnung verdankt sie einerseits ihrem schnellwüchsigen Rhizom, andererseits der Samenverbreitung durch Vögel.

Der gemeine Hohlzahn ist ebenfalls eine typische Schlagpflanze; das beobachtete Verhalten dieser Art auf den Versuchsflächen war aber gegenläufig zu demjenigen der Himbeere. In Schwanden und in Disentis wurde in den ersten zwei bis drei Jahren nach dem Windwurf stellenweise massenhaftes Auftreten registriert, so z.B. in der Variante «bepflanzt» in Disentis. Bis 1994 sank dann der prozentuale Anteil in beiden Versuchsflächen auf unter 3 Prozentpunkte (vgl. Abbildung 10).

Ähnlich wie die Himbeere, wenn auch mit wesentlich geringeren Deckungsanteilen, haben sich folgende Pflanzenarten entwickelt:

Brombeere (*Rubus fruticosus* agr.; Schwanden)  
Drahtschmiele (*Avenella flexuosa* (L.) Parl.; Disentis, Trift)  
Pestwurz (*Petasites albus* (L.) Gaertner; Pfäfers)  
Schmalblättriges Weidenröschen (*Epilobium angustifolium* L.; Trun, Zweisimmen)

Folgende Pflanzenarten haben sich ähnlich wie der Gemeine Hohlzahn entwickelt: starke Ausbreitung bereits kurz nach dem Windwurfereignis in Teilen einzelner Versuchsflächen, anschliessende Abnahme der Häufigkeit:

Berg-Weidenröschen (*Epilobium montanum* L.; Gratwald, Obersee, Portweid)  
Brennessel (*Urtica dioeca* L.; Bottchen, Schweiben)  
Felsen-Leimkraut (*Silene rupestris* L.; Schwanden)  
Kletten-Distel (*Carduus personata* (L.) Jacq.; Pfäfers)  
Ruprechtskraut (*Geranium robertianum* L.; Trun, Gratwald)  
Spring-Schaumkraut (*Cardamine impatiens* L.; Pfäfers)  
Vielstängeliges Schaumkraut (*Cardamine hirsuta* L.; Risigässli)  
Wald-Springkraut (*Impatiens noli-tangere* L.; Risigässli)  
Wald-Vergissmeinnicht (*Myosotis silvatica* Ehrh. ex. Hoffm.; Zweisimmen)

Das Verhalten dieser und weiterer Pflanzenarten entspricht der Eigenschaft typischer Pioniere, welche nur bei fehlender oder schwacher Konkurrenz fruktifizieren. Dazu gehören langlebige Diasporen, in der Regel licht-induzierte Keimung, ein schnelles Sprosswachstum und die Produktion von möglichst vielen, oft leichten und flugfähigen Samen. Einige dieser Pflanzen werden nur in einem oder zwei Jahren angetroffen.

### 3.3 Vegetationsentwicklung auf älteren Windwurfflächen

Wie die im Typ 5 in den Abbildungen 6 und 7 zusammengefassten älteren Windwurfflächen von 1973 (Portweid) und 1977 (Obersee) zeigen, haben in der Beobachtungsperiode ein leichter Höhenzuwachs und Schwankungen der Flächendeckung stattgefunden. Die detaillierten Analysenergebnisse belegen beträchtliche Schwankungen von Jahr zu Jahr und besonders auch örtlich

