

Einfluss von Weidevieh und Wild auf die Ausbreitung alpiner Gefäßpflanzen

S. ERTL, K. HÜLBER, K. REITER und G. GRABHERR

Abstract

In this study we focus on the question whether domestic and wild herbivores (i.e. sheep, goat, cattle, chamois und ibex) affect the dispersal of alpine plants. This question is crucial when studying migration processes due to global warming, because animals could enforce the presumed upward shifting of vegetation.

The research areas are located in the siliceous Central Alps, at Mt. Schrankogel, and in the Verpeil area (Tyrol). Samples of faeces were gathered in the upper alpine and subnival vegetation belts. These samples were analyzed for contents of diaspores and exposed in the greenhouse for germination experiments.

Moderate amounts of diaspores of different species were found in the faeces, but only very few of these species germinated successfully (15% of the species found in the faeces or 3% of the flora of the study area). Germination rates of diaspores, collected at the same time in the research area, and treated alike, turned out to be distinctly higher. These results indicate that herbivores act as potential dispersal agents for alpine plants. In closed swards, however, herbivores seem to be of minor importance for seed dispersal.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob und inwieweit Weidevieh und Wild die Ausbreitung alpiner Pflanzenarten beeinflussen und klimainduzierte Migrationserscheinungen in der Alpin- und Subnivalstufe verstärken können. In den Untersuchungsgebieten am Schrankogel und im Verpeil (Stubai- bzw. Ötztaler Alpen/Tirol), die sich über verschiedene Vegetationstypen und Höhenlagen in der Alpin- und Subnivalstufe erstrecken, wurden Kotproben von

Schafen, Rind, Ziegen, Gamsen und Steinböcken gesammelt, die hinsichtlich ihres Gehalts an Diasporen und deren Keimfähigkeit untersucht wurden. In den Proben waren Diasporen von ca. 25% der Flora vertreten. Nur ein geringer Anteil (15%) von den in den Kotproben festgestellten Arten gelangten zur Keimung. Das sind 3% der Flora des Gebiets. Bei Vergleichsversuchen mit im Untersuchungsgebiet gesammelten Diasporen waren die Keimerfolge unter gleichen Bedingungen deutlich höher. Diese Ergebnisse zeigen, dass Herbivore als potentielle Verbreiter von Hochgebirgspflanzen durchaus in Frage kommen. Ihr Einfluss auf die geschlossenen Rasengesellschaften scheint aber von geringer Bedeutung zu sein.

Einleitung

Vergleichsstudien aus den Ostalpen belegen, dass Hochgebirgspflanzen innerhalb des 20. Jahrhunderts in höhere Lagen vorgedrungen sind (GRABHERR et al., 1994, 1995; GOTTFRIED et al., 1994; PAULI et al., 2001). Als wesentliche Ursache für das Höherwandern alpiner/subnivaler Gefäßpflanzen wird die seit etwa Mitte des 19. Jahrhunderts einsetzende Klimaerwärmung gesehen.

Das alpine Grasland wird seit prähistorischen Zeiten vom Menschen durch Weidetiere mitgeprägt. Weidetiere, insbesondere Schafe und Ziegen, sowie Wildtiere sind potentielle Samenverbreiter, welche die Migration von Hochgebirgspflanzen fördern oder verstärken könnten. Betrachtet man die Retentionszeiten zwischen Fraß und Ausscheidung und die Wanderbewegungen der Tiere, so ist eine endozoochore Verbreitung potentiell leicht möglich (vgl. BURTON und ANDREWS, 1948; LENNARTZ, 1955; RUSSI et al., 1992).

Hinweise für mögliche Vorteile von Endozoochorie im Gegensatz zur Windver-

breitung finden sich u.a. bei CHAMBERS (1991): In alpinen Ökosystemen ist es für kleine Diasporen schwieriger, in Böden mit großen Partikeln durch Windverbreitung einen günstigen Mikrostandort zur Etablierung zu finden, als für große Diasporen. Kleine Diasporen werden zwar leichter im Boden gefangen, sind aber in größeren Tiefen zu finden, was sich ungünstig auf eine Keimung auswirken könnte.

URBANSKA und SCHÜTZ (1986) konnten andererseits bei Keimversuchen mit alpinen Arten erhöhte Keimraten nach Skarifikation und Säurebehandlung der Samen feststellen, was darauf schließen lässt, dass die mechanischen und chemischen Einwirkungen der Darmpassage sogar günstige Auswirkungen auf das Keimverhalten haben könnten.

