©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 16, 57-66. Hannover 2004

Florenwandel in der alpinen Stufe des Berninagebiets – ein Klimasignal ?

- Conradin A. Burga, Zürich, Gian-Reto Walther & Sascha Beißner, Hannover -

Summary

During summer 2003, the flora of 11 mountain peaks of the Bernina region (Grisons, Switzerland) have been monitored and compared with former inventories of both the years 1903-09 and 1983-86. 9 mountain peaks show an increase of plant species of 23 to 286 %. Following plant species show a distinct rise of their upper limit: *Adenostyles alliariae* (in 3040 m a.s.l., + 440 m), *Pinus cembra* (2810 m, + 230 m), *Chamorchis alpina* (2760 m, + 60 m), *Cystopteris fragilis* (2720 m, + 520 m), *Rubus idaeus* (2540 m, + 240 m), *Gentiana ciliata* (2510 m, + 260 m), *Verbascum crassifolium* (2230 m, + 130 m). The vegetation shift in the alpine and subnival belt recorded in the early 1990ies can also be confirmed for other regions of the Alps and Scandinavia. Regarding global warming, other possible fields of research of mountain peak monitoring are mentioned.

Key words: monitoring of mountain peaks, global warming, alpine flora, biodiversity, vegetation shift.

1. Einleitung

Im Zuge der allgemeinen Diskussion über die globale Klimaerwärmung (vgl. die IPCC-Berichte von 2001 (ProClim 2002, OcCC 2002, 2003) sowie entsprechende Webseiten) wird auch die Vegetation, insbesondere der mutmaßliche Anstieg von deren Obergrenzen im Hochgebirge, anhand von Feldbeobachtungen und Modellen intensiv studiert (vgl. dazu z.B. THEURILLAT & GUISAN 2001, BURGA et al. 2003, WALTHER 2003). Warum lohnt es sich, Berggipfel hinsichtlich ihres floristischen Bestandes im Zusammenhang mit den möglichen Auswirkungen der globalen Klimaänderung längerfristig zu beobachten? Die nachfolgenden Resultate eines Gipfel-Monitorings im Berninagebiet sollen darauf eine Antwort geben. Allgemein gilt, dass in gemäßigten humiden Klimaten die Pflanzenvielfalt mit zunehmender Meereshöhe abnimmt. Genauer betrachtet verändert sich die Artenzahl mit der Höhe in folgender Weise (Tab. 1; vgl. GRABHERR et al. 1995):

Tab. 1: Veränderung der Artenzahl mit der Meereshöhe.

~1900 bis <2200 m ü.M.	rund 100 Arten	(ca. 300 bis 400 m konstante Werte)
>2200 bis <2500 m ü.M.	Abnahme auf rund 70 Arten	
>2500 bis <2800 m ü.M.	rund 50 Arten	(ca. 300 bis 400 m konstante Werte)
>2800 bis <3100 m ü.M.	Abnahme von rund 50 auf etwa 15 Arten	

Im Bereich von Berggipfeln herrschen vielfältige Standortverhältnisse; die zahlreichen Kleinstandorte der Gebirgspflanzen können sich bekanntlich sehr stark hinsicht-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

lich Exposition, Strahlung (Temperatur, Insolation), Feuchte, Schneebedeckung, Wind und Substrat (Bodenbildung) voneinander unterscheiden. Die Stabilität des Substrats spielt bezüglich Gipfelfloren-Monitoring bei ausgesprochen steilen Berggipfeln eine besondere Rolle, indem längerfristig auch größere Rasenteile infolge Hangabtrag verloren gehen können und somit immer wieder neue Nischen für die primäre Besiedelung geschaffen werden (vgl. Foto 1, siehe auch WALTHER et al. 2004).

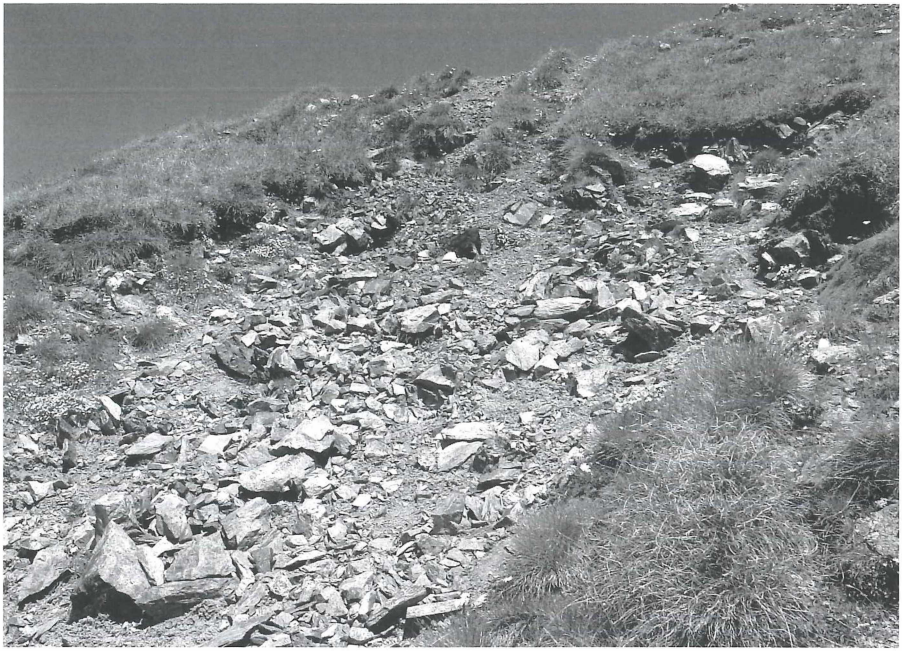

Foto 1: Erosionsrinne im Gipfelbereich des Piz Chatscheders (2985 m ü.M.).

