

Kapitel 6 | Pflanzliche Sukzession im Gletschervorfeld

Fabian Nagl, Brigitta Erschbamer

Vegetation und Besiedlungsstrategien

Seite 117 bis 139

Georg Gärtner

Zur Kryptogamenflora im Rotmoostal

Seite 140 bis 148

Roman Türk, Brigitta Erschbamer

Die Flechten im Gletschervorfeld des Rotmoosferners

Seite 149 bis 157

Vegetation und Besiedlungsstrategien

Fabian Nagl, Brigitta Erschbamer

Zusammenfassung

Die Primärsukzession auf alpinem Neuland wurde im Gletschervorfeld des Rotmoosferners vegetationskundlich und populationsbiologisch untersucht. Einhergehend mit der zunehmenden Stabilisierung des Substrates und der voranschreitenden Bodenbildung kann im Gletschervorfeld eine Abfolge von verschiedenen Stadien der Vegetationsentwicklung beobachtet werden. Ausgehend von einem gletschernahen Pionierstadium nehmen mit zunehmender Entfernung vom Gletscherrand Diversität und Vegetationsbedeckung zu und es entwickeln sich rasenartige, geschlossene Bestände. Die Besiedlungsprozesse werden von abiotischen Faktoren – wie Meereshöhe, Mikrotopographie, Korngröße des Substrats, Feuchtigkeit – und biotischen Faktoren – wie Diasporenverfügbarkeit, Keimungsfähigkeit, Wachstumspotential, Interaktionen – beeinflusst.

Abstract

Primary succession on alpine virgin soil was studied in the glacier foreland of the Rotmoosferner under the aspect of plant sociology and population biology. With increasing stabilization of the substrate and progression of soil development, a sequence of different stages

of vegetation development can be observed. With increasing distance from the glacier, diversity and vegetation cover accumulate and pioneer stages close to the glacier evolve into grassland with closed structure. Colonization processes are affected by abiotic factors – such as sea level, microtopography, grain size of substrate and humidity – and biotic factors – such as seed availability, germination ability, growth potential and interactions.

Die Erforschung der pflanzlichen Besiedlung

Der Klimawandel bedingt seit 150 Jahren einen mehr oder weniger kontinuierlichen Rückzug vieler Gletscher (IPCC 2007). Laufend wird dabei am Gletscherrand eine vegetationslose Zone zur Besiedlung freigesetzt (Walker und del Moral 2003). Durch eine räumliche Abfolge unterschiedlich lang eisfreier Moränen mit verschiedenen Entwicklungsphasen der Vegetation bieten Gletschervorfelder die Möglichkeit, die Primärsukzession von Beginn an zu untersuchen (Matthews 1992, vgl. auch Kap. 7).

Erste vegetationskundliche Beobachtungen in Gletscherrandzonen und Gletschervorfeldern des Ötztals gehen zurück auf Heufler & Stotter (1840). In der Folge beschrieben Kerner von Marilaun (1863), Klebelsberg (1913) und Gams (1939) die pflanzliche Besiedelung. Friedel (1938) veröffentlichte erste genaue Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Hintereisferners. Jochimsen (1962, 1963, 1970) untersuchte die Sukzession der Gletschervorfelder des Rotmoos- und des Gaisbergferners und stellte den Verlauf der Primärsukzession kartographisch dar. Rudolph bzw. Wiedemann wiederholten 1991 die Kartierung und beschrieben die Veränderungen der Vegetation dieser beiden Gletschervorfelder.

Das Rotmoostal bietet aufgrund der geringen Höhererhebung und des breiten Talquerschnitts gute Voraussetzungen für das Studium der Primärsukzession auf alpinem Neuland. Die Gletscherzunge des Rotmoosferners hat sich seit 1858 nahezu kontinuierlich um über 2 km zurückgezogen. Zeitlich eindeutig datierte Stadien des Gletscherrückzugs sind in einer Reihe von Moränen dokumentiert (Kap. 7, Abb. 2).

