

Die Dolomiten – hot spots der Artenvielfalt

Brigitta Erschbamer, Martin Mallaun & Peter Unterluggauer

Abstract: The Dolomites – hot spots of biodiversity

High mountain ecosystems are expected to react sensitively on climate change. For the 21st century, a significant temperature elevation was predicted and drastic changes of the biodiversity on summit areas are suggested. The project GLORIA-Europe (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments-Europe) was established to set up an observation network for detecting the effects of climate change on European summit areas. The project is planned as a long term monitoring study. Species diversity will be monitored at least every 10 years. Within the project, the western Dolomites (Italy) are one of the 18 target regions all over Europe. In 2001, four summits were selected on different altitudes (2199 m, 2463 m, 2757 m, 2893 m above sea level) in the Latemar- and Sella-group. Permanent plots were established and species diversity was recorded 5 and 10 m below each summit. The first results showed that the summits of the Dolomites are the species richest areas among the investigated mountains of Europe.

Key words: biodiversity, climate change, GLORIA-Europe, long term monitoring, permanent plots.

Zusammenfassung

Hochgebirge stellen Ökosysteme dar, die sehr sensibel auf Klimaänderungen reagieren. Daher dürfte die für das 21. Jahrhundert prognostizierte Erhöhung der Temperaturen gravierende Auswirkungen auf die Biodiversität der Gipffluren haben. Im Rahmen des EU-Projektes GLORIA-Europe (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments-Europe) wurde begonnen, ein Dauerbeobachtungs-Netzwerk aufzubauen, um die Auswirkungen der Klimaänderung in den europäischen Hochgebirgen zu untersuchen und zu vergleichen. Das Projekt ist als Langzeit-Monitoring geplant, wobei die Artenvielfalt mindestens alle 10 Jahre wieder aufgenommen werden soll. Die westlichen Dolomiten (Italien) stellen innerhalb des Projektes eine der 18 untersuchten Hochgebirgsregionen Europas dar. Im Sommer 2001 wurden auf vier ausgewählten Gipfeln (2199 m, 2463 m, 2757 m, 2893 m Meereshöhe) in der Latemar- und Sella-Gruppe Dauerflächen eingerichtet und die Artenvielfalt 5 bzw. 10 m unterhalb jeden Gipfels untersucht. Erste Ergebnisse zeigten, dass die Dolomiten-Gipfel die höchste Artenvielfalt in Europa aufweisen.

Key words: Artenvielfalt, Dauerflächen, GLORIA-Europe, Klimaänderung, Langzeit-Monitoring.

Riassunto: Le Dolomiti - hot spots di biodiversità

Nel 21^{esimo} secolo è previsto un innalzamento notevole della temperatura terrestre. A seguito di ciò si aspetta una drastica variazione della biodiversità negli ecosistemi d'alta quota che reagiscono maggiormente ad un cambiamento climatico. Il progetto GLORIA-Europe (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments-Europe) è stato istituito in Europa come organismo che si prefigge di monitorare per lungo tempo gli effetti dei cambiamenti climatici in 18 ambienti europei d'alta quota in cui la diversità in specie verrà monitorata almeno ogni 10 anni. Le Dolomiti occidentali sono una delle 18 aree campione in Europa. Nel 2001 sono state

scelte 4 aree sommitali a differenti altitudini (2199 m, 2463 m, 2757 m, 2893 m s.l.m.) nel gruppo del Latemar e nel gruppo della Sella. A 5 metri dalla cima sono stati posti dei quadrati permanenti che permettono di monitorare negli anni la diversità in specie. Nelle aree comprese tra la cima e 5/10 m la vegetazione è stata rilevata. I primi risultati dimostrano la più alta diversità di tutte le aree campione in Europa.

Einleitung

Auf die jeweils verfügbare Landfläche bezogen, ist die Biodiversität der Gebirge höher als jene des Tieflandes (KÖRNER 2002). Die Ursachen dafür dürften vor allem in der hohen Anzahl an Mikrohabitaten, im Isolierungsgrad und in einer moderaten anthropozogenen Störung zu begründen sein (KÖRNER 1995, 2002). Gebirge werden als Kernzonen der Biodiversität bezeichnet (MESSERLI 1999), die jedoch höchst sensibel reagieren können, nicht nur gegenüber anthropogenen Veränderungen, sondern vor allem auch gegenüber Klimaänderungen (BENISTON 1994, PAULI et al. 2001a). Seit 1856 ist die mittlere globale Temperatur um durchschnittlich 0,6 K angestiegen und bis zur Mitte des 21. Jhts wird mit einem Anstieg von 1 bis 4,5 K gerechnet (IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change 1996). In den letzten 30 Jahren konnten höhen- und breitengradmäßige Verschiebungen der Pflanzenarten festgestellt werden (KÖRNER & WALTHER 2001, PAULI et al. 2001a). Für den Alpenraum werden gravierende Auswirkungen auf die Diversität der alpinen bis nivalen Stufe erwartet (GRABHERR et al. 1994, GOTTFRIED et al. 1994, PAULI et al. 1996). Dieses Szenario bildete den Hintergrund für das EU-Projekt GLORIA-EU (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments-Europe), das als Langzeit-Monitoring-Projekt im Jahre 2001 gestartet wurde. Ziel des Projektes ist es, die Diversität der europäischen Hochgebirge zu erfassen und zu vergleichen und die Änderung der Artenvielfalt entlang von Höhengradienten bzw. auch entlang der Breitengrade von Süd- nach Nordeuropa langfristig zu beobachten. Zu diesem Zwecke wurden in 18 Untersuchungsgebieten jeweils vier Gipfel von der Waldgrenze bis in die subnivale/nivale Stufe ausgewählt. Nach einem standardisierten Methodikprogramm wurden Dauerflächen eingerichtet und aufgenommen. Diese erste Aufnahme stellt einen Beitrag zur Biodiversitätsforschung auf europäischer Ebene dar, während die Wiederholung der Aufnahme in 10 Jahren essentiell sein wird für die Verifizierung der heutigen Prognosen und vor allem für Aussagen über künftige Entwicklungen und die zu erwartenden Artenverluste.

Eine der 18 untersuchten Regionen liegt in den Dolomiten. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die floristische Diversität, die Abundanz der Arten, die Deckung der Vegetation und die Vegetationstypen auf vier ausgewählten Gipfeln einheitlichen Substrats zu dokumentieren. Die Gipfel sollten den Höhengradienten vom Waldgrenzökoton bis in die subnivale Stufe umfassen. Frequenzanalysen in 16 Dauerflächen pro Gipfel dienen der Quantifizierung der aktuellen Artenvielfalt. Gleichzeitig bilden diese Flächen die Grundlage für das eigentliche Monitoring-Programm, d.h. für die Wiederholung der Aufnahmen alle 10 Jahre.