2. Historisches

Als ältestes Gipfelfloren-Monitoring der Schweizer Alpen sind die Aufnahmen von 1835 am Piz Linard (3411 m) bei Susch in Unterengadin von O. HEER (1866) zu bezeichnen (PAULI et al. 2001a). Bezogen auf unser Untersuchungsgebiet ist die pflanzengeographische Monographie des Berninagebiets von E. RÜBEL (1912) von größter Bedeutung. Diese vermittelt über diese Region ein erstes umfassendes floristisches Inventar. Es wurden im frühen 20. Jahrhundert zahlreiche Gipfel bestiegen und deren Flora notiert (leider ohne Häufigkeitsangaben oder Deckungsgrade). J. BRAUN-BLANQUET (1913) hat ebenfalls zahlreiche Engadiner Gipfel bestiegen, beginnend mit dem Piz Nair (3010 m) oberhalb St. Moritz. Neben E. RÜBEL (1912) sind die nach rund 80 Jahren zwischen 1983 und 1986 wiederholten Beobachtungen von H.R. HOFER (1992) für die vorliegende Studie sehr wertvoll.

G. GRABHERR et al. (1994, 2001) haben in den Ostalpen (Rätische-Lepontische Alpen, Ötztaler Alpen, Zillertaler Alpen, Rieserferner Gruppe, Hohe Tauern) insgesamt 35 Gipfel auf deren Flora untersucht. Im Jahr 2001 wurde das EU-Projekt GLORIA-EUROPE unter der Leitung von G. Grabherr gestartet (PAULI et al. 2001b). M. CAMENISCH (2002) wiederholte 3 von insgesamt 13 früher von J. BRAUN-BLANQUET (1958) im Unterengadin / Schweizerischen Nationalpark durchgeführten Gipfelbeobachtungen. Die im Rahmen von GLORIA innerhalb des Schweizerischen National-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

parks ausgewählten und 2002 untersuchten Berggipfel und das zukünftige Beobachtungsprogramm wurden in SCHEURER & CAMENISCH (2002) kurz dargelegt. Im Zusammenhang mit der zwanzigjährigen floristischen Untersuchung der Sedimentgebiete im Umkreis der Südrätischen Alpen / Engadin, dem Livignasco und Bormiese von R. REINALTER (2003) lassen sich für einige Gipfel des Berninagebiets weitere aufschlussreiche Vergleiche mit der historischen Literatur anstellen (vgl. unter Diskussion).

3. Die Felderhebungen von Juli/August 2003

Es wurde die Flora folgender Berggipfel erhoben: Piz Languard (3262 m ü.M.), P. Vadret (3199 m), P. Alv (2975 m), P. Tschüffer (2916 m), P. Chatscheders (2985 m), P. Minor (3049 m), P. dals Lejs (3044 m), P. Lagalb (2959 m), P. Trovat (3146 m), Munt Pers (3207 m) und Las Sours (2979 m) (vgl. Foto 2).

Methodisch wurde gemäß den Vorgaben der früheren Aufnahmeverfahren vorgegangen (RÜBEL 1912, HOFER 1992), indem die Gipfelflora der obersten 10 Höhenme-

