

## Auswirkungen eines Aschefalls auf die Vegetation eines Südbuchenwaldes in Westpatagonien

Andreas Vogel, Renate Hildebrand-Vogel und Roberto Godoy

### Synopsis

17 month after a tephra fall out in south Chile the damages and the recovery of the vegetation in a *Nothofagus pumilio*-forest and a mixed forests of *N. pumilio* and *N. dombeyi* are reported. Many rhizoid understory plants could survive ashlayers of 10 cm maximum, up to 30 cm only a few survived; but even in areas with 90 cm tephra understory species survived in refugias as windthrow mounts, big old logs, ravins ore others. Survival and recovering of shrubs depends of their ability to produce adventitious roots or shoots. The tree storey tolerated more than 1 m ashlayer without visible damages. Only in the evergreen *Nothofagus dombeyi* trees had broken branches. Saplings of *N. dombeyi* were totally destroyed. There was an extraordinary seedling establishment of *Nothofagus pumilio*, but it is uncertain if seedlings can grow up because the ash is lacking of nitrogen. No plants alien to the forest vegetation were observed.

*Aschefall, Vulkanausbruch, Sukzession, Regeneration, Nothofagus pumilio-Wald, Südchile. Tephra, volcanic activity, succession, regeneration, Nothofagus pumilio-forest, South Chile.*

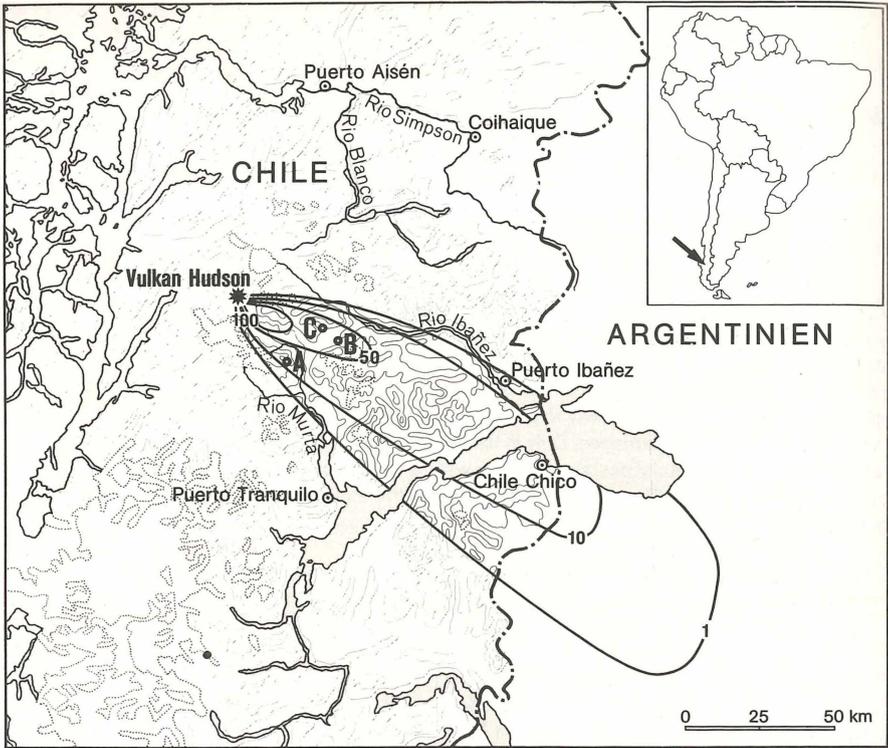
### 1. Einleitung

Im Südwinter 1991, Anfang August, brach in Südchile der Vulkan Hudson aus. Die Haupteruption vom 12.-15. August förderte ca. 6 km<sup>3</sup> Asche, die durch eine 17 - 18 km hohe Eruptionssäule nach Südosten über Patagonien verdriftet wurde (IPPACH & SCHMINCKE 1992). Die Bodennutzung der durch die Asche betroffenen Gebiete - 80.000 km<sup>3</sup> wurde stark beeinträchtigt (BITSCHENE & al. 1993). Der direkte fallout, ohne sekundäre äolische Verlagerung betraf ein kleineres Gebiet: ca. 2.670 km<sup>2</sup> wurden 10 - 50 cm, 320 km<sup>2</sup> wurden 50 - 100 cm und noch ca. 95 km<sup>3</sup> wurden über 100 cm mit Asche bedeckt (Abb. 1). Damit wurden erheblich mächtigere Aschedecken gebildet, als dies beim Mount St. Helens beobachtet wurde (ANTOS & ZOBEL 1985). Die Zerstörung und Regeneration der Vegetation bei jenem Ausbruch wurde durch mehrere Arbeiten in den vergangenen 13 Jahren beschrieben (MACK 1981, ANTOS & ZOBEL 1985 und 1986, DEL MORAL & WOOD 1993, Übersicht bei DEL MORAL & BLISS 1993). Großflächige Störungen der Vegetation wie bei einem Vulkanausbruch werden für die patagonischen Wälder als eine wesentliche Steuergröße für ihre Dynamik angesehen (VERLEN 1985 und 1989). Am Hudson bietet sich die Gelegenheit, die ersten Auswirkungen und Veränderungen nach dem Aschefall zu beobachten.