Gipffloren werden als besonders gefährdet erachtet, da sie von aufwärts-migrierenden Arten aus tieferen Lagen völlig verdrängt werden könnten (GRABHERR et al. 1995, THEURILLAT 1995). Besonders dramatisch dürfte sich eine Klimaänderung in isolierten Gebirgen mit hohem Anteil an Endemiten und seltenen Arten in den höchsten Lagen auswirken. In der vorliegenden Untersuchung wurde daher ein besonderes Augenmerk

auf das Vorkommen von Endemiten (südalpinen Endemiten und Ostalpen-Arten) und seltenen Arten gelegt. Wichtige Fragen der Arbeit waren:

- 1.) gibt es Hinweise für eine Bedrohung von Arten oder Artengruppen?
- 2.) gibt es Anzeichen für Migrationsbewegungen von Arten?
- 3.) welches sind die seltensten Arten auf den vier Gipfeln?

Da allen 18 EU-Projekt-Regionen ein standardisiertes Aufnahmeprotokoll zugrunde liegt, ist ein Vergleich der vier Dolomitengipfel mit anderen Gebirgssystemen Europas von besonderem Interesse. Ein derartiger Vergleich wurde bisher noch nicht angestellt. In einer ersten Übersicht sollte die Gesamtanzahl der Arten quer durch Europa verglichen werden.

Untersuchungsgebiete

Die vier untersuchten Gipfel liegen in den westlichen Dolomiten: in der Latemar- und Sella-Gruppe. Der niedrigste Gipfel befindet sich in der südlichen Latemar-Gruppe im Übergang von der subalpinen zur unteren alpinen Stufe (2199 m Meereshöhe). Zwei weitere Gipfel wurden in der nördlichen Latemar-Gruppe ausgewählt (2463m bzw. 2757 m Meereshöhe). Sie repräsentieren die untere bzw. obere alpine Stufe. Für das Ökoton „obere alpine/subnivale Stufe“ wurde ein weiterer Gipfel in der Sella-Gruppe im Bereich der Mesules-Hochfläche ausgewählt (2893 m Meereshöhe). Da es sich um touristisch unbedeutende Gipfel handelt, fehlen auch – mit einer Ausnahme (Do Peniola) – die Namen. Es wurden daher Fantasienamen und deren Abkürzungen verwendet: Grasmugel (GRM), Do Peniola (PNL), Ragnarök (RNK) und Monte Schutto (MTS).

Die drei Gipfel im Bereich der Latemar-Gruppe werden von Latemarkalk bestimmt (VARDABASSO 1930, LEONARDI 1967), der Gipfel in der Sella-Gruppe von Hauptdolomit (LAMMERER 1990, BOSELLINI 1998).

Die Jahresmitteltemperatur beträgt in der Nähe des untersten Gipfels ungefähr 0,9 °C (ermittelt aus den Temperaturdaten Tresca/Pampeago (ca. 2100 m Meereshöhe), Quelle: Meteomont del Comando Truppe Alpine, Comalp Bolzano).

Methodik

Auswahl der Gipfel, Einmessen der Dauerflächen, Markierung und Aufnahme richteten sich nach dem Methodikprotokoll des GLORIA-EU-Projektes (PAULI et al. 2001b, www.gloria.ac.at). Laut Vorgabe sollten die Gipfel folgende Ökotope umfassen: Waldgrenze/untere alpine Stufe, untere/obere alpine Stufe, obere alpine/subnivale Stufe, subnivale/nivale Stufe. Es war jedoch klar, dass nicht in allen Regionen „ideale“ Gipfel im Bereich dieser Ökotope vorfindbar sind. Im Untersuchungsgebiet Dolomiten konnten Gipfel in folgenden Höhenstufen ausgewählt werden: Waldgrenze/untere alpine Stufe, untere alpine Stufe, obere alpine Stufe, obere alpine/subnivale Stufe. Die wichtigsten Kriterien für die Gipfelauswahl waren: geringe anthropo-zoogene Beeinflussung (keine/wenig Beweidung, kein/wenig Tourismus), „moderate“ Geomorphologie (d.h. konische Berge, die vor allem allseits begehbare Gipfelflächen aufweisen), einheitliches geologisches Substrat (keinen Wechsel zwischen Kalk und Silikat), usw. (Details finden sich in PAULI et al. 2001b). Vom höchsten Punkt des jeweiligen Gipfels wurde in jeder Haupthimmelsrichtung 5 Höhenmeter unterhalb ein Dauerquadrat von 3x3 m errichtet und markiert (Abb. 1). Die vier Eckflächen dieses Dauerquadrats wurden für die

Frequenzanalyse verwendet. Mit Hilfe eines 1x1 m Rahmens, unterteilt in 100 Kleinquadrate, wurden die Arten aufgenommen. Die Frequenzaufnahmen wurden einer Klassifikation unterzogen (Programm MULVA 5, WILDI & ORLOCI 1990). Die Ergebnisse werden in Form einer Stetigkeitstabelle präsentiert mit folgenden Stetigkeitsklassen: 1 = 1-10%, 2 = 11-20%, 3 = 21-30%, 4 = 31-40%, 5 = 41-50%, 6 = 51-60%, 7 = 61-70%, 8 = 71-80%, 9 = 81-90%, x = 91-100%. Die Taxonomie und Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtet sich nach der Flora Europaea (Royal Botanic Garden Edinburgh, <http://193.62.154.38/FE/fe.html>), jene der Flechten nach WIRTH (1980).

Datenlogger zur Registrierung der Temperaturen in 10 cm Bodentiefe wurden im zentralen Bereich der 3x3 m-Fläche vergraben (Abb. 1). Die Temperaturmessung über ein Jahr hinweg wird hier dargestellt. Ein zweiter Satz an Datenloggern wurde im Sommer 2002 für ein weiteres Jahr ausgebracht.

Artenvielfalt und Gesamtdeckung der Vegetation wurden mit Hilfe einer semi-quantitativen Skala (r! = sehr selten, r = selten, s = zerstreut, c = häufig, d = dominant, vgl. PAULI et al. 2001b) in den vier Gipfelsektoren bis zur 5 m – Linie herab bzw. bis zur 10 m – Linie herab aufgenommen (Abb. 1). Für die Auswertung der seltensten Arten pro Gipfel wurden nur die sehr seltenen (= r!) Arten verwendet.