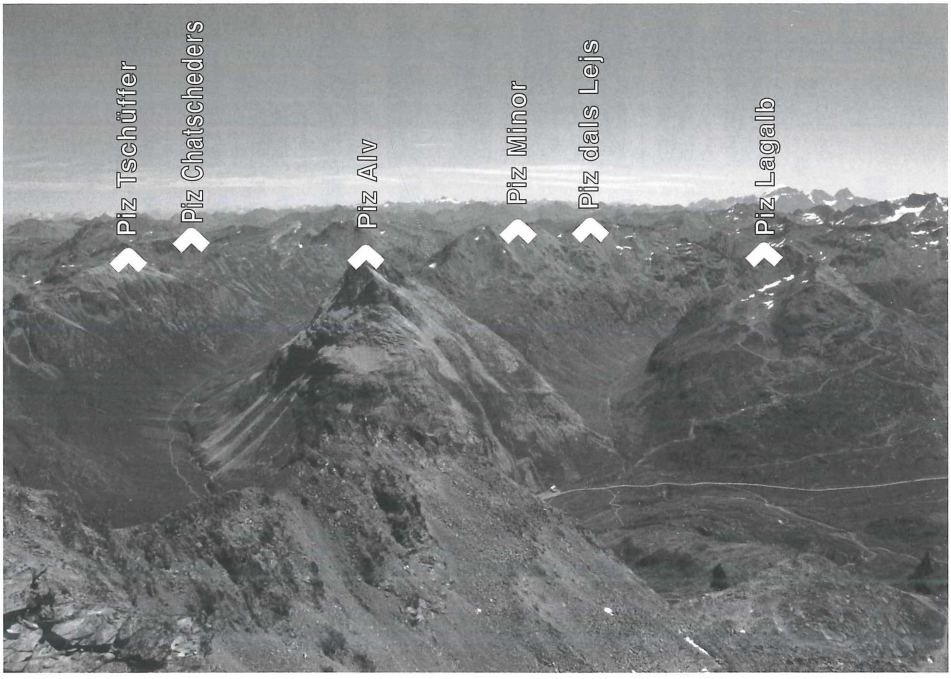

Foto 2: Blick vom Munt Pers (3207 m ü.M.) auf einige der 2003 reinventarisierten Gipfel des Berninagebietes.

ter notiert wurde (Ausnahmen in Übereinstimmung mit den früheren Aufnahmen: Piz Languard: oberste 30 Höhenmeter; Piz Vadret: Südflanke ab 3010 m ü.M.). In einigen interessanten Fällen wurde zusätzlich auf einer separaten Liste die sich unmittelbar unten anschliessende Flora von weiteren 10 bis 20 Höhenmetern erfasst.

4. Resultate

Die Veränderungen der Artenzahl der Gipfel zu den jeweiligen Aufnahmezeitpunkten wird in Abb. 1 dargestellt. Bei der großen Mehrheit der Gipfel war selbst im Ver-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

gleich zu den Aufnahmen der 1980er Jahre (HOFER 1992) eine Zunahme der Artenzahl zu verzeichnen. Einzige Ausnahme stellt der Grobschuttgipfel des Piz Trovat dar, der eine relativ konstante und auf tiefem Niveau liegende Artenzahl aufweist. Allerdings reiht sich der bei HOFER (1992) mit einer leichten Artenabnahme aufgeführte Piz Languard (3262 m, Silikat) mittlerweile auch in die Liste der Gipfel mit zunehmenden Artenzahlen ein, mit einem Anstieg von 39 auf 49 Arten (+ 23 %; vgl. Tab. 2).

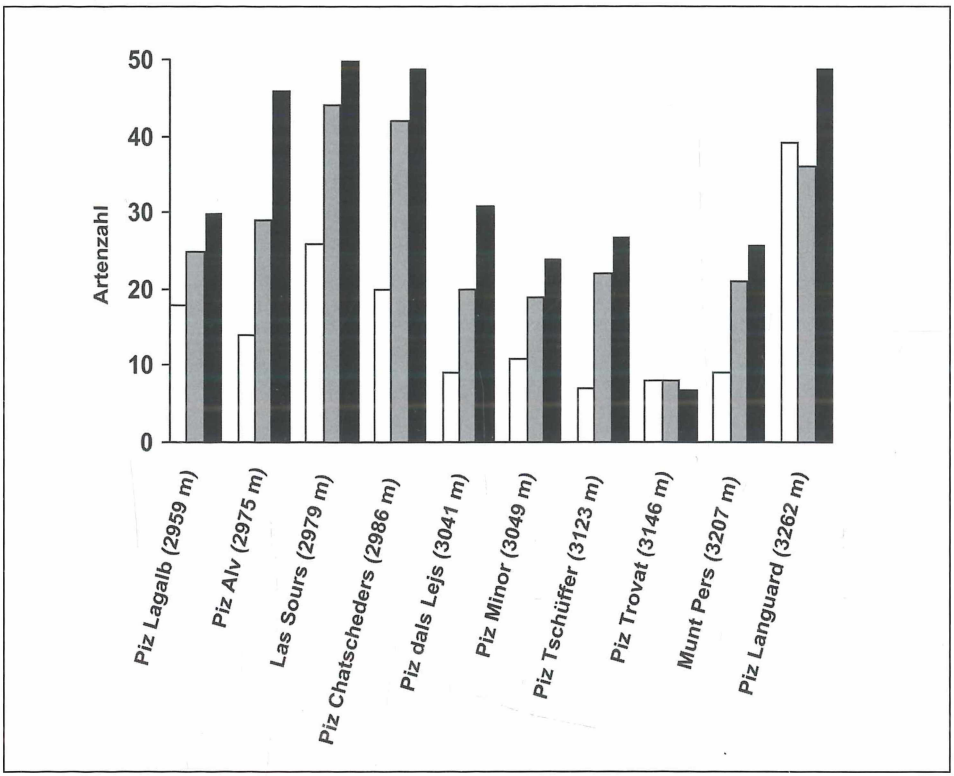

Abb. 1: Veränderungen der Anzahl Pflanzenarten auf 10 der untersuchten Berggipfel des Berninagebiets □ (1903-09 (RÜBEL 1912), ▒ 1983-86 (HOFER 1992), ■ 2003 (eigene Daten)).

Folgende Gipfel weisen eine deutliche Artenzunahme auf (Vergleich der Rübel-Aufnahmen aus den Jahren 1903-09 (RÜBEL 1912) mit den eigenen Aufnahmen von 2003) (Tab. 2).