### 2. Das Untersuchungsgebiet

Der Vulkan Hudson liegt in den Südan den, die hier Höhen bis etwa 2.000 m ü. NN erreichen. Die Niederschläge betragen mindestens 2.000 mm bei einer mittleren Jahrestemperatur von 8 °C. Die Schneedecke erreicht Mächtigkeiten bis zu 1 m. Die Vegetation im bereisten fall-out Gebiet reicht von temperierten immergrünen Regenwäldern (bis 450 m), einer Übergangszone zum sommergrünen Wald (bis 650 m), der Stufe des sommergrünen Waldes (bis 1200 m) hinauf in die alpine Stufe bis ab etwa 1.600 m die Schneegrenze erreicht ist.

Das am stärksten betroffene Gebiet im SO des Vulkans wurde nur wenig genutzt, die Talauen bis etwa 500 m Höhe herauf waren Weideflächen, ansonsten ist das Gebiet bis zur natürlichen Baumgrenze bewaldet. Holzeinschlag fand nur kleinflächig statt. In den leichter zugänglichen Hanglagen wurde auch geringe Waldweide betrieben (Abb. 2).



**Abb. 1:** Lage des Untersuchungsgebietes und Mächtigkeiten in cm, der Tephraedecke des Ausbruchs vom 12. - 15.8.1991, nach IPPACH (1992), verändert. A B C = Aufnahmegebiete.

**Fig. 1:** Investigation area and thickness in cm, of the tephralayer from the eruption of Aug. 12 - 15.<sup>th</sup> 1991 (after Ippach 1992, modified). A B C = research sites.



**Abb. 2:** Die Waldgrenze bei 1200 m, Aschendecke ca. 70 cm.

**Fig. 2:** The alpin treeline at 1200 m a.s.l.; thickness of tephralayer ca. 70 cm.

### 3. Untersuchungszeitraum und Methoden

Die hier vorgestellten Untersuchungen erfolgten Ende Februar 1992, also etwa nach 17 Monaten bzw. in der 2. Vegetationsperiode nach der Eruption. Die Untersuchungen erfolgten im sommergrünen Nothofagus pumilio-Wald der montanen Stufe, dem Vegetationstyp, der neben der alpinen Stufe im Untersuchungsgebiet vorherrschend ist. Es wurden drei Untersuchungsbereiche mit unterschiedlichen Ascheüberdeckungen ausgewählt (A = ca. 20 cm; B = ca. 60 cm; C = ca. 80 cm Überdeckung). Zur Charakterisierung der Standortseigenschaften der Aschen wurden Korngrößen- und Porenbestimmungen durchgeführt (nach HARTGE & HORN 1992), sowie Nährstoffgehalte ermittelt bzw. vorhandene Daten berücksichtigt. Die C und N Analysen erfolgten gaschromatographisch mit einem Autoanalysator der Fa. Carlo Erba.

Die Auswirkungen des Aschefalls und der Ascheüberdeckung wurden durch Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet dokumentiert. Dazu wurden die Aufnahmen auf repräsentativen Abschnitten der Talhänge bis zur Waidgrenze gemacht.

Weiterhin wurden Keimlinge ausgezählt. Durch Ausgrabungen der verschütteten Krautschicht wurden Überlebensfähigkeit und Regenerationsvermögen untersucht. Desweiteren wurden Keimungsversuche mit Material der oberen 2 cm der Aschedecke vorgenommen. Die Asche wurde nach zweiwöchiger Lagerung bei 4°C über 5 Monate im Kalthaus bei Temperaturen um 18°C in Keimchalen exponiert.

### 4. Ergebnisse

Das Auswurfmaterial war basaltischer Andesit mit recht hohen Gehalten an Alkaliverbindungen (IPPACH & SCHMINCKE 1992). Über die Korngrößenverteilung gibt die Tabelle 1 Auskunft.

Tab. 1: Korngrößen in Vol%.

Tab. 1: Particle size in vol%.

(Feinboden = soil < 2 mm; Sand = 2 - 0.63 mm; Schluff = 0.63 - 0.02 mm; Ton = < 0.02 mm).

Lapilli	Feinboden	Feinboden		
80 - 2 mm	≤ 2 mm	Sand	Schluff	Ton
32,13	67,87	97,2	2,7	0,1

Das Substrat besteht aus blasigen Lapilli (andesitischer Bims) und einigen schwereren Nebengesteinsfragmenten (Basalt). Das Gesamtporenvolumen ist relativ groß, aber die Wasserspeicherung ist - bedingt durch Grobporen und fehlenden Humus - nur begrenzt (Tab. 2 u. 3).

Tab. 2: Bodenphysikalische Daten.

Tab. 2: Soil physical data. (coarse material > 2 mm; soil < 2 mm; pore volume; bulk density; pores > 50 µm; watercontent at field capacity).

Skelett	Feinb.	PV	LD	GP	MWK	
Vol %	Vol %	Vol %	g/cm <sup>3</sup>	Vol %	Gew %	Vol %
44,8	18,5	36,7	0,93	26,11	27,5	25,55

Tab. 3: Bodenchemische Daten.