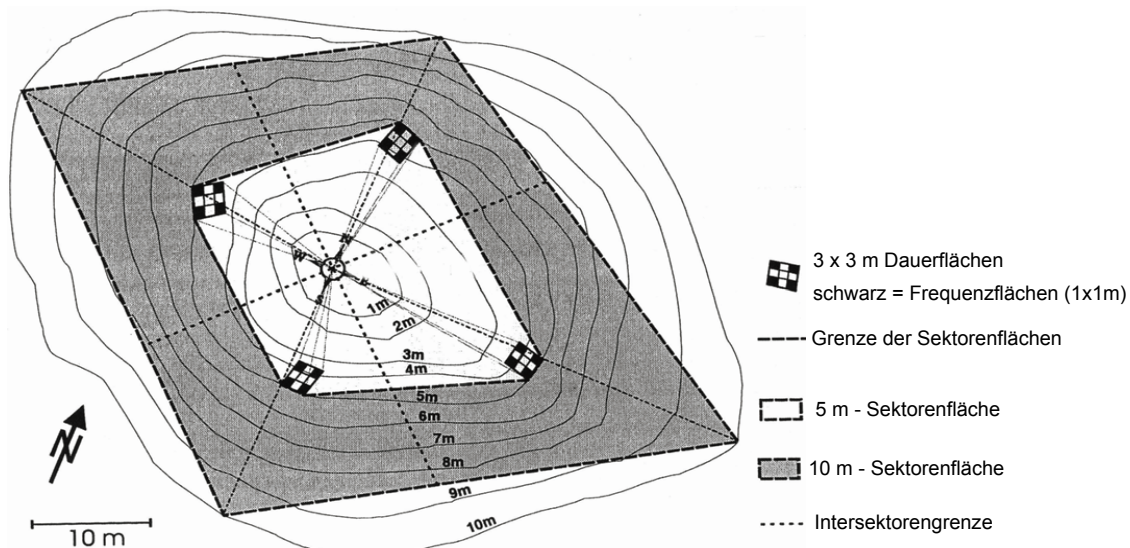
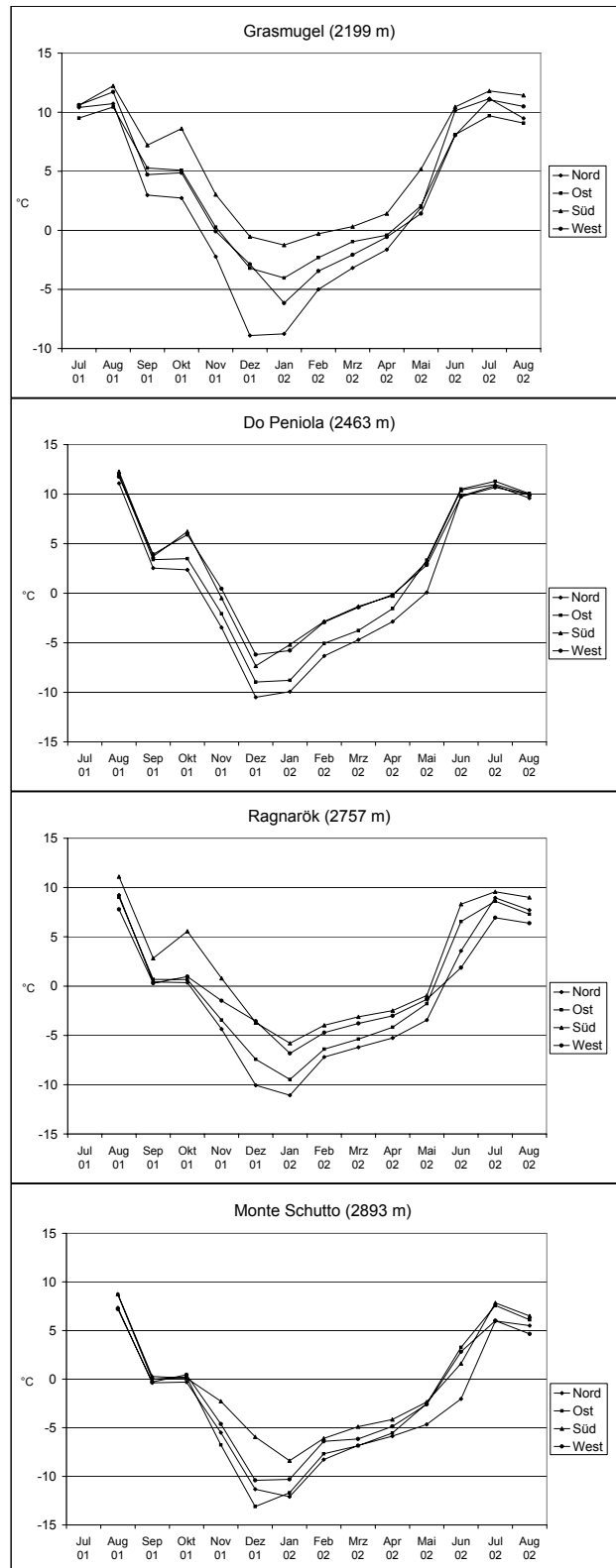


Abb. 1: Ausmessungs- und Aufnahmedesign vom höchsten Punkt des Gipfels aus in die Haupthimmelsrichtungen.

Ergebnisse

Der Temperaturgradient auf den vier Gipfeln, aufgeschlüsselt nach den Haupthimmelsrichtungen, ist in Abb. 2 dargestellt. Auf drei Gipfeln wiesen die Dauerschnittflächen in Nordexposition die niedrigsten Temperaturen auf; am höchsten Gipfel war sowohl die Nord- als auch die Ostfläche kälter als die Süd- bzw. Westfläche (Abb. 2).

Abb. 2:
 Temperaturkurven für die einzelnen Gipfel von Juli 2001 bis August 2002 (Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe, differenziert nach Haupthimmelsrichtungen).



Auf den vier untersuchten Gipfeln wurden insgesamt 198 Arten verzeichnet. Der niedrigste Gipfel wies 150 Arten auf (Abb. 3). Die beiden Gipfel in der unteren und oberen alpinen Stufe zeigten relativ geringe Unterschiede (84 bzw. 77 Arten), während bis zum höchsten Gipfel eine starke Reduktion der Artenzahl zu verzeichnen war (33 Arten, Abb. 3).