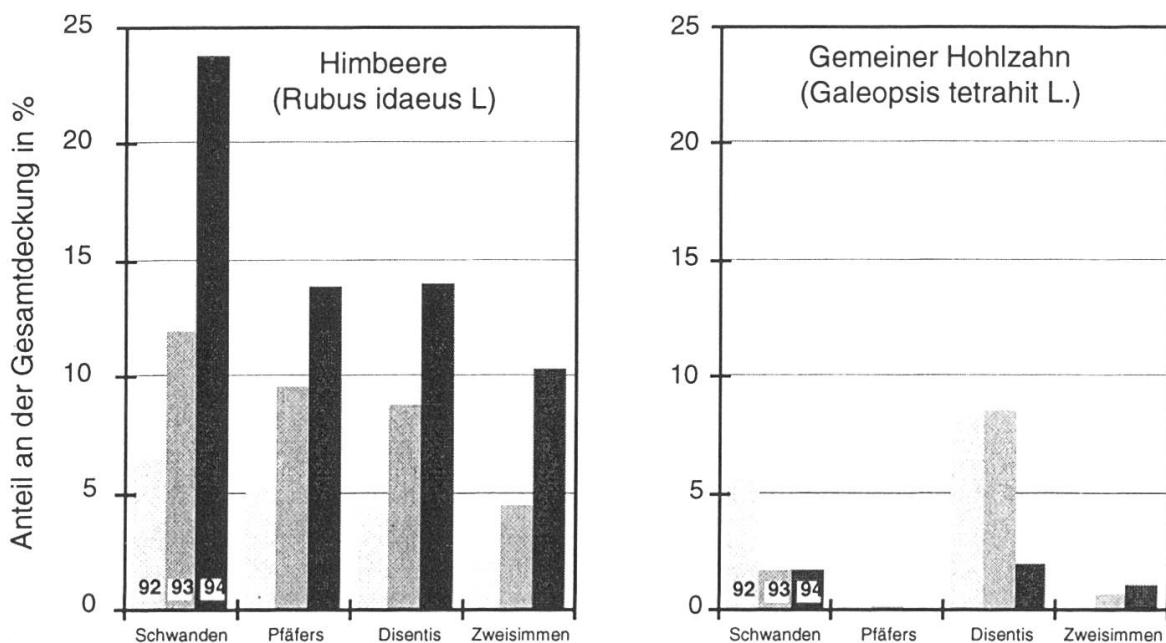


Abbildung 10. Anteile von Himbeere und Gemeinem Hohlzahn an der Gesamtdeckung 1992 bis 1994 in den Versuchsflächen Schwanden, Pfäfers, Disentis und Zweisimmen.

innerhalb der Bestände. Diese Ergebnisse stehen anscheinend im Kontrast zur üppigen Vegetationsentwicklung und kontinuierlichen Vegetationsausdehnung in jungen Windwurfflächen. Die ursprünglich nach der Räumung gepflanzten Fichten und Lärchen sind allesamt abgestorben; ein natürlicher Anflug von Fichten auf Wurzelballen ist ebenfalls vollkommen verdorrt. Scheinbar vollständig deckende, grossblättrige Hochstauden entpuppen sich beim näheren Hinsehen als durchlässig, da sie nicht selten von Larven und Imagines eines Prachtkäfers bis auf die Blattrippen kahlgefressen werden (z.B. grauer Alpendost) oder weil das Wild mit Vorliebe den Alpen-Milchlattich (*Cicerbita alpina* (L.) Wallr.) oder den Hasenlattich (*Prenanthes purpurea* L.) frisst. Auf diese Weise entstehen kleinflächig und kurzfristig Lücken in der Kraut- und Staudenschicht, in welchen offensichtlich die spontane Verjüngung von Strauch- und Baumarten stattfindet. Einzeln oder gruppenweise wurden auf den beobachteten Flächen tatsächlich Fichten (*Picea abies* (L.) H. Karsten) ebenso wie Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus* L.), Sal-Weide (*Salix caprea* L.), Grossblättrige Weide (*Salix appendiculata* Vill.), Vogelbeerbaum (*Sorbus aucuparia* L.) und unter den Sträuchern der Trauben-Holunder (*Sambucus racemosa* L.) gefunden. Während sich die genannten Arten 1991 noch in der Staudenschicht befanden, sind sie 1994 mehrheitlich darüber hinausgewachsen. Bergahorn und Vogelbeerbaum ist dies wegen regelmässigen Verbisses nicht gelungen.

Die Beispiele zeigen, dass auf geräumten Windwurfflächen innerhalb von 15 bis 20 Jahren ohne Eingriffe eine natürliche Wiederbewaldung die bisher

von Kräutern und Stauden bestimmte Sukzessionsreihe fortsetzt. Die Gehölzverjüngung ist räumlich und zeitlich äusserst variabel und vor allem nicht dem Zufall überlassen, sondern von den Vorgängen in der Staudenschicht und deren nächsten Umgebung abhängig. Ein ständiger Äsungsdruck bestimmt die Baumartenzusammensetzung wesentlich. Unbeantwortet bleibt die Frage, ob ohne Äsungsdruck des Wildes das Aufkommen von Gehölzarten früher eingesetzt hätte.