Seit 1995 ist das Rotmoostal Objekt umfangreicher botanischer Studien. Sukzessionsmuster und Vegetationsgradienten sollten im Vergleich zu den Flächen außerhalb des Gletschervorfeldes ergründet werden (Erschbamer et al. 1999, Raffl 1999, Mallaun 2001, Raffl

und Erschbamer 2004, Raffl et al. 2006a, Nagl, unpubl.). Populationsbiologische Untersuchungen beschäftigten sich vor allem mit den Prozessen und Faktoren der Sukzession (Erschbamer et al. 2008, Schwienbacher und Erschbamer 2008a,b, Erschbamer 2009), so z.B. mit dem Diasporenregen und der Diasporenbank (Kneringer 1998, Erschbamer et al. 2001, Finch 2008, Marcante et al. 2009a), der Lebensdauer und Keimfähigkeit von Samen (Schwienbacher und Erschbamer 2002, Schwienbacher et al. 2010), dem Keimlingsaufkommen und Überleben der Keimlinge (Niederfriniger Schlag und Erschbamer 2000, Niederfriniger Schlag 2001). Weitere Forschungsaspekte bildeten die Populationsentwicklung sowie die Alters- und Populationsstruktur ausgewählter Arten (Kuen 2001, Kuen und Erschbamer 2002, Schwienbacher 2004, Marcante et al. 2009b). Mit Hilfe von molekulargenetischen Studien wurde die Diversität und Differenzierung der Populationen im Rotmoos-, Gaisberg- und Langtal analysiert (Raffl et al. 2006b, Raffl-Wallinger 2006, Raffl et al. 2008). Einen weiteren Schwerpunkt der Forschung im Rotmoostal stellte die Untersuchung des Wachstums von Gletschervorfeldarten unter veränderten Mikroklimabedingungen dar (Erschbamer 2001, 2007).

Von den jüngsten zu den ältesten Moränen

1. Rezent eisfreie Flächen

0-3 Jahre eisfrei - orographisch rechte Talseite

Die rezent eisfreien Moränen in der unmittelbaren Gletscherrandzone sind frei von pflanzlichem Bewuchs.

2. Pionierstadien

3-40 Jahre eisfrei - orographisch rechte Talseite

Die Primärsukzession beginnt mit einem **artenarmen Pionierstadium** (Tab. A1, Anhang). Erste Individuen treten bereits drei Jahre nach dem Gletscherrückzug auf. Mit 3-4 Arten pro m² bleiben sowohl Artenzahl als auch Deckung in diesem Stadium sehr niedrig (Abb. 1). Erstbesiedler sind vor allem *Saxifraga aizoides*

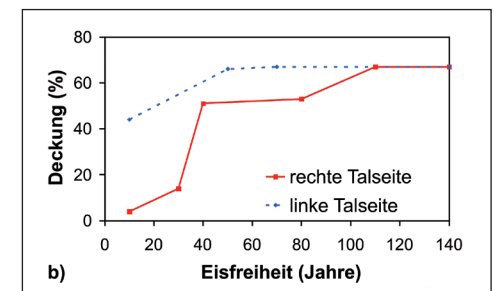
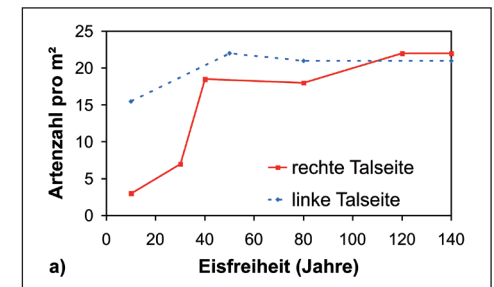


Abb. 1: Entwicklung von a) Artenzahl und b) Deckung der Vegetation auf der orographisch rechten und linken Talseite des Gletschervorfeldes im Rotmoostal in 1m²-Flächen

(Abb. 2a) an gut durchfeuchteten, feinschuttreichen Standorten und *Saxifraga oppositifolia* (Abb. 2b) auf trockenem, feinsandigen Substrat.