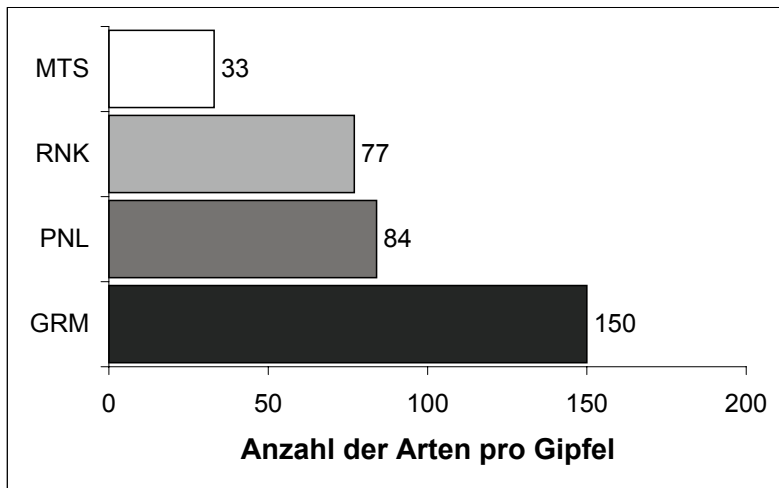


Abb. 3
Anzahl der Arten (Gefäßpflanzen und Flechten) pro Gipfel (GRM = 2199 m, PNL = 2463 m, RNK = 2757 m, MTS = 2893 m). Die Angaben beziehen sich auf die Gesamtfläche vom Gipfel bis zur 10 m – Linie.

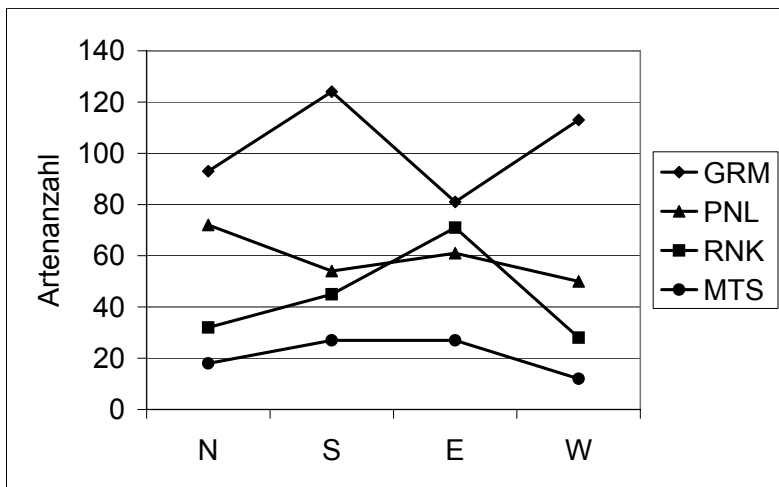


Abb. 4:
Abhängigkeit der Artenzahlen (Gefäßpflanzen und Flechten) von der Exposition vom niedrigsten (GRM = 2199 m) zum höchsten Gipfel (MTS = 2893 m).

Ein Großteil der Arten (164) gilt als typisch für den gesamten Alpenraum. Die Anzahl der Arten, die nur in den Ostalpen ihr Verbreitungsareal hat, beläuft sich auf 27. Daneben konnten 7 rein südalpine Endemiten festgestellt werden: *Achillea oxyloba*, *Gentiana terglouensis*, *Phyteuma sieberi*, *Potentilla nitida*, *Saxifraga squarrosa* und *Sesleria sphaerocephala*. Auf dem Ragnarök waren alle 7 vorhanden, auf dem Do Peniola 6, auf dem Monte Schutto 4 und auf dem Grasmugel konnten nur mehr 3 endemische Arten gezählt werden.

Betrachtet man die Abhängigkeit der Artenanzahl von der Exposition, kann eine gewisse Tendenz zu hoher Artenvielfalt auf den ost- und südexponierten Hängen der Gipfel festgestellt werden (Abb. 4). Die mittlere Artenvielfalt in den 5 m – Sektorenflächen (Abb. 5) läuft parallel mit dem Gradienten des Deckungsgrades vom niedrigsten (80 %) zum höchsten Gipfel (0.74 %, Abb. 6).

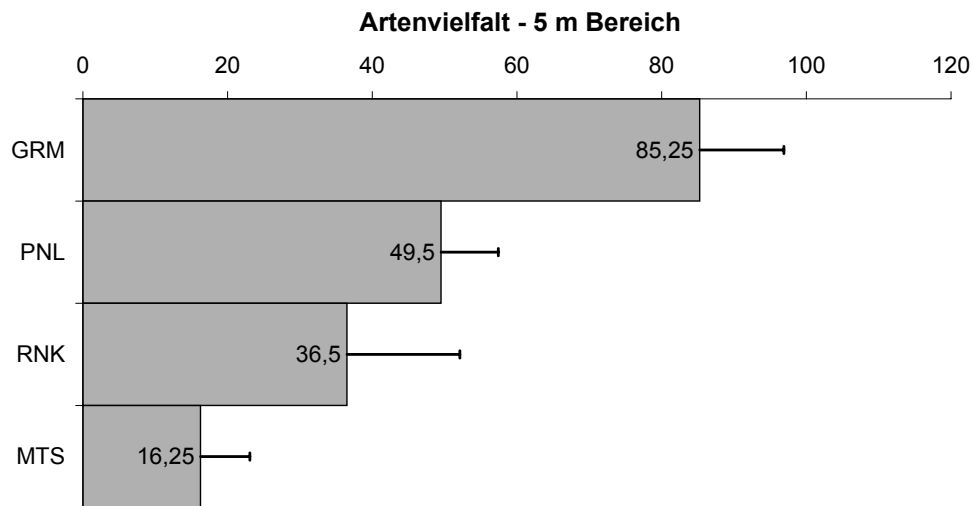


Abb. 5: Mittlere Artenvielfalt (Gefäßpflanzen und Flechten) 5 m unterhalb jeden Gipfels