### *3.4 Wandel von Bodeneigenschaften in den ersten Jahren nach dem Sturm*

#### *3.4.1 Veränderungen im Oberboden*

Verschiedene Faktoren der Humusbildung waren nach dem Sturmereignis einer mehr oder weniger abrupten Veränderung unterworfen. Für die organischen Auflagehorizonte ist es der jährliche Eintrag von Vegetationsrückständen, der sich gänzlich verändert hat, sowohl mengenmässig wie von seiner Zusammensetzung her. Durch den Wegfall der Einträge aus der Baumschicht, durch die Zunahme der Einträge aus der stärker wachsenden Staudenschicht, ergab sich für den Humusabbau eine völlig neue Ausgangssituation. Die Vielfalt und die leichtere Abbaubarkeit der Rückstände aus der Staudenschicht zeigt sich im raschen Verschwinden der mehrjährigen Streuhorizonte (Lv) auf praktisch allen untersuchten Standorten der Versuchsflächen. Die örtlich unter mehrjährigen organischen Auflagehorizonten auftretende gehemmte Vermischungsintensität des organischen Materials mit der Mineralerde (*Tabelle 2*) ist an der dunklen bis schwärzlichen Farbe des Ahh-Horizontes (oberster Teil des Ah-Horizontes) zu erkennen. Auch dieses Anzeichen einer eingeschränkten Nährstoffumsetzung ist nach drei Vegetationsperioden durchwegs verschwunden.

Der quantitative und qualitative Streueintrag wird indirekt, die Abbau- und Vermischungsintensität direkt auch durch den oberflächennah veränderten Wärme- und Wasserhaushalt beeinflusst.

Verletzungen an der Bodenoberfläche erfolgten meist durch Schürfungen bei den Räumungsarbeiten. Die Folge waren beträchtliche Bodenverdichtungen, die mit erhöhten Dichtewerten (durchschnittlich um  $0,2 \text{ g/cm}^3$ ) auch nachweisbar sind. Ein kleinflächig zerstörtes Bodengefüge sowie veränderte Wassereinsickerungsverhältnisse sind die Konsequenzen.

#### *3.4.2 Veränderungen im Wurzelraum*

Horizontspezifische Wassergehaltsmessungen an ausgewählten Leit- und Dauerprofilen haben gezeigt, dass die Schwankungsbereiche zwischen nassen bzw. feuchten und trockenen Zuständen bis in eine Tiefe von 35 cm recht gross sind. In besonderem Masse gilt dies für die entwickelten, feinkörnigen Böden in Schwanden und Pfäfers.

Bilden mineralische Horizonte ohne geschlossene Vegetationsdecke die Bodenoberfläche, was in den ersten Jahren nach dem Sturm besonders in geräumten Teilflächen vorkam, so konnte vor allem längs Schwundrissen ein rasches Austrocknen des Bodens (nicht nur oberflächennah) nachgewiesen werden. Gleichzeitig wird bei grösseren Niederschlagsmengen das Wasser längs den vorgezeichneten Leitbahnen rasch in grössere Tiefen abgeleitet. Für Pflanzungen bedeutet dies, dass in feinkörnigen, entwickelten Böden bis in eine Tiefe von rund 35 cm die Wasserverfügbarkeit, je nach Witterung, kritische Werte erreichen kann.

In roheren, grobkörnigeren Böden ohne ausgesprochene Gefügebildung (z.B. in Disentis) mit geringerem Wasserspeichervermögen fallen diese Unterschiede innerhalb des potentiellen Wurzelraumes weniger ins Gewicht.

## Zusammenfassung

*Unterscheidung von Bewirtschaftungsvarianten auf Versuchsflächen:* Die Versuchsflächen sind standörtlich nicht homogen, die verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten sind entsprechend der Übereinstimmung von Standortstypen zu vergleichen. Bei Variantenvergleichen bezüglich Naturverjüngung und Anpflanzen muss dieser Umstand berücksichtigt werden.