Abb. 2: Pioniere auf gletschernahen Flächen: a) *Saxifraga aizoides* und b) *Saxifraga oppositifolia* (Fotos: F. Nagl)

Mit zunehmender Entfernung vom Gletscherrand nehmen Artenvielfalt und Deckung zu (Abb. 1). Im **artenreichen Pionierstadium** (Tab. A1, Anhang; Abb. 3) an 25 bis 40 Jahre eisfreien Standorten zeigt sich eine Entwicklung von offener Pioniervegetation (ca. 10 % Deckung)

hin zu einer zunehmend geschlossenen Siedlungsweise (ca. 50 % Deckung). Es treten weitere Pioniere der Schuttgesellschaften mit hoher Konstanz hinzu, wie *Artemisia genipi* (Abb. 4a), *Linaria alpina* (Abb. 4b) und die ubiquitär verbreitete Pioniervegetation (ca. 10 % Deckung)



Abb. 3:
Versuchsfläche im artenreichen Pionierstadium (Foto: B. Erschbamer)



Abb. 4:
a) *Artemisia genipi* – b) *Linaria alpina* (Foto: E. Schwienbacher)

arten wie *Stereocaulon alpinum*, *Racomitrium canescens*, *Saxifraga bryoides* und *Arabis alpina* mit etwas geringerer Stetigkeit die Artenkombination.

3. Frühes Sukzessionsstadium

40-70 Jahre eisfrei - orographisch rechte Talseite

15-40 Jahre eisfrei - orographisch linke Talseite

Auf der orographisch linken Talseite tritt kein ausgeprägtes Pionierstadium

auf. Felsiger Untergrund verhindert hier teilweise im gletschnahen Bereich das Aufkommen von Pflanzen. Auf 15 bis 40 Jahre eisfreien Flächen findet sich ein, in seiner Entwicklung bereits weiter fortgeschrittenes, frühes Sukzessionsstadium (Tab. A1, Anhang). Die rasche Vegetationsentwicklung kann zum einen auf die steilen angrenzenden, seit langem eisfreien Hänge zurückgeführt werden, von denen Lawinen, Erdbeben und Steinschläge Pflanzenmaterial sowie Bodenbruchstücke mit Samen eintragen und damit die Pflanzenansiedlung för-



Abb. 5:
a) *Cerastium uniflorum* – b) *Arabis caerulea* – c) *Trifolium pallescens* – d) *Silene acaulis s. lat.*
(Fotos: B. Erschbamer, E. Schwienbacher, F. Nagl)

dern. Die relative Schattlage bedingt außerdem eine bessere Wasserversorgung der Moränenflächen dieser Talseite. Zum anderen sind hier die kleinräumig-standörtlichen Bedingungen für die Entwicklung von Pflanzen vorteilhafter: größere Steine und Felsblöcke erzeugen Schutzstellen, welche unter den rauen Bedingungen der gletschernahen Standorte günstige Voraussetzungen für die Keimlingsetablierung bieten (Niederfriniger Schlag und Erschbamer 2000).

Auf der orographisch rechten Talseite steigen Artenzahl und Deckungsgrad langsamer an (Abb. 1). Einhergehend mit der zunehmenden Stabilisierung des Substrats und der voranschreitenden Bodenbildung entwickelt sich das frühe Sukzessionsstadium dort auf 40 bis 70 Jahre altem Substrat. Die Artenzahl erreicht hier ihr erstes Maximum.

Charakteristisch für dieses Entwicklungsstadium ist das gemeinsame Vorkommen früher und später Sukzessionsarten. Die Pioniere *Saxifraga oppositifolia* und *Saxifraga aizoides* sind noch maßgeblich am Bestandaufbau beteiligt. Mit hoher Konstanz sind auch *Linaria alpina*, *Cerastium uniflorum* (Abb. 5a), *Arabis caerulea* (Abb. 5b) und *Minuartia gerardii* vertreten. Daneben gewinnen *Racomitrium canescens* und *Stereocaulon alpinum* an Bedeutung, ebenso wie *Trifolium pallescens* (Abb. 5c) und *Silene acaulis* s. lat. (Abb. 5d).