Tab. 3: Soil chemical data.

pH		C <sub>1</sub>	N <sub>1</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	Gew. %			Gew. %		
5,7	5,8	0,21	0,03	7	0,45*	2,4*	3,9*

\* = Daten von IPPACH, GEOMAR Kiel (pers. Mitt.)

Da über die Nährstoffgehalte (außer N) noch keine eigenen Daten vorliegen, wurde auf Untersuchungen von IPPACH und SAUER zurückgegriffen.

Hervorzuheben ist das hohe Grobporenvolumen sowie geringe N und C Gehalte. Für die Wasserversorgung der in der Asche wurzelnden bzw keimenden Pflanzen können daher Mangelsituationen auftreten; sie sind aber auf Grund der hohen Niederschläge wenig wahrscheinlich. Andererseits ermöglichen die Grobporen noch eine ausreichende Belüftung des verschütteten  $A_h$ -Horizontes. Nur an einem durchfeuchteten Auestandort wurde beim Aufgraben ein Geruch nach  $H_2S$  festgestellt. Nach SAUER (1992) ergeben die pflanzenverfügbaren Gehalte an Ca, K und P noch keine Mangelsituation. In Gefäßversuchen ermittelte er aber N als Mangelnährstoff. Allerdings wird sich die Situation bei Verwitterung der Asche in Bezug auf Phosphat verschlechtern, da das entstehende Allophan-Mineral Phosphor nichtpflanzenverfügbar festlegt.

Eine Durchquerung des Aschefächers ergab eine abgestufte Beeinträchtigung der Vegetation. Abnahmen der Deckung wurden erst ab etwa 3 cm Auflage festgestellt. Bei etwa 20 cm konnten sich nur noch ein Teil der Arten in der Feldschicht regenerieren und das mit eingeschränkter Individuenzahl. Bei größerer Ascheüberdeckung war die Feldschicht völlig vernichtet und die Strauchschicht z. T. beeinträchtigt. Die Baumschicht zeigte selbst bei Überdeckung von über 100 cm keine Beeinträchtigungen in der Vitalität.

Die Aufnahmen zeigen nun ein sehr differenziertes Bild der Überlebenssituation der Krautschicht. Bei ca. 20 cm Überdeckung ist die Krautschicht (Tab. 5) in Deckung und Artenzahl im Vergleich mit der Vegetation der Wurzelteiler oder mit Aufnahmen außerhalb des Aschegebietes schon stark reduziert. Die Stärke der Überdeckung variiert erheblich. Unter geneigten Stämmen, neben und auf liegendem Totholz oder an Stammfüßen ist die Ascheschicht geringer. Auch sekundäre Verlagerung wie Bildung von Erosionsrinnen erzeugt Flächen mit geringer Überdeckung. An diesen Sonderstandorten finden sich auch kleinwüchsige Arten, sodaß in einer Aufnahme fläche von 200  $m^2$  das Arteninventar des *Nothofagus pumilio*-Waldes nahezu vollständig ist. An Keimlingen fanden sich nur Holzgewächse; die Regeneration aller anderen Arten erfolgte nur vegetativ. Durch Messung der Aschedecke an überlebenden Pflanzen/Trieben ist die maximal verträgliche Überdeckung festgehalten. Die maximal tolerierte Überdeckung war von Art zu Art verschieden. Es wurden überwiegend Arten mit Rhizom bei den die Asche durchwachsenen Pflanzen der Krautschicht festgestellt (Tab. 4). Dagegen fielen Geophyten ohne Rhizom und Chamaephyten bzw niedrigwüchsige Sträucher aus, die sonst in vergleichbaren *Nothofagus pumilio* - Wäldern regelmäßig anzutreffen sind (HILDEBRAND-VOGEL & al. 1990). Einige Chamaephyten und Sträucher hatten unter der Aschedecke Bleichsprosse gebildet. Während *Fuchsia* und *Ribes* die Oberfläche erreichten, wurden unter bis zu 80 cm Asche *Dendrologotrichum dendroides* und *Maytenus disticha* zwar noch lebend angetroffen; aber selbst unter 20 cm Asche waren sie trotz 10 cm langer Bleichsprosse nach 17 Monaten nicht an die Oberfläche gelang (Abb. 3 und Abb. 4).

Bei der Überdeckung von 50 cm und mehr fallen alle Arten der Feldschicht aus (Tab. 5-7). Ähnlich wie bei Standort A existieren hier auch wieder spezielle Überlebensorte für die Arten der Feldschicht.



**Abb. 3:** *Gunnera magellanica* durchwächst 20 cm Überdeckung (rechts); die Bleichsprosse in der Bildmitte gehören zu *Dendrologotrichum dendroides*; links *Viola reichenbachiana*.

**Abb. 3:** *Gunnera magellanica* grows through 20 cm ash layer; the bleaching sprouts in the middle of the picture belong to *Dendrologotrichum dendroides*; on the left *Viola reichenbachiana*.



Abb. 4: *Nothofagus pumilio*-Wald mit 50 cm Asche-Überdeckung.

Fig. 4: *Nothofagus pumilio*-forest with 50 cm ashlayer.

Tab. 4: Lebensform und Austriebsfähigkeit von Arten der Krautschicht.

Tab. 4: Lifeform and resprouting capability of the herblayer species.