Es liegen jedoch noch keine umfassenden Untersuchungen zum Einfluss von Herbivoren auf die Ausbreitung von Hochgebirgspflanzen vor.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die Frage, inwieweit Nutztiere und Wild für die Migration von Pflanzen in der Alpinstufe und aus der Alpin- in die Nivalstufe von Bedeutung sind. Dazu ist es nötig, folgende Fragen zu klären:

- 1 welche Arten und Diasporenmengen durch Herbivore transportiert werden,
- 2 welche Arten auch nach einer Darmpassage noch keimen können, und
- 3 über welche Strecken die Diasporen transportiert werden können.

Methodik

Zur Untersuchung des endozoochoren Diasporentransports durch Megaherbivore (i.e. im bearbeiteten Gebiet Schafe, Ziegen, Rinder, Gamsen und Steinböcke) wurden am Schrankogel (Stubai- Alpen/Tirol) und im Verpeil (Ötztaler Alpen/Tirol) 82 Kotproben gesammelt. Die Proben der genannten Tierarten

Autoren: Mag. Siegrun ERTL, Mag. Karl HÜLBER, Dr. Karl REITER und Univ.-Prof. Dr. Georg GRABHERR, Institut für Ökologie und Naturschutz, Universität Wien, Althanstraße 14, A-1091 WIEN

wurden aus verschiedenen Höhenlagen (zwischen 2280 und 3300 m s.m.) und Vegetationstypen entnommen.

Nach etwa sechs Monaten Lagerung bei Temperaturen rund um den Gefrierpunkt, wurde jede Probe geteilt. Mit einem Teil jeder Probe wurden Keimversuche im Glashaushaus durchgeführt, aus dem Rest der Probe wurden die Diasporen durch Auswaschen extrahiert und bestimmt.

Zur Identifikation diente ein Diasporenerbar, das im Zuge der Untersuchungen angelegt wurde und Vergleichssammlungen alpiner Pflanzenarten enthält. Fotos von Samen und Diasporen dieser Arten sind unter <http://dos1.pph.univie.ac.at/semntifer/index.htm> verfügbar.

Beim Vergleich mit den Keimerfolgen aus den Kotproben wurde die durch Auswaschung ermittelte Diasporenanzahl entsprechend den Mengenverhältnissen der verwendeten Kotproben angepasst.

Um festzustellen, ob es durch die Darmpassage zu Änderungen in der Keimfähigkeit und im Keimverhalten kommt, wurden parallel auch Keimversuche mit im Untersuchungsgebiet gesammelten Diasporen der Pflanzenarten durchgeführt.

Die Keimversuche wurden innerhalb einer Laufzeit von 100 Tagen auf neue Keimereignisse kontrolliert.

Ergebnisse

1. Diasporenanzahl in den Kotproben

In allen 82 Proben konnten Diasporen festgestellt werden. In den meisten Fällen waren Diasporen mehrerer Arten vertreten. Ein deutlicher Unterschied im Diasporengehalt unserer Proben war weder zwischen den einzelnen Tierarten, noch in Proben aus unterschiedlicher Seehöhe festzustellen.

Insgesamt konnten in 218,4 g Kotmenge (Trockengewicht) 897 Diasporen identifiziert werden. Unbestimmbare, taube oder nicht reife Diasporen sind in dieser Zahl nicht berücksichtigt.

Die in den Proben enthaltenen Samen verteilen sich auf etwa 65 Arten, wobei 55 Arten sicher bestimmt werden konnten (siehe *Tabelle 1*). Das entspricht etwa

Tabelle 1: Verteilung der Diasporen in den Kotproben auf die Pflanzenfamilien

Familie	Anzahl der Diasporen	Anzahl der Arten
Saxifragaceae	295	5
Caryophyllaceae	106	8
Gentianaceae	86	6
Rosaceae	67	3
Juncaceae	60	4
Selaginellaceae	57	1
Cyperaceae	44	7
Polygonaceae	42	1
Campanulaceae	30	2
Poaceae	26	6
Scrophulariaceae	26	3
Ranunculaceae	21	3
Empetraceae	13	1
Brassicaceae	8	2
Primulaceae	7	3
Fabaceae	4	4
Asteraceae	2	2
Boraginaceae	2	1
Ericaceae	1	1