4. Übergangsstadium

40-60 Jahre eisfrei - orographisch linke Talseite

Kennzeichnend ist ein stark strukturiertes Relief, das eine kleinräumige Variation der Standortbedingungen bewirkt, welche sich in einem mosaikförmigen Vegetationsmuster widerspiegelt. Schmelzwasserinfluss und eine lange Schneebedeckung in Muldenlagen fördern das Auftreten von Schneebodenarten (Tab. A1, Anhang), wie *Salix herbacea* (Abb. 6a), *Luzula alpinopilosa* und *Gnaphalium supinum*. Typisch sind darüber hinaus *Oxyria digyna* (Abb. 6b) und *Leucanthemopsis alpina*. An Kuppen und Erhebungen finden sich hingegen trockenheitsertragende Arten wie *Saxifraga bryoides* (Abb. 6c), *Agrostis rupestris* und *Luzula spicata*, vergesellschaftet mit den Kryptogamen *Stereocaulon alpinum* und *Racomitrium canescens*, welche zuweilen in ihrer Artmächtigkeit die Phanerogamen übertreffen. Weiter verbreitete Arten wie v.a. *Poa alpina* (Abb. 6d) und *Trifolium pallescens* vermitteln zwischen den zwei Extremen. Die Pioniere *Saxifraga oppositifolia* und *Saxifraga aizoides* sind zwar noch relativ häufig anzutreffen, hinsichtlich ihrer Artmächtigkeit spielen sie jedoch nur mehr eine untergeordnete Rolle für den Bestandaufbau.

Durch die kleinräumige floristische Differenzierung bedingt erreicht die Artenzahl hier mit 22 Arten pro m² ein Maximum auf dieser Talseite (Abb. 1). Die Deckung

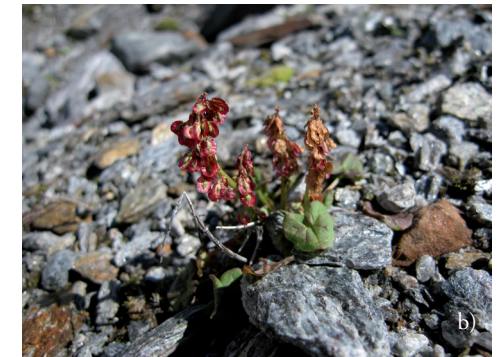


Abb. 6:

a) *Salix herbacea* – b) *Oxyria digyna* – c) *Saxifraga bryoides* – d) *Poa alpina* (vivipare Form)
(Fotos: B. Erschbamer, E. Schwienbacher, F. Nagl)

nimmt innerhalb des Übergangsstadiums deutlich von 44 auf 66 % zu.

5. Initialrasen

70-100 Jahre eisfrei - orographisch rechte Talseite

60-140 Jahre eisfrei - orographisch linke Talseite

Mit dem zunehmenden Alter der Standorte schreitet die Bodenbildung voran. Damit verbunden sind eine verbesserte

Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, die es anspruchsvolleren Arten ermöglicht sich auszubreiten, während die konkurrenzschwachen Pionierarten verdrängt werden (Tab. A1, Anhang). An beiden Talseiten ist eine Entwicklung hin zu zunehmend rasenartigen Beständen zu beobachten. Häufig sind in diesem Entwicklungsstadium neben *Trifolium pallescens* und *Poa alpina*, die auch in jüngeren Stadien konstant auftreten, *Campanula scheuchzeri* (Abb. 7a) und *Leontodon hispidus* (Abb. 7b).



Abb. 7:
a) *Campanula scheuchzeri* – b) *Leontodon hispidus* (Fotos: F. Nagl, E. Schwienbacher)

Auf der orographisch linken Talseite treten *Agrostis rupestris*, *Trifolium badium*, *Leucanthemopsis alpina* und *Salix herbacea* konstant auf. Die Initialrasen nehmen hier 60 bis 140 Jahre alte Moränenflächen ein. Die Abgrenzung gegenüber dem Übergangsstadium ist physiognomisch deutlich durch das rasenartige Erscheinungsbild. Hinsichtlich der herrschenden Arten fällt das verstärkte Auftreten von *Achillea moschata*, *Campanula scheuchzeri* und *Leontodon hispidus* auf. Kaum Unterschiede sind hinsichtlich des Deckungsgrades gegeben, die Artenzahl nimmt hingegen ab (Abb. 1).

Orographisch rechts sind Initialrasen vor allem auf 70 bis 100 Jahre eisfreien Flächen ausgebildet. Der Übergang zwischen dem frühen Sukzessionsstadium und den Initialrasen ist fließend. An den älteren Standorten verzahnt sich der Vegetationstyp mit dem *Kobresia myosuroides*-Rasen und beschränkt sich immer mehr auf tro-

ckene Erhebungen, wie z.B. auf den Moränenscheitel der Endmoräne von 1858. Charakteristische Arten sind *Achillea moschata*, *Erigeron uniflorus*, *Minuartia gerardii* und *Saxifraga paniculata*.