*Vegetationsentwicklung kurz nach dem Sturmereignis:* Allgemein findet ein üppiges Wachstum auf Windwurfflächen statt, welches besonders an der Entwicklung der Staudenhöhe und -deckung sichtbar wird. Das verstärkte Wachstum kann mit den allgemein verbesserten Licht-, Wärme- und Nährstoffverhältnissen erklärt werden. Das schnelle Zuwachsen von praktisch sämtlichen vegetationslosen Stellen reduziert die potentielle Erosionsgefahr in den ersten drei bis vier Jahren auf ein Minimum.

*Dominante Arten:* Die dominierendste Pflanzenart in fast allen untersuchten Windwurfflächen ist die Himbeere. Sie dehnte sich seit 1992 sichtbar (durchschnittlich um über 10 Prozentpunkte in den Versuchsflächen) aus. Daneben dehnten sich die Brombeere in tieferen Lagen, die Pestwurz in höheren Lagen aus.

*Schlagflora:* Die Zusammensetzung der Schlagflora ist in den ersten zwei bis drei Jahren je nach Windwurffläche stark unterschiedlich. Die ersten Pionerpflanzen profitieren von der konkurrenzfreien Situation vegetationsloser Stellen und verschwinden nach kurzer Zeit. Ein häufiger Vertreter ist der Gemeine Hohlzahn. Mit zunehmendem Alter der Windwurffläche nimmt die Häufigkeit der Himbeere zu. Sie wird nicht nur zur stetigsten, sondern meist auch zur dominierendsten Art.

*Tendenzen mittelfristiger Vegetationsentwicklung und Baumartenverjüngung auf Windwurfflächen:* Die bisherigen Untersuchungen betreffen die Verhältnisse auf älteren Windwurfflächen nur marginal. Beobachtungen in solchen Flächen deuten jedoch darauf hin, dass im Zusammenhang mit unterschiedlich verursachten Störungen Lücken in der scheinbar geschlossenen Vegetationsdecke entstehen, wo spontane Baumartenverjüngung stattfindet.

*Veränderungen im Oberboden:* Durch den quantitativ und qualitativ veränderten Streueintrag sowie infolge unterschiedlicher Wärme- und Wasserhaushalte nach dem

Windwurf konnten 1994 keine Anzeichen von gehemmter Vermischung im Grenzbereich zu mineralischen Oberbodenhorizonten mehr festgestellt werden. Mehrjährige Streurückstände sind innerhalb der ersten vier Jahre abgebaut worden.

*Veränderungen im Wurzelraum:* Die besonders in geräumten Flächen entstandene Situation vegetationsloser Standorte mit mineralischem Horizont an der Oberfläche führen zu einem raschen Austrocknen des Bodens längs Schwundrissen. Dies geschieht nicht nur oberflächennah, sondern auch in gutentwickelten Böden (feinkörnig, mit Gefügebildung) bis in rund 35 cm Tiefe des Wurzelraumes. Die Wasserverfügbarkeit (im Zusammenhang mit Pflanzungen) kann an solchen Stellen je nach Witterung kritische Werte erreichen.

## Résumé

### Dynamique de la végétation et des sols sur de récents chablis du Nord des Alpes suisses

L'évolution de ces récents chablis passe par une grande expansion végétative qui se traduit par une augmentation en hauteur et en densité de la strate arbustive et herbacée. Cette dynamique est animée par l'augmentation de la lumière, de la chaleur et de l'apport en éléments nutritifs. Le rapide recouvrement de ces surfaces naguère dénudées diminue chaque année davantage le danger d'érosion.

Dans tous les chablis ou presque, le framboisier (*Rubus idaeus* L.) constitue la flore dominante; cette végétation s'est largement intensifiée notamment depuis 1992. Elle s'accompagne du mûrier (*Rubus fruticosus* aggr.), qui s'est développé à des altitudes inférieures, et du pétasite commun ou grand taconnet (*Petasites albus* [L.] Gaertner), présent en montagne. Si la composition des espèces croissant sur les aires dégagées dépend énormément de la particularité de chaque chablis, l'ortie épineuse (*Galeopsis tetrahit* L.) n'en reste pas moins l'une des plantes pionnières les plus répandues. Mais cette flore tend à se retirer au fil du temps pour faire place au framboisier qui finit par dominer. D'après les observations faites sur d'anciens chablis, le rajeunissement naturel s'instaure dans les vides créés par des diverses perturbations affectant une couverture végétale apparemment très dense.