Aus dem Vergleich der Zu- und Abgänge sowie der unveränderten Vorkommen über den gesamten Untersuchungszeitraum (Abb. 2) wird ersichtlich, dass bei nur sehr geringen Verlusten vorwiegend neue Arten hinzugekommen sind; d.h. es wurden fast alle Arten früherer Aufnahmen wiedergefunden (vgl. auch Tab. 2).

Damit hält der von HOFER (1992) festgestellte Trend unvermindert an. Auch aus der Ordination der Florenveränderungen von 20 Oberengadiner Gipfel (Abb. 3) lassen sich unabhängig vom Substrat-Typ (Karbonat- oder Silikatgipfel) die deutlichen Veränderungen der Artenzahl erkennen. Im weiteren zeichnen sich die neu hinzugekommenen Arten insbesondere durch höhere Temperaturzeigerwerte (nach LANDOLT 1977) aus (Abb. 4).

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Tab. 2: Veränderung der Artenzahl der Berggipfel zwischen 1903-09 und 2003.

Berggipfel	Artenzahl 1903-09	Artenzahl 2003	Gemeinsam	Neu-zugänge	Zunahme [%]
Piz Tschüffer 2916 m, Karbonat	7	27	5	22	285,7
Piz dals Lejs 3044 m, Silikat	9	31	8	23	244,4
Piz Alv 2975 m, Karbonat	14	46	13	33	228,5
Munt Pers 3207 m, Silikat	9	26	9	17	188,9
Piz Chatscheders 2985 m, Silikat	20	49	19	30	145,0
Piz Minor 3049 m, Silikat	11	24	11	13	118,2
Las Sours 2979 m, Silikat	26	50	22	28	92,3
Piz Lagalb 2959 m, Silikat	18	30	18	12	66,7

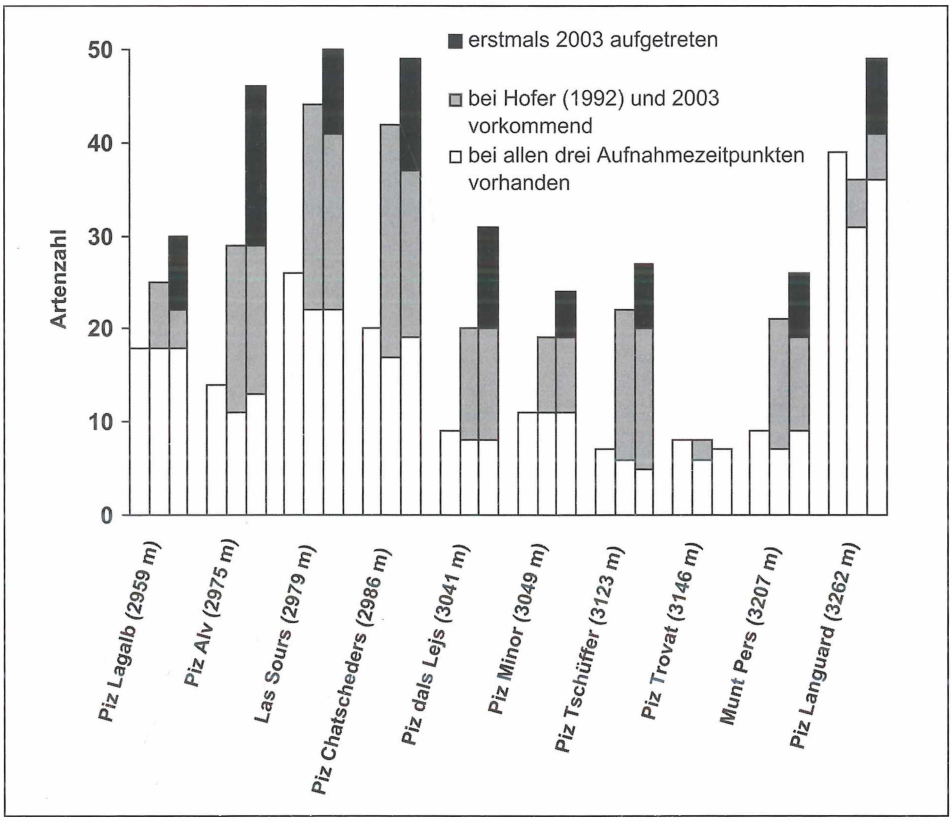

Abb. 2: Zu- und Abgänge sowie unveränderte Vorkommen der Pflanzenarten auf Berggipfeln des Berninagebiets. Die drei Säulen pro Gipfel repräsentieren wiederum die drei Aufnahmezeitpunkte (vgl. Abb. 1).

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Weitere wertvolle Angaben zur Flora des Berninagebiets über die beiden Jahrzehnte 1982 bis 2002 von R. REINALTER (2003) liefern für die hier behandelte Fragestellung einige interessante zusätzliche Informationen (vgl. Tab. 3 und 4).