6. Initialrasen mit *Kobresia myosuroides*

85-140 Jahre eisfrei – orographisch rechte Talseite

Auf der orographisch rechten Talseite werden die ältesten, 85 bis 140 Jahre eisfreien Standorte des Gletschervorfeldes von Initialrasen mit *Kobresia myosuroides* (Abb. 8) eingenommen (Tab. A1, Anhang). Neben der namensgebenden Art sind *Poa alpina*, *Leontodon hispidus*, *Campanula scheuchzeri*, *Persicaria vivipara*, *Trifolium pallescens* und *Silene acaulis* s. lat. stete Elemente in diesen Beständen. Bedeutend für den Bestandaufbau sind außerdem *Agrostis alpina*, *Anthyllis vulne-*



Abb. 8:
Kobresia myosuroides (Foto: B. Erschbamer)



Abb. 9:
Anthyllis vulneraria ssp. *alpicola*
(Foto: E. Schwienbacher)

raria ssp. *alpicola* (Abb. 9), *Myosotis alpestris* und *Achillea moschata*. In Muldenlagen bilden sich nahezu geschlossene, grasreiche Bestände aus, während exponierte

Kuppen nur schütter bewachsen sind und durch das Auftreten von trockenheitsertragenden Arten wie *Saxifraga paniculata*, *Saxifraga bryoides*, *Stereocaulon alpinum*, *Achillea moschata*, *Racomitrium canescens* und *Sempervivum montanum* charakterisiert werden. Der Deckungsgrad erreicht nach 110 Jahren Eisfreiheit ein Maximum von durchschnittlich 67%. Die Artenzahl steigt im Endstadium der Sukzessionsreihe der orographisch rechten Talseite auf 22 Arten pro m² an (Abb. 1).

7. Sonderstandorte

Gletscherbachalluvionen

Die Vegetation auf den Alluvionen des Gletscherbaches ähnelt jener der rezent eisfreien Pionierstandorte. Die Rotmoosache weist eine typische Gletscherbachdynamik auf, mit stark wechselnder Wasserführung, Umlagerungen und Änderungen im Bachlauf. Die natürliche Dynamik im Einflussbereich des Baches verhindert hier die Entwicklung hin zu einer Schlussgesellschaft.

Feuchtflächen

Zahlreiche Hangwasseraustritte bestimmen die Seitenmoräne 1923 auf der orographisch rechten Talseite. Die dort kleinflächig auftretenden Rieselfluren werden durch das dominante Auftreten von *Carex frigidage* gekennzeichnet (Tab. A1, Anhang). Daneben ist die Gesellschaft durch eine hohe Deckung von Moosen charakteri-

siert. Eine enge floristische Verbindung zu den Quellfluren des Cratoneurion zeigen *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga stellaris*, *Pinguicula leptoceras* und *Epilobium alsinifolium* an. Die begleitende Artengarnitur enthält neben typischen Arten der Feuchtlebensräume auch Elemente angrenzender Rasengesellschaften wie z.B. *Agrostis alpina*, *Campanula scheuchzeri*, *Festuca pumila*, *Leontodon hispidus*, *Trifolium badium* und *Silene acaulis* s. lat.

Gegen den Talschluss hin durchziehen etliche Bäche den orographisch rechten Seitenhang. Entlang dieser Gerinne finden sich v.a. in gletschernahen Bereichen vernässte Standorte zwischen Blockschutt, welche durch eine hohe Deckung von *Saxifraga aizoides* auffallen (Tab. A2, Anhang). Darüber hinaus sind nur wenige Phanerogamen, z.B. *Epilobium alsinifolium*, *Epilobium anagallidifolium* und *Deschampsia cespitosa* anzutreffen und diverse Lebermoose kennzeichnen mit hoher Dominanz die Bestände.



Abb. 10:
Carex bicolor
(Foto: E. Schwienbacher)

Im Bereich der Moräne 1923 wird am Talboden der Uferbereich dieser Bäche von feinsandigen, kiesigen Schwemmbereichen geprägt. An diesen lückenhaft bewachsenen Flächen ist die seltene *Carex bicolor* (Abb. 10) anzutreffen, eine der namengebenden Arten der alpinen Schwemmufergesellschaften des Caricion bicoloris-atrofuscae. Zum typischen Arteninventar gehören *Juncus triglumis*, *Carex bipartita* und *Epilobium anagallidifolium* sowie weiter verbreitete Arten wie *Saxifraga aizoides*, *Deschampsia cespitosa*, *Cirsium spinosissimum*, *Phleum commutatum* und *Poa alpina* (Tab. A2, Anhang).