Art	Lebensform	max. Überdeckung
<i>Dendrologotrichum dendroides</i>	Th caesp	≤10 cm
<i>Maytenus disticha</i>	Ch frut caesp	≤10 cm
<i>Viola reichei</i>	H caesp rhiz	- 10 cm
<i>Osmorhiza chilensis</i>	H caesp	- 10 cm
<i>Valeriana lapathifolia</i>	H caesp rhiz	- 10 cm
<i>Dysopsis glechomoides</i>	H rept stol	- 13 cm
<i>Macrachaenium gracile</i>	H scap rhiz	- 17 cm
<i>Adenocaulon chilense</i>	H caesp rhiz	- 16/19 cm
<i>Gunnera magellanica</i>	H rept rhiz	- 20 cm
<i>Polystichum multifidum</i>	H caesp rhiz	- 22 cm
<i>Cardamine spec.</i>	H caesp	- 22 cm
<i>Senecio acanthifolius</i>	H scab rhiz	- 30 cm

Lebensformen:

Th caesp = Moos, rasiger Wuchs

Ch frut caesp = Chamaephyt, holzig, verzweigt

H caesp rhiz = Hemikryptophyt, ohne Ausläufer, mit Rhizom

H caesp = Hemikryptophyt, ohne Ausläufer

H rept stol = Kriechhemikryptophyt, mit Ausläufern

H scap rhiz = Schafthemikryptophyt, mit Rhizom

H rept rhiz = Kriechhemikryptophyt, mit Rhizom

(ELLENBERG & MÜLLER-DOMBOIS 1967, MUÑOZ-SCHICK 1989).

Tab. 5: Aufnahmen von Wald und Sonderstandorten bei ca. 20 cm Ascheauflage (Gebiet A).

Tab. 5: Relevées from site A (ca. 20 cm ashlayer). W = forest; SF = basal part of big trunks.

Aufnahmnr.	1	2	3	4
Standortstyp (W = Wald; SF = Stammfuß)	W	W	W	SF
Höhe ü.NN / m	€00	630	650	630
Exposition	ESE	SE	SE	SE
Inklination / °	20	18	20	18
Aufnahmegröße / m <sup>2</sup>	200	200	200	1
Aschenlage / cm	20	25	15	25
Deckung Baumsch.	70	80	70	80
Höhe Baumschicht	30	30	30	30
Deckung Strauchschicht	30	25	35	.
Höhe Strauchschicht	3	3	3	.
Deckung Krautschicht	30	30	35	40
Artenzahl (ohne Epiphyten)	15	12	16	11
<hr/>				
<b>Baumschicht:</b>				
<i>Nothofagus pumilio</i>	4	5	4	.
<i>Nothofagus dombeyi</i>	1	1	1	.
<b>Strauchschicht:</b>				
<i>Ribes magellanicum</i>	2a	2a	2b	.
<i>Fuchsia magellanica</i>	2b	2b	2b	.
<i>Nothofagus pumilio</i>	1	1	1	.
<i>Nothofagus dombeyi</i>	.	.	+	.
<b>Krautschicht:</b>				
<i>Fuchsia magellanica</i>	2b	2a	2b	1
<i>Ribes magellanicum</i>	2a	1	2b	.
<i>Polystichum multifidum</i>	2b	2b	2b	.
<i>Adenocaulon chilense</i>	1	1	1	2a
<i>Viola reichei</i>	+	r	r	2a
<i>Nothofagus pumilio</i> K	+	+	+	+
<i>Dysopsis glechomoides</i>	+	.	+	+
<i>Asplenium dareoides</i>	1	+	.	+
<i>Acaena ovalifolia</i>	r	+	r	.
<i>Osmorhiza chilensis</i>	1	+	+	.
<i>Cardamine spec. 2</i>	1	+	1	.
<i>Valeriana lapathifolia</i>	r	.	r	.
<i>Uncinia spec.</i>	+	.	r	.
<i>Blechnum penna-marina</i>	+	.	.	1
<i>Macrachaenium gracile</i>	.	.	+	2b
<i>Gunnera magellanica</i>	.	.	+	1
<i>Dendroligotrichum dendroides</i>	.	.	r	.
<i>Maytenus disticha</i>	.	.	.	1
Gramineae spec.	.	.	.	+
<i>Senecio acanthifolius</i>	.	+	.	.
<b>Epiphyten:</b>				
<i>Musci div. spec.</i> in 1, 2, 3; <i>Lichenes div. spec.</i> in 1, 2, 3; <i>Asplenium dareoides</i> in 2, 3;				
<i>Hymenophyllum tunbridgense</i> in 2, 3; <i>Grammitis magellanica</i> in 3				

Es sind Wurzelteller und liegende Stämme von schon vor dem Vulkanausbruch umgestürzten Bäumen. Da die untersuchten Waldbestände als Primärwald anzusprechen sind, treten diese Strukturelemente recht häufig auf. Außer in diesen "Refugien" wurden Arten der Krautschicht auch an steilen Bachrinnen (Tab. 6, Aufn. 7) und in den epiphytischen Moospolstern der größeren Stämme gefunden. Insgesamt fanden sich folgende, für das Überdauern der Krautschicht notwendige Strukturelemente:

- Wurzelteller präeruptiv gefallener Bäume
- starkes liegendes Totholz (Stämme > 1 m ø), schon präeruptiv bewachsen
- Stammfuß und Stammflächen epiphytenreicher Stämme (Moospolster)
- steile Hänge- und Bacheinschnitte
- Erosionsrinnen mit freigelegter alter Bodenoberfläche

An den Standorten mit höherer Ascheüberdeckung (B und C) sind auch die Holzgewächse betroffen.