Aus Tab. 3 lassen sich folgende bemerkenswerte Anstiege der Höhenverbreitung im Berninagebiet herauslesen: *Pinus cembra*: + 230 m (2400 m, maximale Höhenverbreitung in Klammer nach LANDOLT 1984), oberhalb der Bovalhütte/Morteratsch in 2480 m einige abgestorbene Arven; *Rubus idaeus*: + 240 m; *Verbascum crassifolium*: + 130 m (2000 m); *Achillea millefolium:* + 180 m (2500 m); *Laserpitium gaudinii*: + 110 m (2400 m). Zudem treten einige wohl vom Menschen verschleppte Pflanzenarten (mit Schwerpunkt ihrer Verbreitung in tieferen (kollin-montanen) Lagen) in bemerkenswerten Meereshöhen auf (*Veronica persica*, *Stellaria media*).

Tab. 3: Vergleich rezenter floristischer Aufnahmen mit historischer Literatur zur Vegetation des Berninagebiets (REINALTER 2003).

Pflanzenart	Histor. Literatur	1982 - 2002
Pinus cembra	2580 m	2810 m
Rubus idaeus	2300 m	2540 m
Verbascum crassifolium	2100 m	2230 m
Veronica persica	1840 m	2110 m
Stellaria media	2280 m	2640 m
Achillea millefolium	2380 m	2560 m
Polystichum lonchitis	2460 m	2570 m
Thalictrum minus	2180 m	2280 m
Laserpitium gaudinii	2300 m	2410 m
Galium lucidum	2100 m	2240 m
Cuscuta epithymum	2200 m	2260 m

Auf den Piz Tschüffer (2916 m) bezogen (vgl. Tab. 4) sind folgende Arten bemerkenswert: *Gentiana ciliata*: + 260 m (2500 m); *Cystopteris fragilis*: + 520 m; *Scabiosa lucida*:+ 60 m (2700 m); *Chamorchis alpina*: + 60 m (2700 m).

Tab. 4: Vergleich rezenter floristischer Aufnahmen mit historischer Literatur zum Piz Tschüffer (2916 m ü.M.) (REINALTER 2003).

Pflanzenart	Histor. Literatur	1982 - 2002
Cystopteris fragilis	2200 m	2720 m
Asplenium septentrionale	2600 m	2630 m
Euphorbia cyparissias	2300 m	2580 m
Helianthemum alpestre	2620 m	2720 m
Gentiana verna	2650 m	2750 m
Gentiana ciliata	2250 m	2510 m
Galium boreale	2100 m	2420 m
Valeriana versifolia	2400 m	2500 m
Scabiosa lucida	2730 m	2790 m
Pedicularis verticillata	2620 m	2780 m
Chamorchis alpina	2600 m	2760 m
Kobresia simpliciuscula	2620 m	2710 m
Silene rupestris	2660 m	2720 m

Unterhalb des Gipfels des Piz Vadret (3199 m) fanden wir im Juli 2003 in 3040 m (ansonsten in den Alpen bis 2600 m verbreitet) ein nicht-blühendes Exemplar von *Adenostyles alliariae* (typisch in der Alpendostflur mit Fichte, dem Piceo-Adenostyletum).

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

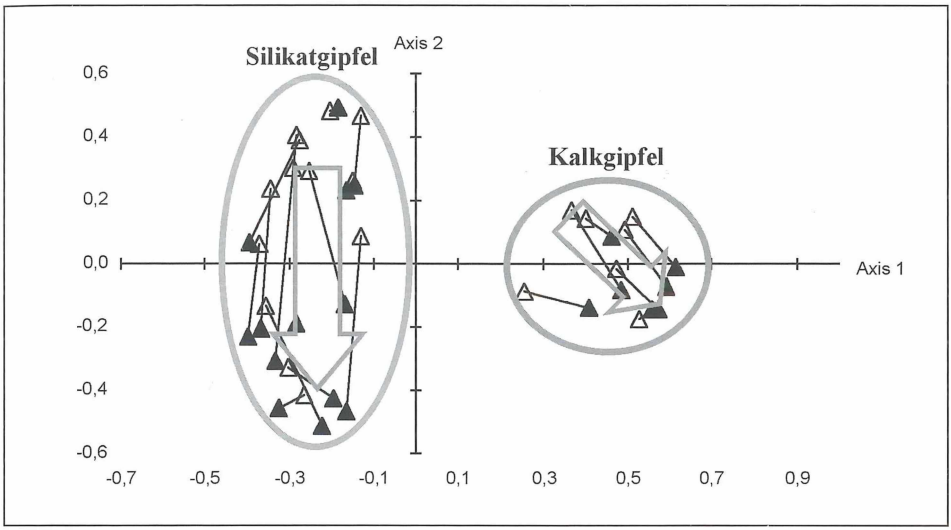

Abb. 3: Ordination der Florenveränderungen von 20 Oberengadiner Gipfel.(△ = historische Daten ▲= rezente Daten; Korrelationen der Hauptachsen: Achse 1: Substrattyp (+0,97); Achse 2: Artenzahl (-0,84); Daten aus GRABHERR et al. 2001 sowie eigene Daten).