Vegetation außerhalb des Gletschervorfeldes

1. Seitenhänge oberhalb des rezent eisfreien Bereichs: Liebener Rippe

Orographisch rechts gelegen im Talschluss des Rotmoostales bildet die Liebener Rippe (Abb. 11) einen markanten Felsrücken, der in mehreren Stufen ansteigt. In einem Höhenbereich von ca. 2780 bis 2940 m verzahnen sich in Abhängigkeit von edaphischen Voraussetzungen und Relief vegetationsarme Schuttflächen, Rohböden mit Pioniervegetation und kleinflächige, geschlossene Rasengesellschaften z.T. sehr kleinräumig und ergeben insgesamt ein mosaikartiges Bild der Vegetation. Zuneh-



Abb. 11:
Liebener Rippe (Foto: E. Schwienbacher)

mend lückigere Schuttfluren kennzeichnen die höher gelegenen, durch Blockwerk und Schutt bestimmten Bereiche. Bedeutend für die Zusammensetzung der Vegetation ist die wechselnde Gesteinszusammensetzung. Das Nebeneinander von Kalk- und Silikatarten gibt einen Hinweis auf die heterogene geologische Situation (siehe Kap. 2).

Alpenmannschild-Flur

(*Androsacetum alpinae* Br.-Bl. 1918)

Die Alpenmannschild-Flur (Tab. A3, Anhang) stockt auf schwach sauren bis sauren Böden. Den Grundstock der untersuchten Bestände bilden überwiegend Arten der alpin-nivalen Silikatschuttgesellschaften

aus der Ordnung der Androsacetalia alpinae. Bedeutend für den Bestandaufbau sind meist *Saxifraga bryoides*, *Minuartia sedoides* (Abb. 12a) und *Silene acaulis* s. lat. Mit hoher Stetigkeit treten *Poa laxa*, *Ranunculus glacialis* (Abb. 12b), *Gentiana bavarica*, *Cerastium uniflorum*, *Saxifraga exarata* (Abb. 12c) und auch *Androsace alpina* (Abb. 12d) auf. Die edaphische Variabilität an den untersuchten Standorten manifestiert sich zum einen im Hinzutreten von Kalkschieferschuttarten wie *Trisetum spicatum* und *Draba hoppeana*. Zum anderen zeigen feuchteliebende Arten an geschützten, feinerdereichereren Standorten einen Übergang zum Hygrocaricetum curvulae an.

Sesleria ovata-Gesellschaft

Diese Gesellschaft ist kleinräumig über deutlich frischem und feinerdereichem Boden ausgebildet. Durch die neutrale Bodenreaktion bedingt, fallen hier zahlreiche Arten der Silikatschuttgesellschaften aus und es entwickelt sich eine artenarme Gesellschaft, in der *Sesleria ovata* zur Dominanz kommt (Tab. A3, Anhang). *Saxifraga oppositifolia* und *Minuartia sedoides* sind bedeutend für den Bestandaufbau. Daneben finden sich überwiegend Vertreter der Kalkschiefer-Schuttfluren (*Drabeta hoppeanae*).

Nacktriedrasen

(*Elynetum myosuroides* Rübel 1911)

Nacktriedrasen (Tab. A3, Anhang) kommen an durchwegs stark geneigten Flan-



Abb. 12:
a) *Minuartia sedoides* – b) *Ranunculus glacialis* – c) *Saxifraga exarata* – d) *Androsace alpina*
(Foto: E. Schwiabacher, F. Nagl, E. Erschbamer)

ken und exponierten, dem Gletscherwind ausgesetzten Standorten vor, die bereits einen gewissen Feinerdegehalt aufweisen. Auf neutralen Böden dominieren *Kobresia myosuroides* oder *Festuca pumila* die dicht geschlossenen, überwiegend von Gräsern aufgebauten Bestände. Ebenso ist *Carex rupestris* in der Regel deckend vertreten. *Persicaria vivipara*, *Minuartia gerardii*, *Silene acaulis* s. lat., *Agrostis alpina*, *Astragalus australis*, *Lloydia serotina* und *Oxytropis lapponica* sind weitere typische Arten der Assoziation. An Standorten geringerer Bo-