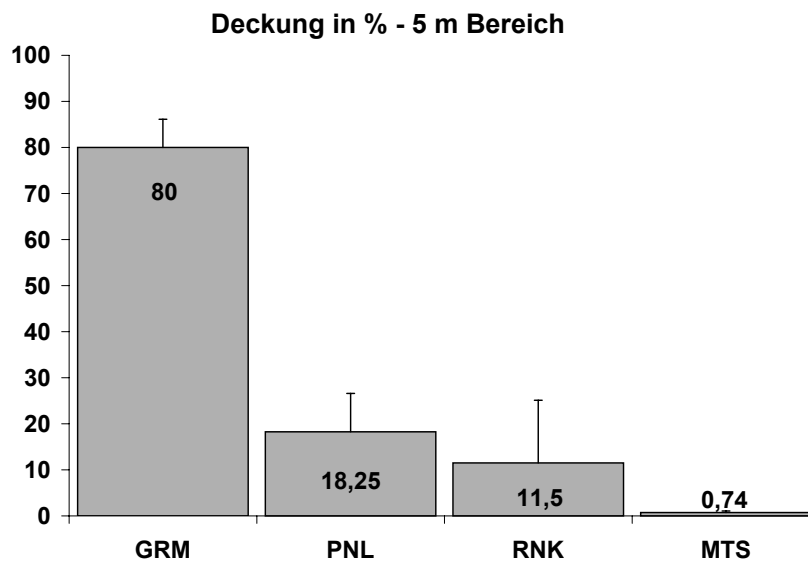


Abb. 6: Mittlere Deckung der Vegetation 5 m unterhalb jeden Gipfels

	GRM	PNL	RNK	MTS
GRM	88			
PNL	53	14		
RNK	14	52	11	
MTS	11	18	26	6

Tab. 1: Anzahl der Arten, die nur auf einem Gipfel vorkommen bzw. Anzahl der gemeinsamen Arten

Code	12	30	N	RNK E11
Exposition	58	50	N	RNK E31
Neigung (°)	43	19	N	RNK E13
Gesamtdeckung (%)	4,0	20	N	RNK E33
Gesamtartenzahl	16	25	S	RNK S13
	18	17	S	RNK S33
	21	11	S	RNK S11
	24	35	S	RNK S31
	7	0,4	W	RNK W31
	11	3,0	W	RNK W11
	6	2,2	W	RNK W33
	8	1,2	N	RNK N31
	13	0,9	W	RNK N33
	9	15	W	RNK N11
	12	5,1	N	RNK N13
	11	2,0	E	MTS E11
	8	1,5	E	MTS E33
	8	6,0	E	MTS E13
	10	1,0	W	MTS S33
	9	0,6	W	MTS S11
	10	0,8	W	MTS S31
	8	1,1	E	MTS E31
	9	2,3	W	MTS S13
	4	0,7	N	MTS N13
	5	0,4	N	MTS N33
	8	1,2	W	MTS W13
	5	3,4	N	MTS N11
	6	0,8	N	MTS N31
	2	0,6	W	MTS W11
	5	0,1	W	MTS W33
<i>Juniperus communis subsp. alpina</i>	.	.	.	.
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	.	.	.	.
<i>Vaccinium vitis-idaea subsp. vitis-idaea</i>	.	.	.	.
<i>Calamagrostis varia</i>	.	.	.	.
<i>Clematis alpina subsp. alpina</i>	.	.	.	.
<i>Rosa pendulina</i>	.	.	.	.
<i>Arctostaphylos alpinus</i>	.	.	.	.
<i>Cladonia arbuscula</i>	.	.	.	.
<i>Vaccinium myrtillus</i>	.	.	.	.
<i>Rubus saxatilis</i>	.	.	.	.
<i>Polygonatum verticillatum</i>	.	.	.	.
<i>Geranium sylvaticum</i>	.	.	.	.
<i>Luzula luzuloides</i>	.	.	.	.
<i>Erica herbacea</i>	.	.	.	.
<i>Festuca norica</i>	.	.	.	.
<i>Galium anisophyllum</i>	.	.	.	.
<i>Polygala chamaebuxus</i>	.	.	.	.
<i>Daphne striata</i>	.	.	.	.
<i>Festuca varia</i>	.	.	.	.
<i>Thymus praecox subsp. polytrichus</i>	.	.	.	2 1
<i>Silene vulgaris subsp. vulgaris</i>	.	.	.	.
<i>Lotus alpinus</i>	.	.	.	.
<i>Carduus defloratus</i>	.	.	.	.
<i>Pedicularis tuberosa</i>	.	.	.	.
<i>Pulmonaria angustifolia</i>	.	.	.	.
<i>Carlina acaulis</i>	.	.	.	.
<i>Botrychium lunaria</i>	.	.	.	1
<i>Gentiana acaulis</i>	.	.	.	.
<i>Potentilla crantzii</i>	.	.	.	1
<i>Biscutella laevigata subsp. laevigata</i>	.	.	.	.
<i>Luzula lutea</i>	.	.	.	.
<i>Soldanella alpina</i>	.	.	.	.
<i>Leontodon hispidus</i>	.	.	.	.
<i>Anemone baldensis</i>	.	.	.	.
<i>Parnassia palustris</i>	.	.	.	.
<i>Juncus trifidus subsp. trifidus</i>	.	.	.	.
<i>Anthoxanthum odoratum subsp. alpinum</i>	.	.	.	.
<i>Carex atrata subsp. atrata</i>	.	.	.	.
<i>Avenula versicolor</i>	.	.	.	.
<i>Homogyne alpina</i>	.	.	.	.
<i>Trollius europaeus</i>	.	.	.	.
<i>Leontodon pyrenaicus subsp. helveticus</i>	.	.	.	1
<i>Cladonia rangiferina</i>	.	.	.	.
<i>Nigritella nigra subsp. nigra</i>	.	.	.	.
<i>Pinguicula alpina</i>	.	.	.	.
<i>Salix reticulata</i>	.	.	.	.
<i>Viola biflora</i>	.	.	.	.
<i>Antennaria carpatica</i>	.	.	.	.
<i>Pedicularis verticillata</i>	.	.	.	.
<i>Carex capillaris</i>	.	.	.	.
<i>Crepis jacquinii subsp. kernerii</i>	.	.	.	.
<i>Selaginella selaginoides</i>	.	.	.	.
<i>Gentianella anisodonta</i>	.	.	.	1 1
<i>Coeloglossum viride</i>	.	.	.	.
<i>Saxifraga paniculata</i>	.	.	.	.

	GRM E11	GRM E13	GRM E31	GRM E33	GRM S31	GRM S11	GRM S13	GRM S33	GRM W31	GRM W33	GRM W11	GRM W13	GRM N11	GRM N31	GRM N13	GRM N33	PNL E11	PNL N33	PNL W33	PNL W11	PNL W13	PNL E31	PNL E33	PNL N13	PNL N11	PNL N31	PNL S11	PNL S31	PNL S13	PNL S33
Gentiana verna subsp. verna	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geum reptans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium murorum agg.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Huperzia selago subsp. selago	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Leontopodium alpinum subsp. alpinum	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ligusticum mutellinoides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Myosotis alpestris	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Papaver alpinum subsp. rhaeticum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pinus cembra	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Polygala alpestris	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla aurea subsp. aurea	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pulsatilla vernalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rhododendron x intermedium	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Salix retusa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scabiosa lucida	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scorzonera aristata	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Silene rupestris	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thesium alpinum	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Valeriana tripteris	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

59 % der Arten auf dem niedrigsten Gipfel kommen nur dort vor, während er mit dem zweithöchsten 35 % gemeinsam hat, mit dem dritthöchsten 29% und mit dem höchsten Gipfel nur mehr 7 %. Do Peniola und Ragnarök haben 67 % gemeinsame Arten, Ragnarök und Monte Schutto insgesamt 79 %. Die Absolutzahlen der eigenen und gemeinsamen Arten der Gipfel können Tab. 1 entnommen werden.