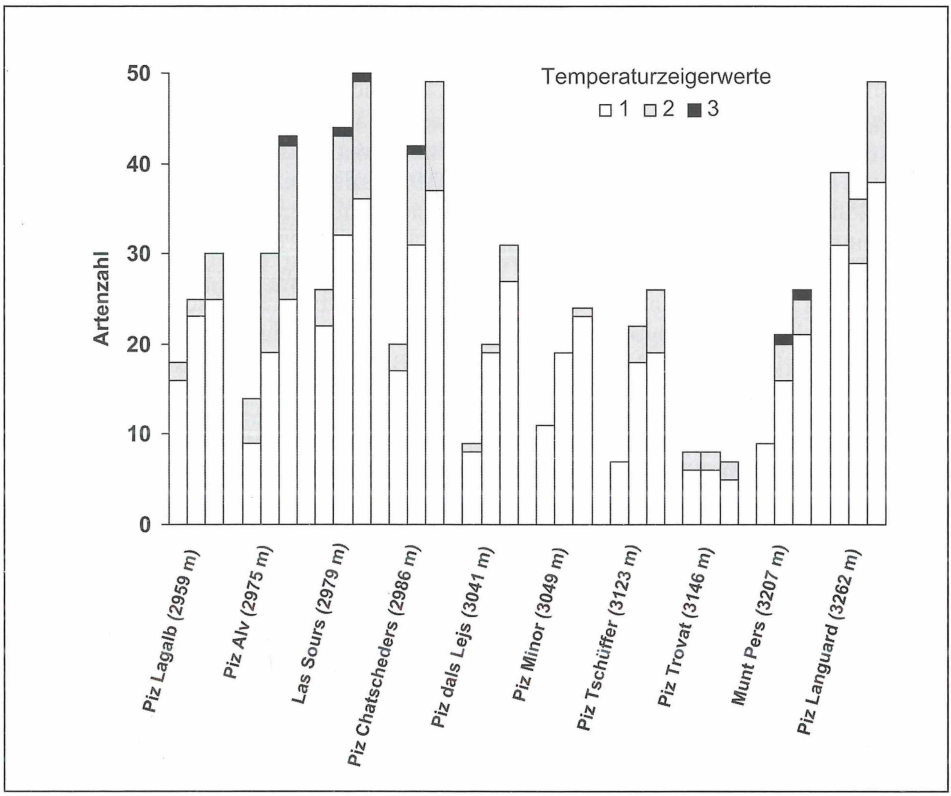

Abb. 4: Verteilung der Temperatur-Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) der auf den 10 untersuchten Berggipfeln vorkommenden Pflanzenarten. Die drei Säulen pro Gipfel repräsentieren wiederum die drei Aufnahmezeitpunkte (vgl. Abb. 1).

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

5. Diskussion

Schon BRAUN-BLANQUET (1955, 1957) hat festgestellt, dass sich Berggipfel mit historischen Vegetationsinventarisierungen „ganz besonders für fortlaufende Daueruntersuchungen zur Feststellung der zeitlichen Veränderungen der Gipfelflora und Vegetation eignen". In neuerer Zeit wurde diese Idee erstmals wieder von HOFER (1992) aufgegriffen, der eine beachtliche Artenzunahme der Gipfelfloren im Berninagebiet festgestellt hat, die auch von GRABHERR et al. (1994), CAMENISCH (2002) (vgl. Tab. 5), BAHN & KÖRNER (2003) für weitere Gipfel der Alpen sowie von KLANDERUD & BIRKS (2003) für skandinavische Gebirge bestätigt wurden.

Tab. 5: Änderungen der Gipfelflora von Unterengadiner Berggipfel (aus CAMENISCH 2002).

Berggipfel	Artenzahl ca. 1920	Artenzahl 2002	Gemeinsam	Zunahme (1920-2002)	Zunahme %
272,2Piz Murtèr 2836 m, Dolomit	18	67	15	49	272,2
Piz Foraz 3092 m, Dolomit	9	14	8	5	55,5
Piz Plazèr 3104 m, Silikat	16	17	14	1	6,2

Während die erwähnten Arbeiten den einfachen Vergleich historischer mit aktuellen Vegetationsinventarisierungen durchführten, können wir mit den hier vorgestellten Resultaten erstmals bei mehreren Gipfeln einen zweiten Zeitschritt im Rahmen eines Gipfelmonitorings durchführen. Dieser zeigt, dass sich insbesondere die Klimabedingungen des wärmsten Jahrzehnts (1990er Jahre) seit Beginn der globalen klimatischen Messreihen deutlich auf die Vegetationsverhältnisse der alpinen Gipfel ausgewirkt und im Vergleich zu den Aufnahmen von HOFER (1992) erneut eine Artenzunahme bewirkt haben. Aufgrund der Zeigerwert-Analyse lässt sich schließen, dass v.a. Arten der unteren alpinen und subalpinen Stufe nachrücken. Damit hält der von GRABHERR et al. (1994) postulierte aufwärtsgerichtete Wanderungstrend in der alpin-nivalen Stufe unvermindert an. Ausnahmen stellen einzig die aus grobem Blockschutt aufgebauten Gipfel dar, die aus edaphischen Gründen nur einer unterdurchschnittlichen Anzahl Pflanzenarten Lebensraum bieten können (vgl. z.B. Angaben zum Piz Trovat in Abb. 1).