Tab. 6: Aufnahmen von Wald und Sonderstandorten; Aschenlage von 75 - 50 cm (Gebiet B).  
 Relevées from site B (75 - 50 cm ashlayer). W = forest; Wt = windthrow mount; R = ravin.

Aufnahmen.	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Standortstyp									
(Wald; Wurzelteiler; Rinne)	W	W	W	W	W	W	R	Wt	Wt
Höhe ü. NN / m	570	660	875	930	1050	1190	700	660	570
Exposition	N	N	NNE	N	NW	NNW	S	.	N
Inklination / °	5	3	35	5	10	25	50	.	5
Aufnahmegröße / m <sup>2</sup>	200	200	200	200	200	200	5	3	2
Deckung Baumsch.	75	75	80	80	70	70	80	60	60
Höhe Baumschicht	30	30	28	28	18	6	28	30	30
Deckung Strauchschicht	20	15	5	3	.	.	10	.	20
Höhe Strauchschicht	2	5	2	2	.	.	1,5	.	1,5
Deckung Krautschicht	2	2	3	1	1	.	85	80	70
Artenzahl (ohne Epiphyten):	18	10	5	7	2	1	15	17	9
<b>Baumschicht:</b>									
<i>Nothofagus pumilio</i>	3	4	5	5	4	4	.	.	.
<i>Nothofagus dombeyi</i>	3	2b	.	.	.	.	.	.	.
<b>Strauchschicht:</b>									
<i>Ribes magellanicum</i>	1	2a	.	+	.	.	.	.	1
<i>Fuchsia magellanica</i>	1	1	.	.	.	.	2a	.	2b
<i>Nothofagus pumilio</i>	2b	1	1	1	.	.	.	.	.
<i>Nothofagus dombeyi</i>	1	2b	.	.	.	.	.	.	.
<i>Berberis serrato-dentata</i>	+	r	1	.	.	.	.	.	.
<i>Ovidia andina</i>	2a	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gaultheria phillyreifolia</i>	r	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Escallonia alpina</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Maytenus magellanica</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Azara lanceolata</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Embothrium coccineum</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Krautschicht:</b>									
<i>Nothofagus pumilio</i> K	2m	2m	2m	2m	2m	.	.	.	.
<i>Viola reichen</i>	.	.	.	.	.	.	2a	2a	2a
<i>Acaena ovalifolia</i>	.	.	.	.	.	.	2a	4	3
<i>Blechnum penna-marina</i>	.	.	.	.	.	.	1	2a	1
<i>Osmorhiza chilensis</i>	.	.	.	.	.	.	1	2a	.
<i>Macrachaenium gracile</i>	.	.	.	.	.	.	2a	r	.
<i>Dendrologotrichum dendroides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Valeriana lapathifolia</i>	.	.	.	.	.	.	4	.	.
<i>Lagenifera hariotii</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Ovidia andina</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Ourisia spec.</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Codonorchis lessonii</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Gunnera magellanica</i>	.	.	.	.	.	.	3	.	.
<i>Asplenium dareoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Dysopsis glechomoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	2a	+
<i>Adenocaulon chilense</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	1
<i>Poaceae spec.</i>	.	.	.	.	.	.	.	2b	.
<i>Fuchsia magellanica</i>	.	.	.	.	.	.	.	2a	.
<i>Uncinia spec.</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Maytenus disticha</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Cerastium holosteoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Polystichum chilense</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Polystichum multifidum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Cardamine sp. 1</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Rubus geoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2a
<i>Sagina apetala</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<b>Epiphyten:</b>									
<i>Musci div. spec.</i> in 5, 6, 8; <i>Lichenes div. spec.</i> in 5, 6, 8; <i>Asplenium dareoides</i> in 5, 6;									
<i>Hymenophyllum tunbridgense</i> in 8; <i>Griselinia ruscifolia</i> in 5									

Der Ascheniederschlag führte bei den Kronen der immergrünen *Nothofagus dombeyi* zu Astbrüchen. Schwerwiegender sind die Beschädigungen an der *Nothofagus dombeyi*-Verjüngung. Die Kronen von Exemplaren bis ca. 3 m Höhe waren zur Erde gebogen und mit Asche bedeckt.

ANTOS & ZOBEL (1982) beschreiben diese Schäden auch vom Mount St. Helens.

Die normalerweise nur zeitweise durch Schnee herabgebogenen Kronen wurden durch die Asche dauerhaft

fixiert und sind abgestorben. Die Hauptbaumart im UG *Nothofagus pumilio* wies keine derartigen Schäden auf. Auch die Straucharten waren erheblich geschädigt durch die Ascheüberdeckung. Arten mit hohem regenerativem Austriebsvermögen wie *Fuchsia magellanica* und *Ribes magellanicum* hatten sich allerdings schon gut erholt.