Tabelle 2: Anzahl der nach Auswaschung bestimmten Diasporen und Anzahl der Keimlinge (Auswahl) in den Kotproben

	Anzahl der Diasporen	Anzahl der Keimlinge
<i>Sagina saginoides</i>	183	140
<i>Sibbaldia procumbens</i>	37	7
<i>Saxifraga stellaris</i>	16	2
<i>Potentilla</i> spp.	75	1
<i>Luzula</i> spp.	108	1
Cyperaceae	81	1
Poaceae	67	2

25% der im Gebiet vertretenen Gefäßpflanzenarten.

Die Anzahl der Diasporen einer Art pro Probe ist teilweise sehr unterschiedlich. Die höchste Samenzahl in einer Probe wurde bei *Saxifraga androsacea* festgestellt (240 Samen in 1,8 g Probe), gefolgt von *Gentianella campestris* mit 36 Samen in 2,3 g Kot.

Im allgemeinen bewegen sich die Werte aber zwischen 1 und 10 Arten (durchschnittlich 4) bzw. neun Diasporen (Median) pro Probe.

Zu den insgesamt häufigeren Arten, die auf mehrere Proben verteilt sind, gehören nur 12 Arten, die mehr als 15 Zählungen aufweisen, also +/- regelmäßig im Kot zu finden sind und daher mit dem Kot verbreitet werden.

Asteraceae sind extrem unterrepräsentiert (nur 2 Diasporen). Diasporen von Apiaceae wurden nicht gefunden.

2. Keimversuche mit den Kotproben

Von 75 Proben mit einer Gesamtmenge von 383 g wurden bei 40% der Proben

Keimereignisse festgestellt. Insgesamt konnten 158 Keimpflanzen beobachtet werden.

Es konnte weder ein Unterschied im Keimverhalten zwischen den Kotproben verschiedener Tierarten (Schaf, Steinbock, Gemse, Rind), noch zwischen den Kotproben aus unterschiedlichen Höhenlagen (Keimpflanzen in Proben aus 2520-2980 m s.m.), noch zwischen Proben unterschiedlichen Alters festgestellt werden.

In den einzelnen Proben variierte die Anzahl der Keimlinge zwischen 1 und 31 Individuen. Allerdings ist die Anzahl der gekeimten Arten weitaus geringer als die Anzahl der in den Vergleichsproben vorhandenen Diasporen (Bestimmung der Diasporen nach Auswaschung). Der Vergleich zu den nicht gekeimten Diasporen stellt sich folgendermaßen dar: 10 Arten, die auch in den ausgewaschenen Proben gefunden wurden, konnten keimen. Das sind nur etwa 15% der im Kot vorhandenen Arten, oder etwa 3% der im Gebiet vorkommenden Pflanzenarten. *Tabelle 2* zeigt den Vergleich der

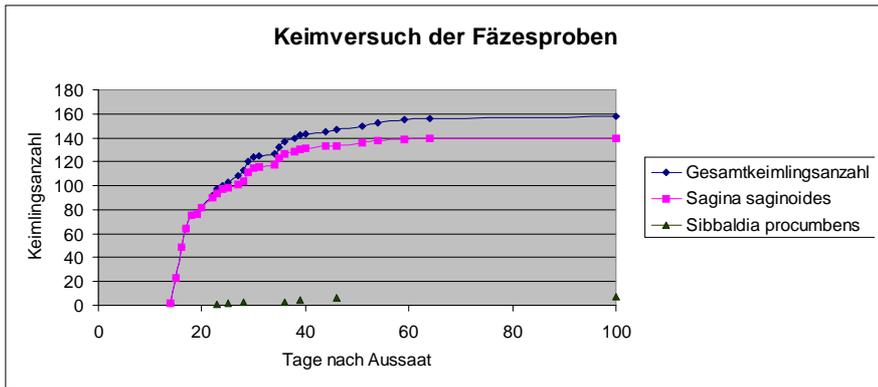


Abbildung 1: Verlauf der Keimungen aller Arten bzw. von *Sagina saginoides* und *Sibbaldia procumbens* aus den Kotproben

Diasporenanzahl in den Kotproben mit der Anzahl der Keimlinge für ausgewählte Arten.