Die hier zusammengestellten Resultate fügen sich nahtlos in die aktuellen Übersichten der Auswirkungen der jüngsten Klimaerwärmungsphase auf die Vegetation im Allgemeinen (vgl. WALTHER 2003) sowie bezüglich der Hochgebirgsvegetation im Speziellen (WALTHER et al. 2004) ein und stellen einen weiteren ökologischen "Fingerprint" der Klimaänderung dar (WALTHER et al. 2001, PARMESAN & YOHE 2003, ROOT et al. 2003; vgl. auch WALTHER et al. 2002).

6. Ausblick

Die genaue Abgrenzbarkeit, detaillierte Dokumentation der historischen Verhältnisse sowie der relativ geringe Einfluss des Menschen auf Berggipfeln eignet diese Standorte ganz besonders für fortlaufende Daueruntersuchungen zur Feststellung der zeitlichen Veränderungen der Gipfelflora und -vegetation. Weitere ergänzende Forschungsansätze zum Gipfel-Monitoring im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung wären u.a. Untersuchungen zur Samenbank, zur Vitalität (Samenbildung) von Gipfel-Arten, Beobachtungen über Einflüsse (Äsung, Trittschäden) durch Huftiere (Stein-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

bock, Gemse, Hirsch, vgl. z.B. HOLTMEIER 2002, 2003). Ferner könnte auch ein langfristiges Monitoring zu Veränderungen der Untergrenzen der subalpinen und alpinen Vegetationshöhenstufen von Interesse sein.

Zusammenfassung

Im Sommer 2003 wurde die Flora von 11 Berggipfeln des Berninagebiets (Graubünden, Schweiz) erhoben und mit den Resultaten früherer Aufnahmen der Jahre 1903-09 und 1983-86 verglichen. 9 Gipfel zeigen eine Arten-Zunahme von 23 bis 286 %. Folgende Pflanzenarten weisen bemerkenswerte Höhenanstiege auf: *Adenostyles alliariae* (in 3040 m ü.M., + 440 m), *Pinus cembra* (2810 m, + 230 m), *Chamorchis alpina* (2760 m, + 60 m), *Cystopteris fragilis* (2720 m, + 520 m), *Rubus idaeus* (2540 m, + 240 m), *Gentiana ciliata* (2510 m, + 260 m), *Verbascum crassifolium* (2230 m, + 130 m). Der in den frühen 1990er Jahren festgestellte Trend zum Höhenanstieg der Pflanzen in der alpinen und subnivalen Stufe der Alpen konnte auch für weitere Gipfel der Alpen und Skandinaviens bestätigt werden. Es werden weitere mögliche Forschungsansätze zum Gipfel-Monitoring im Zusammenhang mit der globalen Klimaerwärmung genannt.

Danksagung

Die Autoren danken Romedi Reinalter (Brail/CH) sowie Jan Barkowski (Hannover/D) für deren Unterstützung während der Feldarbeiten. Das Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG Projekt WA 1523/6-1) finanziell unterstützt.

Literatur

BAHN, M. & CH. KÖRNER (2003): Recent Increases in Summit Flora Caused by Warming in the Alps. In: NAGY, L., G. GRABHERR, CH. KÖRNER & D.B.A. THOMPSON (Eds.) Alpine Biodiversity in Europe. – Ecol. Stud. **167**: 437-441. Springer, Berlin, 477 pp.

BRAUN-BLANQUET, J. (1913): Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch-Lepontischen Alpen. – Neue Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges. **48**, 348 S.

BRAUN-BLANQUET, J. (1955): Die Vegetation des Piz Languard, ein Masstab für Klimaänderungen. – Svensk Bot. Tidskrift **49** (1-2): 1-9.

BRAUN-BLANQUET, J. (1957): Ein Jahrhundert Florenwandel am Piz Linard (3414 m). – Bull. Jard. Botan. Bruxelles Vol. Jubil. W. Robyns (Comm. SIGMA 137): 221-232.

BRAUN-BLANQUET, J. (1958): Über die obersten Grenzen pflanzlichen Lebens im Gipfelbereich des Schweizerischen Nationalparks. – Erg. Wiss. Unters. Schweiz. Nat.parks 6, **39**: 119-142.

BURGA, C.A., W. HAEBERLI, B. KRUMMENACHER & G.-R. WALTHER (2003): Abiotische und biotische Dynamik in Gebirgsräumen – Status quo und Zukunftsperspektiven. In: JEANNERET, F., D. WASTL-WALTER, U. WIESMANN & M. SCHWYN (Herausgeber) Welt der Alpen – Gebirge der Welt. Ressourcen, Akteure, Perspektiven: 25-37. Haupt, Bern, 280 S.

CAMENISCH, M. (2002): Veränderungen der Gipfelflora im Bereich des Schweizerischen Nationalparks: Ein Vergleich über die letzten 80 Jahre. – Jber. Natf. Ges. Graubünden **111**: 27-37.

GRABHERR, G., M. GOTTFRIED & H. PAULI (1994): Climate effects on mountain plants. – Nature **369**: 448.