**Tab. 7:** Aufnahmen von Wald und Sonderstandorten; Aschenlage von 90 cm (Gebiet C).

**Tab. 7:** Relevées from site C (90 cm ashlayer). **W** = forest; **Wt** = windthrow mount; **T** = fallen dead trunk.

Aufnahmenr.	14	15	16	17	18	19	20
Standortstyp							
(Wald; Wurzelsteller;Totholz)	W	W	Wt	Wt	T	T	T
Höhe ü.NN / m	620	610	610	610	620	620	620
Exposition	E	SE	.	.	.	.	.
Inklination / °	23	17	.	.	.	.	.
Aufnahmegröße / m <sup>2</sup>	200	200	3	2	0,5	1	0,5
Deckung Baumsch.	75	80	60	80	75	60	65
Höhe Baumschicht	30	30	30	30	30	30	30
Deckung Strauchschicht	10	5	20	.	.	.	.
Höhe Strauchschicht	4	3	1,5	.	.	.	.
Deckung Krautschicht	3	1	50	15	30	30	15
Artenzahl (ohne Epiphyten):	6	7	22	11	6	6	8
<hr/>							
<b>Baumschicht:</b>							
<i>Nothofagus pumilio</i>	4	3	.	.	.	.	.
<i>Nothofagus dombeyi</i>	2a	4	.	.	.	.	.
<b>Strauchschicht :</b>							
<i>Ribes magellanicum</i>	1	+	2a	.	.	.	.
<i>Fuchsia magellanica</i>	2a	+	.	.	.	.	.
<i>Nothofagus pumilio</i>	1	.	1	.	.	.	.
<i>Nothofagus dombeyi</i>	1	2a	1	.	.	.	.
<i>Berberis serrato-dentata</i>	+	1	1	.	.	.	.
<i>Ovidia andina</i>	+	+	.	.	.	.	.
<i>Gaultheria phillyreifolia</i>	.	.	2a	.	.	.	.
<i>Escallonia alpina</i>	.	+	.	.	.	.	.
<b>Krautschicht:</b>							
<i>Nothofagus pumilio</i> K	2m	2m	.	.	.	.	.
<i>Ribes magellanicum</i>	+	+	.	1	.	.	.
<i>Fuchsia magellanica</i>	1	.	.	.	1	.	.
<i>Adenocaulon chilense</i>	.	.	2a	1	2a	2b	2a
<i>Viola reichenii</i>	.	.	1	1	2a	.	.
<i>Dysopsis glechomoides</i>	.	.	1	+	.	1	+
<i>Acaena ovalifolia</i>	.	.	3	2a	.	.	.
<i>Rubus geoides</i>	.	.	2a	2a	.	.	2a
<i>Blechnum penna-marina</i>	.	.	1	1	.	1	+
<i>Osmorhiza chilensis</i>	.	.	1	1	.	+	.
<i>Asplenium dareoides</i>	.	.	.	.	+	1	r
<i>Macraea gracile</i>	.	.	2a	.	.	.	+
<i>Musci div. spec.</i>	.	.	2a	.	.	.	4
<i>Dendrologotrichum dendroides</i>	.	.	1	.	+	.	.
<i>Poaceae spec.</i>	.	.	1	.	+	.	.
<i>Valeriana lapathifolia</i>	.	.	1	.	.	.	.
<i>Uncinia spec.</i>	.	.	+	.	.	.	.
<i>Maytenus disticha</i>	.	.	1	.	.	.	.
<i>Lagenifera hariotii</i>	.	.	.	.	.	2a	.
<i>Ovidia andina</i>	+	.	.	.	.	.	.
<i>Berberis serrato-dentata</i>	.	+	.	+	.	.	.
<i>Bromus spec.</i>	.	.	+	.	.	.	.
<i>Cerastium holosteoides</i>	.	.	+	.	.	.	.
<i>Cardamine sp. 2</i>	.	.	.	+	.	.	.
<i>Galium aparine</i>	.	.	.	r	.	.	.
<i>Polystichum chilense</i>	.	.	.	.	.	.	+
<b>Epiphyten:</b>							
<i>Musci div. spec.</i> in 14, 15; <i>Lichenes div.spec.</i> in 14, 15; <i>Asplenium dareoides</i> in 14, 15; <i>Hymenophyllum tunbridgense</i> in 14, 15; <i>Griselinia ruscifolia</i> in 15, 16, 19; <i>Cystopteris fragilis</i> in 14							

Ein besonderes Phänomen war die intensive Verjüngung von *Nothofagus pumilio* auf der Aschedecke. In den Aufnahmeflächen von 200 m<sup>2</sup> wurden die Teilflächen ausgegrenzt, auf denen die Zahl der *N. pumilio*-Keimlinge

am höchsten war. Die ermittelten Werte variierten erheblich. Dort, wo ein Teil der Bodenvegetation überlebte (Gebiet A) wurden 68 - 93 Keimlinge/m<sup>2</sup> ausgezählt. Bei höheren Aschedecken und ohne Konkurrenten der Krautschicht (Gebiete B und C) wurden bis 574 Individuen/m<sup>2</sup> ausgezählt, im Mittel ergaben sich ca. 300 Keimlinge/m<sup>2</sup>. Verebnungen oder Hangdellen wirkten sich positiv aus; die Höhenlage machte sich erst in der Nähe der Waldgrenze bemerkbar, ab 1000 m ü.NN fielen die Zahlen unter 100/m<sup>2</sup> und ab 1100 m wuren keine Keimlinge mehr gefunden. Als "normale" Dichte in unbeeinflussten Gebieten wurden 1993 etwa 10 - 100 Keimlinge pro 100 m<sup>2</sup> ermittelt.