denreife tritt *Kobresia myosuroides* zurück und *Salix serpyllifolia* oder *Festuca pumila* unterstreichen den Pioniercharakter dieser Bestände. Auf Böden fortgeschrittener Entwicklung, welche durch Humusakkumulation und beginnende oberflächliche Versauerung gekennzeichnet sind, prägen neben der dominierenden *Kobresia myosuroides* vor allem Säurezeiger den Bestand: *Avenula versicolor*, *Agrostis rupestris*, *Veronica bellidiodes*, *Carex curvula*, *Festuca intercedens*, *Juncus trifidus*, *Phyteuma hemisphaericum* und *Leucanthemopsis alpina*.

Sauerbodenrasen

Sauerbodenrasen (Tab. A3, Anhang) treten kleinflächig auf, verzahnt mit Schuttfuren, deren Arten als Begleiter hinzutreten. Die Bestände werden von *Carex curvula* oder von *Oreochloa disticha* und *Festuca intercedens* dominiert. Auch *Kobresia myosuroides* kann bestandesprägend auftreten. Unter den Kräutern tragen vor allem *Silene acaulis* s. lat. und *Trifolium pallescens* zum Bestandaufbau bei.



Abb. 13:
Primula glutinosa (Foto: F. Nagl)

Chionophile Krummseggenrasen

(*Hygrocaricetum curvulae* Braun 1913)
Diese Gesellschaft tritt in windgeschützten Muldenlagen auf, die sich durch eine lange Schneebedeckung, feuchte Bodenverhältnisse sowie Feinerdereichtum in

Relation zu den umliegenden Schutthabitaten auszeichnen. Die Charakterart der Assoziation, *Primula glutinosa* (Abb. 13), prägt durch ihr dominantes Auftreten den Bestand. Kennzeichnend ist daneben *Salix herbacea*, die mit hoher Artmächtigkeit wesentlich die Struktur der Bestände mitbestimmt. *Carex curvula* und *Leucanthemopsis alpina* sind weitere typische konstante Begleiter. Charakteristisch für die schneefeuchten Standorte ist das Zurücktreten der Flechten (Tab. A3, Anhang).

2. Seitenhänge außerhalb der Gletscherstände 1923 und 1858

Die Flächen außerhalb der Seitenmoräne von 1858 sind seit über 10.000 Jahren eisfrei (Bortenschlager 1984). Aufgrund der fortgeschrittenen Bodenentwicklung zeigt sich ein deutlicher Unterschied zur Vegetation des Gletschervorfeldes.

Silikat-Horstseggenhalden

(*Caricetum sempervirentis* Rübel 1911)

Im Bereich steiler Hangpartien des sonnenexponierten, orographisch rechten Seitenhanges ist ein *Caricetum sempervirentis* (Tab. A1, Anhang) ausgebildet. Für die Gesellschaft typische Arten sind *Carex sempervirens*, *Avenula versicolor*, *Anthoxanthum alpinum* und *Nardus stricta* unter den Gräsern, sowie die Kräuter *Campanula barbata*, *Potentilla aurea* und *Geum montanum*. An windexponierten

Stellen ist ein hoher Anteil von Strauchflechten, vor allem von *Cladonia arbuscula* und *Cetraria islandica* auffallend. Charakteristisch ist das Auftreten zahlreicher Zwergsträucher wie *Juniperus communis* ssp. *nana*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus* und *Rhododendron ferrugineum*. Sie erreichen v.a. im Bereich oberhalb der Moräne von 1858 zuweilen bedeutende Deckungswerte, gehen aber mit zunehmender Nähe zum Gletscher zurück.

Typischer Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae* Rübel 1911)

Krummseggenrasen (Tab. A1, Anhang) finden sich großflächig am Rücken der Hohen Mut. Im Rotmoostal ist die Gesellschaft in wenig bewegten Seitenhangbereichen außerhalb des Gletschervorfeldes ausgebildet: Im Bereich der Moräne 1858 tritt sie am orographisch linken Hang recht ausgedehnt, sowie kleinflächig im Unter- und Oberhangbereich orographisch rechts auf. Im Bereich der Moräne



1923 kann man die Gesellschaft kleinflächig im oberen Hangbereich am orographisch rechten Seitenhang antreffen.