Die Klassifikation der Frequenzanalysen (1 x 1 m-Dauerflächen) erbrachte auf dem untersten Gipfel eine deutliche Differenzierung der Flächen je nach Exposition (Tab. 2). Der ostexponierte Hang wird von *Juniperus communis* ssp. *alpina*, *Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium vitis-idaea* bestimmt. In den südexponierten Rasenflächen dominieren *Festuca norica* und *F. varia*. Westexponiert ist ein sehr artenreiches Seslerio-Caricetum sempervirentis ausgebildet, während der Nordhang deutlich pionierhafteren Rasencharakter aufweist mit *Dryas octopetala* und mehreren Felsspaltenvertretern.

Der Gipfel Do Peniola weist relativ einheitlich in allen Richtungen einen Pionierrasen auf (*Dryas octopetala*, *Carex rupestris*, *Sesleria sphaerocephala* und *Carex firma*), der durch eine Reihe von endemischen Felsspaltenarten angereichert ist.

Am Ragnarök unterscheiden sich vor allem Ost- und Südexposition von Nord- und Westexposition. Jene werden von *Sesleria sphaerocephala* und *Poa alpina* charakterisiert, während west- und nordseitig hauptsächlich nur noch Schutt- und Felsspaltenvertreter anzutreffen sind. Diese Flächen stehen bereits den ost- und südseitigen Flächen des höchsten Gipfels sehr nahe, die durch *Saxifraga sedoides*, *Cerastium uniflorum*, *Pritzelago alpina* und *Draba aizoides* gekennzeichnet werden (Tab. 2).

	RNK E11	RNK E31	RNK E13	RNK E33	RNK S13	RNK S33	RNK S11	RNK S31	RNK W31	RNK W11	RNK W33	RNK N31	RNK N33	RNK N11	RNK N13	MTS E11	MTS E33	MTS E13	MTS S33	MTS S11	MTS S31	MTS E31	MTS S13	MTS N13	MTS N33	MTS W13	MTS N11	MTS N31	MTS W11	MTS W33	
<i>Gentiana verna</i> subsp. <i>verna</i>
<i>Geum reptans</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hieracium murorum</i> agg.
<i>Huperzia selago</i> subsp. <i>selago</i>
<i>Leontopodium alpinum</i> subsp. <i>alpinum</i>
<i>Ligusticum mutellinoides</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Myosotis alpestris</i>
<i>Papaver alpinum</i> subsp. <i>raeticum</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus cembra</i>
<i>Polygala alpestris</i>
<i>Potentilla aurea</i> subsp. <i>aurea</i>
<i>Pulsatilla vernalis</i>
<i>Rhododendron</i> x <i>intermedium</i>
<i>Salix retusa</i>
<i>Scabiosa lucida</i>
<i>Scorzonera aristata</i>
<i>Silene rupestris</i>
<i>Thesium alpinum</i>
<i>Valeriana tripteris</i>

Betrachtet man die seltensten Arten auf den Gipfeln (Tab. 3), so sind es am niedrigsten Gipfel hauptsächlich Arten aus subalpinen Pflanzengesellschaften (*Aconitum lycoctonum*, *Cystopteris fragilis*, *Pinus cembra*) und die südalpine Felsspaltenart *Saxifraga squarrosa*. In der unteren und oberen alpinen Stufe handelt es sich um alpine Rasenarten (*Festuca varia*, *Hieracium villosum*, *Oxytropis campestris*), um die subalpine *Salix hastata* und die Pionierrasenart *Dryas octopetala* (Tab. 3). Die seltensten Arten auf dem höchsten Gipfel in der subnivalen Stufe umfassen neben den Felsspaltenarten *Festuca intercedens* und *Potentilla nitida* hauptsächlich Vertreter der alpinen Rasengesellschaften (*Kobresia myosuroides*, *Leontodon helveticus*, *Salix herbacea*). Auch ein subalpiner Vertreter, *Salix alpina*, ist hier zu nennen.

	GRM	PNL	RNK	MTS	Ges.
<i>Aconitum lycoctonum</i> subsp. <i>neapolitanum</i>	r!	.	.	.	subalp
<i>Cystopteris fragilis</i>	r!	.	.	.	subalp
<i>Pinus cembra</i>	r!	.	.	.	subalp
<i>Saxifraga squarrosa</i>	r!	c	s	.	F
<i>Festuca varia</i>	s/c	r!	.	.	R
<i>Hieracium villosum</i>	.	r!	.	.	R
<i>Oxytropis campestris</i> subsp. <i>campestris</i>	.	r!	.	.	R
<i>Salix hastata</i>	s/c	r!	r!	.	subalp
<i>Dryas octopetala</i>	c	c	r!	.	P
<i>Festuca intercedens</i>	.	s	s/c	r!	F
<i>Kobresia myosuroides</i>	s/c	r	r/c	r!	R
<i>Leontodon pyrenaicus</i> ssp. <i>helveticus</i>	c	.	.	r!	R
<i>Potentilla nitida</i>	.	c	r/s	r!	F
<i>Salix alpina</i>	.	.	.	r!	subalp
<i>Salix herbacea</i>	.	.	.	r!	S/R

Tab. 3: Die seltensten Arten auf den Gipfeln (Gipfel – 10 m Bereich) und ihre Gesellschaftszugehörigkeit (= Ges.): subalp = subalpine Gesellschaften, F = Felsspaltengesellschaften, R = alpine Rasen, P = Pionierrasen, S = Schneeböden