Von den 10 Arten, die keimen konnten, entfiel der weitaus größte Anteil auf *Sagina saginoides* (140 Individuen, i.e. 89%). Sieben Individuen konnten als *Sibbaldia procumbens* identifiziert werden, zwei als *Saxifraga* sp.. Nur vier Keimlinge waren Monocotyle.

3. Keimversuche mit gesammelten Diasporen (Vergleichsversuche)

Die Keimerfolge in dieser Versuchsreihe waren sowohl bezüglich der Arten, als auch bezüglich der Individuen deutlich höher. Von den im Kot enthaltenen etwa 65 Arten wurden mit 46 Arten Vergleichsversuche durchgeführt. Dabei keimten 20 Arten weder in den Fäzes, noch bei direkter Aussaat. 26 Arten keimten in den Vergleichsversuchen bei direkter Aussaat, nicht aber in den Fäzes.

Ein Vergleich des Keimverhaltens von *Sagina saginoides* und *Sibbaldia procumbens* mit den Keimungen aus den Fäzes macht artspezifische Unterschie-

de deutlich (siehe *Abbildung 1, 2*). Bei *Sagina saginoides* ist keine wesentliche Änderung im Keimverhalten durch die Darmpassage zu beobachten. Die ersten Pflänzchen zeigen sich nach 14 Tagen, der größte Zuwachs erfolgt innerhalb der ersten 20 Tage.

Sibbaldia procumbens zeigt hingegen in den Fäzes eine extrem verzögerte Keimtätigkeit. Die ersten Keimlinge sind in den Vergleichsversuchen bereits nach 7 Tagen beobachtet worden, in den Kotproben erst nach 23-28 Tagen.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass im Kot der Wild- und Weidetiere zwar mäßige (und in Einzelfällen sogar größere) Mengen an Diasporen relativ vieler verschiedener Arten vorhanden sind (etwa ein Viertel des Artenpools des Untersuchungsgebietes), aber nur ein sehr geringer Anteil davon mit meist wenigen Individuen zur Keimung kommt (etwa 3% des Gesamtartenpools). In Vergleichsversuchen mit gesammelten Diasporen der in den Kotproben vorhandenen Arten waren die Keimerfolge deutlich höher als in den Fäzes.

Tierart, Höhenlage und Alter der Probe, sowie die Menge der Kotprobe, also die mögliche "Düngermenge" für die aufkommenden Pflanzen, haben wenig Einfluss auf die Anzahl der Keimereignisse. Vermutungen, dass Arten in den Fäzes besser keimen könnten, oder eine Keimruhe durch den Darmdurchgang gebrochen werden könnte, wurden nicht bestätigt.

Das geringe Vorkommen von Asteraceae bzw. das Fehlen von Apiaceae in den Fäzes legt die Vermutung nahe, dass die zumeist auch größeren Diasporen den Durchgang durch den Verdauungstrakt von Ungulaten zum größten Teil nicht überstehen - nachdem davon ausgegangen werden kann, dass zum Sammelzeitpunkt (Ende August-September) bei den meisten Arten die Samenreife schon erreicht war.

Für die Arten der geschlossenen Rasen dürften Herbivore eine geringe Rolle spielen, denn die Diasporen der Hauptrasenbildner sind zwar im Kot vorhanden, keimen aber nicht oder nur in sehr geringem Umfang.

Die Analyse der Hauptverbreitungsvektoren (vgl. MÜLLER-SCHNEIDER, 1986) der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Pflanzen und der in den Kotproben enthaltenen Diasporen, ergibt folgendes Bild: Zum überwiegenden Teil sind die Diasporen an Windverbreitung angepasst (87%), allerdings finden sich in den Proben kaum Trichometochore (Federflieger). Speziell an Epi- oder Endozoochorie angepasste Arten sind allgemein in alpinen Ökosystemen nur selten vorhanden und spielen auch in den untersuchten Gebieten kaum eine Rolle (2 bzw. 5%).