Les dépôts de litière accumulés depuis plusieurs années se sont décomposés en l'espace de quatre ans. Dans les chablis dégagés, l'élimination d'une large part de la végétation a provoqué un compactage du sol, aujourd'hui menacé de dessèchement. Ce phénomène s'observe non seulement à la surface mais aussi à une profondeur allant jusqu'à 35 cm à l'intérieur de sols bien développés.      Traduction: *Monique Dousse*

## Summary

### Vegetation and soil dynamics on recent windthrow areas in the Northern Alps of Switzerland

On recent windthrow areas luxuriant plant growth generally takes place resulting in increasing cover and height of herbaceous and shrub layer. The intensified growth is

caused by increased light, warmth and nutrients. The fast recovering of once vegetationless areas reduces the danger of erosion year after year.

The most dominant plant species in nearly all windthrow areas is raspberry (*Rubus idaeus* L.). Since 1992 there has been a massive increase in the size of its vegetation cover. Increases also occurred with blackberry (*Rubus fruticosus* aggr.) in low altitude areas and white butterbur (*Petasites albus* [L.] Gaertner) in high altitude areas. The species composition of the felled-area flora depends very much on the singularity of each windthrow area, though a frequent pioneer is common hemp-nettle (*Galeopsis tetrahit* L.). However the felled-area flora decreases with the age of the windthrow area as raspberry increases the extent of its cover and finally becomes dominant. Observations in older windthrow areas indicate however that natural regeneration takes place in gaps caused by different minor disturbances of the apparently close herbaceous vegetation cover.

Several years old litter was decomposed within the last four years. Especially in cleared windthrow areas, where large parts of the vegetation were destroyed and soils have been condensed by clearing, there is a danger of the soil drying out. This effect can be observed not only on the surface but also down to a depth of 35 cm in well developed soils.

#### Literatur

- Binz, A., Heitz, C. (1986): Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz. Auflage 18. Schwabe, Basel. 624 S.
- Frey, W., Forster, B., Heiniger, U., Gerber, W., Thee, P., Kuhn, N., Graf, F. (1995): Risiken und Naturgefahren in Windwurfflächen. Schweiz. Z. Forstwes. 146, 11: 863–872.
- Keller, W. (1979): Ein Bestimmungsschlüssel für die Waldgesellschaften der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 130, 3: 225–249.
- Lässig, R., Egli, S., Odermatt, O., Schönenberger, W., Stöckli, B., Wohlgemuth, T. (1995): Beginn der Wiederbewaldung auf Windwurfflächen. Schweiz. Z. Forstwes. 146, 11: 893–911.
- Londo, G. (1975): Dezimalkala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. In: Ber. Int. Symp. IV V Rinteln 1973: 613–617. Cramer. Vaduz.
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg H. (1974): Aims and Methods of Vegetations Ecology. John Wiley & Sons, New York. 547 S.

#### Dank

Ohne die Hilfe zahlreicher Mitarbeiter wäre die umfangreiche Dauerbeobachtung nicht zustande gekommen. Wir möchten folgenden Personen unseren herzlichen Dank aussprechen: Trix Ammann, Karl Büchel, Frank Graf, Bruno Kägi, Monika Frehner, Susanne Kaiser, Cornelia Mayer, Janina Polomski, Thomas Preiswerk, Daniel Rüetschi, Marc Spahr, Benjamin Stöckli, Marco Walser, Brächt Wasser, Urs Wegmüller.

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

#### Verfasser:

Thomas Wohlgemuth, dipl. Natw. ETH, Dr. Nino Kuhn, Dr. Peter Lüscher, Peter Kull, lic. phil. nat., Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Sektion Vegetation und Sektion Standort, CH-8903 Birmensdorf.

Hansjürg Wüthrich, dipl. Forsting. ETH, Forstinspektion Oberland, CH-3700 Spiez.