Diskussion

Von den 18 im GLORIA-EU-Projekt untersuchten Berggipfeln wies das Untersuchungsgebiet in den Dolomiten die höchste Artenvielfalt auf (198 Arten), gefolgt vom Hochschwab-Gebiet in den Nordöstlichen Kalkalpen (174 Arten) und dem Nördlichen Apennin (169 Arten, PAULI et al. unveröff.), während in der Tatra auf Silikat beispielsweise nur 75 bzw. 72 Arten gezählt wurden (PAULI et al. unveröff.). Gipfel der Kalkalpen sind naturgemäß artenreicher im Vergleich zu Gipfeln mit silikatischem Muttergestein (VIRTANEN et al. 2002). Die hohen Artenzahlen in den Dolomiten kommen in erster Linie durch die Vielfalt am niedrigsten Gipfel zustande. In diesem Waldgrenzökoton sind je nach Exposition unterschiedliche Gesellschaften bestandbildend: ostexponiert eine Zwergstrauchheide, südexponiert ein *Gentianello anisodontae-Festucetum variae* (WALLOSSEK 1999), westexponiert ein *Seslerio-Caricetum sempervirentis* und nordexponiert ein *Caricetum firmae*. Die Bestände am Do Peniola entsprechen einem *Caricetum firmae* mit der Variante *Potentilla nitida*. Eine vergleichbare Gesellschaft wurde von DALLA TORRE (1982) in der Puez-Geisler-Gruppe beschrieben. Diese Pionierrasen stehen wohl der Gesellschaft *Gentiano terglouensis-Caricetum firmae* sehr nahe, die GRABHERR et al. (1993) für die Südostalpen angeben. Am Ragnarök könnte man vor allem südseitig von einem Initialrasen sprechen, während die anderen Hauptrichtungen von Felsspalten- und Schuttarten geprägt werden. Am höchsten Gipfel ist erstaunlicherweise auch noch eine relativ hohe Artenvielfalt zu finden, wobei Schuttarten überwiegen. Eine Zuordnung zu den in der Literatur beschriebenen Gesellschaften fällt jedoch schwer, zumal für die Dolomiten eigene subnivale Gesellschaften zu erwarten sind, die aber bisher noch nicht pflanzensoziologisch bearbeitet wurden.

Der Gradient der Artenabnahme mit zunehmender Meereshöhe ist in den Dolomiten weniger steil als in anderen europäischen Gebirgen (vgl. Übersicht in KÖRNER 2002). Insgesamt zeigte sich eine gewisse Tendenz, dass die kühleren Temperaturen auf den Nordseiten eine geringere Artenvielfalt bedingen.

Alpine und nivale Lebensräume und ihre Arten sind hervorragende Indikatoren für Klimaänderungen (GRABHERR et al. 2001). Bedeutsam für Zukunftsprognosen sind vor allem seltene Arten und Endemiten (GRABHERR et al. 1995, THEURILLAT 1995). Auf dem niedrigsten Gipfel zählt z. B. die südalpine Felsspaltenart *Saxifraga squarrosa* zu den seltensten Arten. Aber auch die Pionierrasenarten im *Caricetum firmae* und *Seslerio-Caricetum sempervirentis* könnten durch die zunehmende Konkurrenz der Waldgrenzarten zurückgedrängt werden und mit der Zeit überhaupt verschwinden. Dieses Szenario wird auf jeden Fall für niedrige Gebirge angenommen (GRABHERR et al. 1994). Gerade hier ist im Moment noch die höchste Diversität konzentriert, die durch das Höherwandern der Zwergstrauch-, Hochstauden- und subalpinen Waldarten stark reduziert werden dürfte. *Pinus cembra*, *Picea abies* und *Aconitum lycoctonum* haben sich ja bereits vereinzelt in den Gipfelflächen des Grasmugels etabliert.

Bei den höheren Gipfeln sind vermutlich vor allem die südalpinen Endemiten und Felsspaltenvertreter von einem Höherwandern der alpinen Rasenarten betroffen. Die Alpen werden, im Vergleich zur Arktis, als besonders sensibel eingestuft auf Grund des hohen Endemitenreichtums (WALKER et al. 2001). Im Moment zeigt sich zumindest auf den mittelhohen Gipfeln des Untersuchungsgebietes keine Gefährdung der südalpinen Endemiten ab. Am höchsten ausgewählten Gipfel ist allerdings die südalpine *Potentilla nitida* als eine der seltensten Arten aufgefallen. Von besonderem Interesse auf diesem Gipfel sind die weiteren seltenen Arten, bei denen es sich um Vertreter der alpinen Rasen bzw. bereits eine subalpine Art handelt. Sie sind wohl als Vorposten der Migrationsbewegung

von unten nach oben zu deuten, die langfristig zum Aussterben von nivalen und sub-nivalen Elementen führen kann (GOTTFRIED et al. 2002). Gerade auf dem höchsten Gipfel konnte eine hohe Anzahl an unbestimmbaren Keimlingen festgestellt werden. Damit scheint das Potential für die Sukzession zum Rasen bereits vorhanden zu sein.

Die Konsequenzen der zu erwartenden Migration auf Grund der Klimaänderung sind vielfältig: es ist nicht nur das Szenario des Artenschwundes an sich, sondern auch die Wachstumsänderung der Arten selbst (ERSCHBAMER 2001a) und die damit verbundene Auswirkung auf Sukzessionsvorgänge (ERSCHBAMER 2001b) bzw. die Änderung der Bodenstabilität und des Abflussregimes (WALKER et al. 2001) oder das Verschwinden des Permafrostes (VONDER MÜHLL 2001), die weitreichende ökologische Folgen haben dürften.

Dank

Das Projekt GLORIA-EU wurde aus EU-Mitteln finanziert. Für die Organisation und Koordination bedanken wir uns bei Univ.-Prof. Dr. GEORG GRABHERR und den übrigen Mitgliedern der co-ordination group. Die Temperaturdaten für die Station Tresca/Pampeago wurden uns freundlicher Weise vom Comando Truppe Alpine, Sezione Meteomont, Comalp Bolzano überlassen. Bei Herrn Dr. THOMAS WILHALM bedanken wir uns für die konstruktiven Vorschläge zur ersten Manuskriptversion.