Tab. 8: Regeneration der Holzgewächse.

Tab. 8: Regeneration of woody plants.

Regenerationvermögen:	durch Samen	1)	Vegetativ 2)	3)
<b>Bäume:</b>				
<i>Nothofagus pumilio</i>	XXX	.	.	.
<i>Nothofagus dombeyi</i>	X	.	.	.
<b>Sträucher:</b>				
<i>Ribes magellanicum</i>	.	XX	XXX	XXX
<i>Fuchsia magellanica</i>	X	XXX	XX	XXX
<i>Berberis serrato-dentata</i>	.	XX	X	.
<i>Ovidia andina</i>	.	X	.	.
<i>Escallonia alpina</i>	.	X	.	.
<i>Gaultheria phillyreifolia</i>	.	.	.	.
<i>Maytenus magellanica</i>	.	.	.	.
<i>Azara lanceolata</i>	.	.	.	.
<i>Embothrium coccineum</i>	.	.	.	.

1) Adventivwurzeln 2) Adventivsprosse 3) Wurzelsprosse  
 XXX = Regenerationsorgane immer und stark ausgebildet;  
 XX = häufig;  
 X = nur selten beobachtet

Versuche zur Ermittlung von Diasporen in der oberen Ascheauflage ergaben bei 10 Stichproben von je 1 dm Fläche insgesamt 4 Exemplare von *Nothofagus pumilio*; wahrscheinlich von 1993, da der Samenfall gerade Ende Februar begann. Andere Gefäßpflanzen wurden nicht festgestellt. Ein zweiter Versuch erfolgte mit Fein- ascheablagerungen aus den epiphytischen Moospolstern der Stämme; das Ergebnis war negativ.

## Diskussion

Die Auswirkungen der Ascheüberdeckung durch die Eruption des Hudson zeigen zahlreiche Parallelen zu ähnlichen Ereignissen wie am Katmai 1912 in Alaska (GRIGGS 1927) und am Mount St. Helens 1980 (ANTOS & ZOBEL 1985, DEL MORAL & WOOD 1993). So war auch nach diesen Aschefällen für die Wiederherstellung der Vegetation die vegetative Regenerationsfähigkeit der Arten von entscheidender Bedeutung, abhängig von Überdeckungshöhe und Wuchsform.

Bei einer Überdeckung bis etwa 10 cm überlebten fast alle Arten auch in der Krautschicht, wenn auch im ersten Jahren mit reduzierter Deckung. Bedingt durch ihre Lebensform und ihrer Fähigkeit Sekundärorgane zu bilden, können einige Spezies noch Überdeckungen bis 30 cm durchstoßen. Bei größerer Überdeckung fiel die Krautschicht völlig aus.

Aufgrund ihrer Wuchsformen konnten sich die Arten der Strauchschicht auch noch bis ± 1 m behaupten. Allerdings spielt hier das artspezifische Regenerationsvermögen (Bildung von Sekundärorganen) für die Wiederausbreitung eine wichtige Rolle. Erfolgreich sind nur *Ribes magellanicum* und *Fuchsia magellanica*. Vergleichbares konnte GRIGGS (1927) an *Salix spec.* feststellen.

Die Baumschicht überstand eine Ascheüberdeckung bis zu 1 m nahezu unbeschadet. Hier stellt sich die Frage nach dem dauerhaften Überleben. Bei den oben zum Vergleich herangezogenen Aschefällen wurde allerdings von stärkeren Erosionsvorgängen berichtet, sodaß nach einigen Jahren die Höhe der Ascheauflage wesentlich zurückging. Damit würde die Gefahr von Wurzelschäden durch Sauerstoffmangel vermindert.

Länger wirksame Folgen sind aber durch Verschiebungen in der Artenzusammensetzung zu erwarten. So halten LEATHWICK & MITCHELL (1992) Verschiebungen in der Artenzusammensetzung von Wäldern durch Aschefall noch nach über 700 Jahren für wahrscheinlich. Im UG zeigten sich sowohl bei Holzgewächsen wie bei krautigen Arten Selektionsvorgänge. So wurde bei den Baumarten die Verjüngung der immergrünen *Nothofagus dombeyi* fast vollständig zerstört und es fanden sich kaum Keimlinge. *N. pumilio* erlitt geringere Ausfälle

und wies eine sehr starke aktuelle Verjüngung auf. Deren Weiterentwicklung erscheint aufgrund der ungünstigen Stickstoffversorgung allerdings zweifelhaft; zum Zeitpunkt der Untersuchung waren aber noch keine Wuchsdepressionen oder Blattverfärbungen zu erkennen.