Potentiell ist aber neben der dominierenden Windverbreitung ein Transport

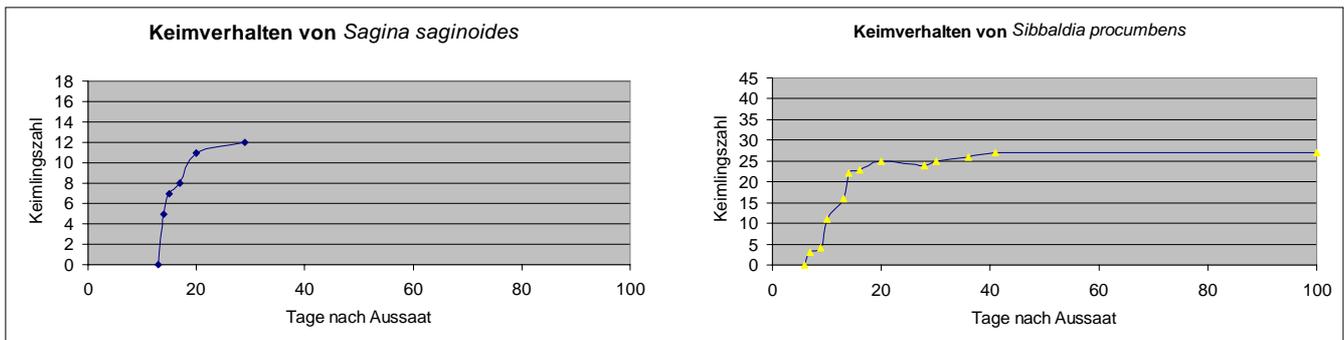


Abbildung 2: Keimverhalten von *Sagina saginoides* und *Sibbaldia procumbens* bei direkter Aussaat

durch Tiere (endozoochore Ausbreitung) nach oben für viele Arten möglich.

Danksagung

Wir danken Nina Habermann und Christian Keusch für ihre Hilfe bei der Freilandarbeit, dem Team der Amberger Hütte für die freundliche Bewirtung, den Gärtnern des Instituts für Ökologie und Naturschutz für die Unterstützung bei der Betreuung der Keimversuche, Harald Pauli für die Durchsicht des Manuskripts und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften für die Finanzierung des Projektes im Rahmen des Man and Biosphere Programms.

Literatur

- BURTON, J. und W.S. ANDREWS, 1948: Recovery and viability of seeds of certain southern grasses and lespedeza passed through the bovine digestive tract. *Journ. Of Agricul. Research* 76 (3/4): 95-103.
- CHAMBERS, J., 1991: Seed entrapment in alpine ecosystems: effects of soil particle size and diaspore morphology. *Ecology* 72(5): 1668-1677.
- GRABHERR, G., M. GOTTFRIED und H. PAULI, 1994: Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
- GRABHERR, G., M. GOTTFRIED, A. GRUBER und H. PAULI, 1995: Patterns and current changes in alpine plant diversity. In: F.S. Chapin & C. Körner (eds.) *Arctic and Alpine Biodiversity: Patterns, Causes and Ecosystem Consequences*. Ecological Studies 113, Springer, Berlin.
- GOTTFRIED, M., H. PAULI und G. GRABHERR, 1994: Die Alpen im Treibhaus: Nachweise für das erwärmungsbedingte Höhersteigen der alpinen und nivalen Vegetation. *Jahrb. Ver. Schutz d. Bergwelt*, München, 59: 13-27.
- LENNARTZ, H., 1955: Über die Beeinflussung der Keimfähigkeit von Grünlandpflanzen beim Durchgang durch den Verdauungstrakt des Rindes. *Zeitschr. Acker-Pflanzenbau* 103 (4): 427-453.
- MÜLLER-SCHNEIDER, P., 1948: Untersuchungen über endozoochore Samenverbreitung durch Weidetiere im Schweizerischen Nationalpark. *Ergebnisse d. wiss. Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark* 2: 1-13.
- MÜLLER-SCHNEIDER, P., 1986: Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen Graubündens. *Veröff. d. Geobot. Inst. der ETH Zürich*, Stiftung Rübél, 85. 261p.
- URBANSKA, K. und M. SCHÜTZ, 1986: Reproduction by seed in alpine plants and revegetation research above timberline. *Bot. Helv.* 96/1: 43-60.
- RUSSI, L., P.S. COCKS und E.H. ROBERTS, 1992: The fate of legume seeds eaten by sheep from a Mediterranean grassland. *J. Appl. Ecol.* 29: 772-778.
- PAULI, H., M. GOTTFRIED und G. GRABHERR, 2001: High summits of the Alps in a changing climate. In: Walther et al. (ed.) *Fingerprints of Climate Change*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York: 139-149.