Literatur

- BENISTON M., 1994: Climate scenarios for mountain regions. In: BENISTON M. (ed.) Mountain environments in changing climates. Routledge, London and New York, 136-154.
- BOSELLINI A., 1998: Geologie der Dolomiten. Verlagsanstalt Athesia, Bozen.
- DALLA TORRE M., 1982: Die Vegetation der subalpinen und alpinen Stufe in der Puez-Geisler-Gruppe. Dissertation Univ. Innsbruck, 235 S.
- ERSCHBAMER B., 2001a: Climate change experiments on a glacier foreland in the Central Alps. In: VISCONTI G., BENISTON M., IANNORELLI E.D. & BARBA D. (eds.): Global Change and Protected Areas. Kluwer Acad. Pub., Dordrecht: 37-44.
- ERSCHBAMER B., 2001b: Responses of some Austrian glacier foreland plants to experimentally changed microclimate conditions. In: WALTER G.-R., BURGA C.A. & EDWARDS P.J. (eds.): Fingerprints of Climate Change. Kluwer Acad. Pub., New York, London: 263-279.
- GOTTFRIED M., PAULI H. & GRABHERR G., 1994: Die Alpen im „Treibhaus“: Nachweise für das erwärmungsbedingte Höhersteigen der alpinen und nivalen Vegetation. Jb. Ver. Schutz Bergw., 59. Jahrg.: 13-27.
- GOTTFRIED G., PAULI H., REITER K. & GRABHERR G., 2002: Potential effects of climate change on alpine and nival plants in the Alps. In: KÖRNER C. & SPEHN E.M. (eds.) Mountain Biodiversity. A Global Assessment. Parthenon Publ., New York, London, 213-224.
- GRABHERR G., GREIMLER J. & MUCINA L. (1993): *Sesleria albicans*. In: GRABHERR G. & MUCINA L. (eds.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. Fischer, Jena, Stuttgart, New York: 402 - 446.
- GRABHERR G., GOTTFRIED M. & PAULI H., 1994: Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
- GRABHERR G., GOTTFRIED M., GRUBER A. & PAULI H., 1995: Patterns and current changes in alpine plant diversity. In: CHAPIN III F.S. & KÖRNER C. (eds.) Arctic and Alpine Biodiversity: Patterns, Causes and Ecosystem Consequences. *Ecological Studies* 113: 167-182.
- GRABHERR G., GOTTFRIED M. & PAULI H., 2001: High mountain environment as indicator of global change. In: VISCONTI G., BENISTON M., IANNORELLI E.D. & BARBA D. (eds.) Global Change and Protected Areas. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Boston, London, 331-346.

- IPCC, Intergovernmental Panel of Climate Change, 1996: Technical summary. In: HOUGHTON J.T., MERIA FILHO L.G., CALLANDER B.A., HARRIS N., KATTENBERG A. & MASKELL K. (eds.) Climate change 1995: the science of climate change. Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, UK, pp. 13-49.
- KÖRNER C., 1995: Alpine plant diversity: a global survey and functional interpretations. In: CHAPIN III F.S. & KÖRNER C. (eds) Arctic and Alpine Biodiversity: Patterns, Causes and Ecosystem Consequences. Ecological Studies 113: 45-62.
- KÖRNER C., 2002: Mountain biodiversity, its causes and function: an overview. In: KÖRNER C. & SPEHN E.M. (eds.) Mountain Biodiversity. A Global Assessment. Parthenon Publ., New York, London, 3-20.
- KÖRNER C. & WALTHER G.-R., 2001: Fingerprints of climate change – concluding remarks. In: WALTHER G.-R., BURGA C.A. & EDWARDS P.J. (eds.) „Fingerprints“ of Climate Change. Kluwer Acad./Plenum Publ. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 305-316.
- LAMMERER B., 1990: Wege durch Jahrtausende. Geologische Wanderungen zwischen Brenner und Gardasee. Tappeiner Verlag, Bozen + Karten des Servizio Geologica d'Italia, Roma.
- LEONARDI P., 1967: Le Dolomiti. Geologia dei monti tra Isarco e Piave. 3 Vol. Trento.
- MESSERLI B., 1999: The global mountain problematic. In: Price M. (ed.) Global Change in the Mountains. Parthenon Publ. New York, London, 1-3.
- PAULI H., GOTTFRIED M. & GRABHERR G., 1996: Effects of climate change on mountain ecosystems – upward shifting of alpine plants. World Resource Review 8: 382-390.
- PAULI H., GOTTFRIED M. & GRABHERR G., 2001a: High summits of the Alps in a changing climate. In: WALTHER G.-R., BURGA C.A. & EDWARDS P.J. (eds.) „Fingerprints“ of Climate Change. Kluwer Acad./Plenum Publ. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 139-150.
- PAULI H., GOTTFRIED M., HOHENWALLNER D., HÜLBER K. & REITER K., 2001b: GLORIA: The Multi-Summit Approach. Field Manual, Third Version, Vienna.
- THEURILLAT, J.-P. (1995): Climate change and the alpine flora: some perspectives. In: GUISSAN A., HOLTEN J.I., SPICHIGER R. & TESSIER L. (eds.) Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains. Conserv. Jard. Bot., Genève, 121-127.
- VARDABASSO S., 1930: Carta geologica del territorio eruttivo di Predazzo e Monzoni nelle Dolomiti di Fiemme e Fassa. 1:25.000. Padova.
- VIRTANEN R., DIRNBÖCK T., DULLINGER S., PAULI H., STAUDINGER M. & GRABHERR G., 2002: Multi-scale patterns in plant species richness of European high mountain vegetation. In: KÖRNER C. & SPEHN E.M. (eds.) Mountain Biodiversity. A Global Assessment. Parthenon Publ., New York, London, 91-102.
- VONDER MÜHLL D., 2001: Thermal variations of mountain permafrost: an example of measurements since 1987 in the Swiss Alps. In: WALTHER G.-R., BURGA C.A. & EDWARDS P.J. (eds.) „Fingerprints“ of Climate Change. Kluwer Acad./Plenum Publ. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 83-95.
- WALKER M.D., GOULD W.A. & CHAPIN III F.S., 2001: Scenarios of biodiversity changes in arctic and alpine tundra. In: CHAPIN III F.S., SALA O.E. & HUBER-SANNWALD E. (eds) Global Biodiversity in a Changing Environment. Springer, New York, Berlin, Heidelberg, 83-100.
- WALLOSSEK C., 1999: Der Buntschwengel (*Festuca varia* agg., Poaceae) im Alpenraum: Untersuchungen zur Taxonomie, Verbreitung, Ökologie und Phytosoziologie einer kritischen Artengruppe. Habilitationsschrift Univ. Köln, 175 S.
- WILDI O. & ORLOCI L., 1990: MULVA 5. Numerical Exploration of Community Patterns. SPB Academic Publishing, Den Haag, 171 S.
- WIRTH V., 1980: Flechtenflora. Ulmer, Stuttgart.

Adressen der Autoren:

A. Univ.-Prof. Dr. Brigitta Erschbamer, Mag. Martin Mallaun & Mag. Peter Unterluggauer
Institut für Botanik, Sternwartestr. 15, A – 6020 Innsbruck,
Brigitta.Erschbamer@uibk.ac.at, Martin.Mallaun@uibk.ac.at, Peter.Unterluggauer@uibk.ac.at