Bei den Sträuchern sind es polykormonbildende Arten, die sich durchsetzen, bei den krautigen Arten sind es in erster Linie Rhizom-Hemikryptophyten. Chamaephyten durchwachsen nur geringmächtige (<10 cm) Überdeckungen, Geophyten und Therophyten treten nicht in Erscheinung. Allerdings verschwinden die nicht oder nur wenig überdeckungsresistenten Arten nicht aus den untersuchten Flächen. Spezielle Mikrostandorte mit geringer oder fehlender Überdeckung ermöglichen ihr Überleben und sind als Zentren einer späteren Wiederausbreitung anzusehen (DEL MORAL & BLISS 1993). Ein Eindringen von Offenlandarten war nicht zu beobachten. Außer bei *N. pumilio* spielte bislang die generative Wiederausbreitung keine Bedeutung in den untersuchten Waldbeständen.

## **Danksagung**

Wir danken für die Gewährung eines Schimper-Stipendiums.

## **Literatur**

- ANTOS, J.A. & D.B. ZOBEL, 1982: Snowpack modification of volcanic tephra effects on forest understory plants near Mount St. Helens. - *Ecology* 63: 1969-1972.
- ANTOS, J.A. & D.B. ZOBEL, 1985: Recovery of forest understories buried by tephra from Mount St. Helens. - *Vegetatio* 64: 103-111.
- ANTOS, J.A. & D.B. ZOBEL, 1986: Seedling establishment in forests affected by tephra from Mount St. Helens. - *Am. J. Bot.* 73: 495-499.
- BITSCHENE, P., ARIAS, N., ARIZMENDI, A., GIACOSA, R., GRIZINIK, M., FERNANDEZ, M., MARQUEZ, M. & A. NILLNI, 1993: Vulcanology and environmental impact of the August 1991 eruption of the Hudson Volcano (Patagonian Andes; Chile). - *Zentralblatt Geol. Paläontol.*, H 1/2: 493-500.
- DEL MORAL, R. & D.M. WOOD, 1988: Dynamic of herbaceous vegetation recovery on Mount St. Helens, Washington USA, after a volcanic eruption. - *Vegetatio* 74: 11-27.
- DEL MORAL, R. & L.C. BLISS, 1993: Mechanisms of primary succession: insights resulting from the eruption of Mount St. Helens. - *Adv. Ecol. Res.* 24: 1-66.
- DEL MORAL, R. & D.M. WOOD, 1993: Early primary succession on the volcano Mount St. Helens. - *J. V. S.* 4: 223-234.
- ELLENBERG, H. & D. MÜLLER-DOMBOIS, 1967: A key of Raunkier plant life forms with revised subdivisions. - *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel* 37.
- LEATHWICK, J.R. & N.D. MITCHELL, 1992: Forest pattern, climate and vulcanism in central North Island, New Zealand. - *J. V. S.* 3: 603-616.
- GRIGGS, R.F., 1927: Das Tal der Zehntausend Dämpfe. - Brockhaus, Leipzig: 334 S.
- HARTGE, K.H. & R. HORN, 1992: Die physikalische Untersuchung von Böden. - Enke, Stuttgart: 177 S.
- HILDEBRAND-VOGEL, R., GODOY, R. & A. VOGEL, 1990: Subantarctic-Andean *Nothofagus pumilio* forests. - *Vegetatio* 89: 55-68.
- IPPACH, P. & H.-U. SCHMINCKE, 1992: The eruption of Mt. Hudson (Southern Chile) in August 1991. - 13. Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. - Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum Münster.
- MACK, R.N., 1981: Initial effects of ashfall from Mount St. Helens on vegetation in eastern Washington and adjacent Idaho. - *Science* 213: 537-539.
- MUÑOZ-SCHICK, M., 1989: Flora del parque nacional Puyehue. - Santiago: 557 p.
- SAUER, H., 1993: Die Aschen aus dem Ausbruch des Vulkans Hudson im August 1991 - Untersuchungen und Vorschläge zu ihrer bodensichernden und agrarischen Nutzung in Patagonien/Argentinien. - Diplomarb. FH Rheinland-Pfalz Abt. Bingen: 85 S.
- VEBLEN, T.T., 1985: Stand dynamics in Chilean *Nothofagus* forests. - In: PICKETT, S.T.A. & P.S. WHITE, (eds.): The ecology of natural disturbance and patch dynamics. - Academic Press, London: 35-51.
- VEBLEN, T.T., 1989: Tree regeneration responses to gaps along a Transandean gradient. - *Ecology* 70: 541-543.

## **Adressen**

Dr. Andreas Vogel, Abteilung Landschaftsökologie, Institut für Geographie der Westfälischen-Wilhelms-Universität, Robert Koch Str. 26, D-48149 Münster.

Dr. Renate Hildebrand-Vogel, Zum Hüggel 3, D-49205 Hasbergen.

Dr. Roberto Godoy, Instituto de Botanica, Universidad Austral de Chile, Cas. 567, Valdivia, Chile.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [23\\_1994](#)

Autor(en)/Author(s): Vogel Andreas, Hildebrand-Vogel Renate, Godoy Roberto

Artikel/Article: [Auswirkungen eines Aschefalls auf die Vegetation eines Südbuchenwaldes in Westpatagonien 177-186](#)