GRABHERR, G., M. GOTTFRIED, A. GRUBER & H. PAULI (1995): Patterns and Current Changes in Alpine Plant Diversity. In: CHAPIN III, F.S. & CH. KÖRNER (Eds.): Arctic and Alpine Biodiversity: 169-181. Springer, Berlin. 332 pp.

GRABHERR, G., M. GOTTFRIED & H. PAULI (2001): Long-term monitoring of mountain peaks in the Alps. In: BURGA, C.A. & A. KRATOCHWIL (Eds.) Biomonitoring: General and Applied Aspects on Regional and Global Scales: 153-177. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London. 242 S.

HEER, O. (1866): Der Piz Linard. Jahrb. des Schweiz. Alpin Club III: 457-471.

HOFER, H.R. (1992): Veränderungen in der Vegetation von 14 Gipfeln des Berninagebietes zwischen 1905 und 1985. – Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich **58**: 39-54.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

HOLTMEIER, F.-K. (2002): Tiere in der Landschaft: Einfluss und ökologische Bedeutung. Ulmer, Stuttgart, 367 S.

HOLTMEIER, F.-K. (2003): Der Einfluss der Tiere in der Landschaft. – Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. **15**: 31-44.

KLANDERUD, K. & H.J.B. BIRKS (2003): Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants. – The Holocene **13**(1): 1-6.

LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich **64**, 208 S.

LANDOLT, E. (1984): Unsere Alpenflora. 5. Auflage. Schweizer Alpen-Club. Brugg, Yverdon, Zürich, 318 S. und 120 Bildtafeln.

OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques) (2002): Das Klima ändert – auch in der Schweiz. Die wichtigsten Ergebnisse des dritten Wissenstandsberichts des IPCC aus der Sicht der Schweiz. OcCC, Bern, 48 S.

OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques) (2003): Extremereignisse und Klimaänderung. OcCC, Bern, 88 S.

PARMESAN, C. & G. YOHE (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. – Nature **421**: 37-42.

PAULI, H., M. GOTTFRIED & G. GRABHERR (2001a): High summits of the Alps in a changing climate. The oldest observation series on high mountain plant diversity in Europe. In: WALTHER, G.-R., C.A. BURGA & P.J. EDWARDS (Eds.) "Fingerprints" of Climate Change. Adapted Behaviour and Shifting Species Ranges: 139-149. Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, 329 S.

PAULI, H., M. GOTTFRIED, D. HOHENWALLNER, K. HÜLBER, K. REITER & G. GRABHERR (2001b): GLORIA, The Multi-Summit Approach. Field Manual, Second Draft Version. Wien, Selbstverlag, 35 S. mit Anhang.

ProClim (2002) Dritter Wissensstandsbericht des IPCC (TAR). Klimaänderung 2001: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Herausgegeben von ProClim- Forum für Klima und Global Change, Schweiz. Akademie der Naturwissenschaften, Bern, 119 S.

REINALTER, R. (2003): Zur Flora der Sedimentgebiete im Umkreis der Südrätischen Alpen, Livignasco, Bormiese und Engiadin'Ota (Schweiz-Italien). – Denkschr. Schweiz. Akad. Naturwiss. **105**. Birkhäuser, Basel, 534 S.

ROOT, T.L., J.T. PRICE, K.R. HALL, S.H. SCHNEIDER, C. ROSENZWEIG & J.A. POUNDS (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. – Nature **421**: 57-60.

RÜBEL, E. (1912): Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Engelmann, Leipzig, 615 S.

SCHEURER, T. & M. CAMENISCH (2002): Leben in dünner Luft. Die Entwicklung der Vegetation auf Berggipfel. – Cratschla **2**: 8-9.

THEURILLAT, J.-P. & A. GUISAN (2001) Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. – Climatic Change **50**: 77-109.

WALTHER, G.-R. (2003): Plants in a warmer world. – Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics **6**(3): 169-185.

WALTHER, G.-R., C.A. BURGA & P.J. EDWARD (eds.) (2001): „Fingerprints" of Climate Change - Adapted behaviour and shifting species ranges. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 329pp.

WALTHER, G.-R., E. POST, P. CONVEY, A. MENZEL, C. PARMESAN, T.J.C. BEEBEE, J.-M. FROMENTIN, O. HOEGH-GULDBERG & F. BAIRLEIN (2002): Ecological responses to recent climate change. – Nature **416**: 389-395.

WALTHER, G.-R., S. BEIßNER & R. POTT (2004): Climate change and high mountain vegetation shifts. In: BROLL, G. & B. KEPLIN (eds.): Mountain Ecosystems–Studies in Treeline Ecology. Springer, Heidelberg (in press).

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Conradin A. Burga, Geographisches Institut, Universität Zürich, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich, Schweiz

Dr. Gian-Reto Walther, Dipl. Biol. Sascha Beißner, Institut für Geobotanik, Universität Hannover, Nienburger Straße 17, D-30167 Hannover, Deutschland

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: 16

Autor(en)/Author(s): Burga Conradin A., Walther Gian-Reto, Beißner Sascha

Artikel/Article: Florenwandel in der alpinen Stufe des Berninagebiets - ein Klimasignal? 57-66