Bei geringer Hangneigung tritt *Carex curvula* (Abb. 14a) rasenbildend in Erscheinung, die assoziierte Begleitartengarnitur ist kaum relevant, so z.B.: *Anthoxanthum alpinum*, *Festuca halleri*, *Avenula versicolor*, *Potentilla aurea*, *Geum montanum* und *Phyteuma hemisphaericum*. Stellenweise werden Standorte längerer Schneebedeckung von Schneebodenelementen wie *Salix herbacea*, *Arenaria biflora*, *Sibbaldia procumbens* und *Soldanella pusilla* (Abb. 14b) gekennzeichnet. An exponierten Windecken beteiligen sich Strauchflechten verstärkt am Bestandesaufbau.

Bei zunehmender Neigung im Bereich der Seitenhänge kennzeichnet ein stufiger Aufbau die Bestände. Neben den inselartig wachsenden Polstern von *Carex curvula* gewinnen andere Arten wie *Agrostis rupestris*, *Avenula versicolor*, *Juncus trifidus*, *Luzula lutea*, *Minuartia sedoides*, *Silene acaulis* s. lat., *Potentilla aurea*, *Euphrasia*



Abb. 14:
a) *Carex curvula* – b) *Soldanella pusilla* (Foto: B. Erschbamer, F. Nagl)

minima, *Veronica bellidoides*, *Pedicularis kernerii* und *Campanula barbata* an Bedeutung.

3. Vegetation der Talebene

Nardus stricta-Gesellschaft

Bürstlingsrasen bilden die vorherrschende Gesellschaft der Weideflächen in der subalpinen und unteren alpinen Stufe (Grabherr 1993). Am Taleingang im Bereich des Schönwieskopfes stellen sie eine großflächig verbreitete Vegetationseinheit dar. Infolge der Weidenutzung hat sich hier *Nardus stricta* stark ausgebreitet und dominiert mit hoher Deckung die in der Regel kurzrasigen Bestände (Tab. A4, Anhang). *Potentilla aurea* und *Scorzoneroides helvetica* treten stärker in Erscheinung. Daneben spielen auch *Mutellina adonidifolia* und *Geum montanum* eine Rolle für den Bestandesaufbau. Zu den häufigen Begleitern zählen darüber hinaus *Anthoxanthum alpinum*, *Euphrasia minima*, *Homogyne alpina*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Soldanella pusilla*, *Carex curvula*, *Festuca rubra* agg. und *Luzula sudetica*.

Besiedlungsprozesse

Die Besiedlungsprozesse im Gletschervorfeld werden von abiotischen und biotischen Faktoren bestimmt (Matthews

1992). Höhenlage, Mikrotopographie, Korngröße des Substrats und Feuchtigkeit sind entscheidende abiotische Parameter. Unter den biotischen Faktoren sind Diasporenverfügbarkeit (Diasporeneintrag, Diasporenbank, Diasporenproduktion), Keimungsfähigkeit, Wachstumspotential und die Interaktionen zwischen den Pflanzen bedeutsam.

Diasporengröße, Diasporenregen, Diasporenbank

Pionierarten wie beispielsweise *Saxifraga aizoides* oder *Saxifraga oppositifolia* haben viele, kleine Samen (109 bzw. 65 Samen pro Kapsel, Kneringer 1998) mit einem Gewicht von 0,05 bzw. 0,09 mg (Marcante 2008). Durchschnittlich werden mehrere Tausend Samen pro Pflanze produziert, die durch den Wind verbreitet werden (Stöcklin und Bäumler 1996, Kneringer 1998, Finch 2008). Ein Vergrabungsexperiment zeigte, dass *Saxifraga*-Samen über eine lange Lebensfähigkeit verfügen (mindestens 5 Jahre, Schwienbacher et al. 2010). Sie sind es auch, die den Großteil des Diasporenregens und der Diasporenbank im Bereich des Pionierstadiums bestimmen (Abb. 15, Finch 2008, Marcante et al. 2009a). Der Eintrag von *Saxifraga aizoides* auf rezent eisfreie Moränen des Rotmoosferners erfolgt hauptsächlich über Samen und Pflanzenbruchstücke vom orographisch rechten Seitenhang des Gletschertales (48 %, Raffl et al. 2006b).

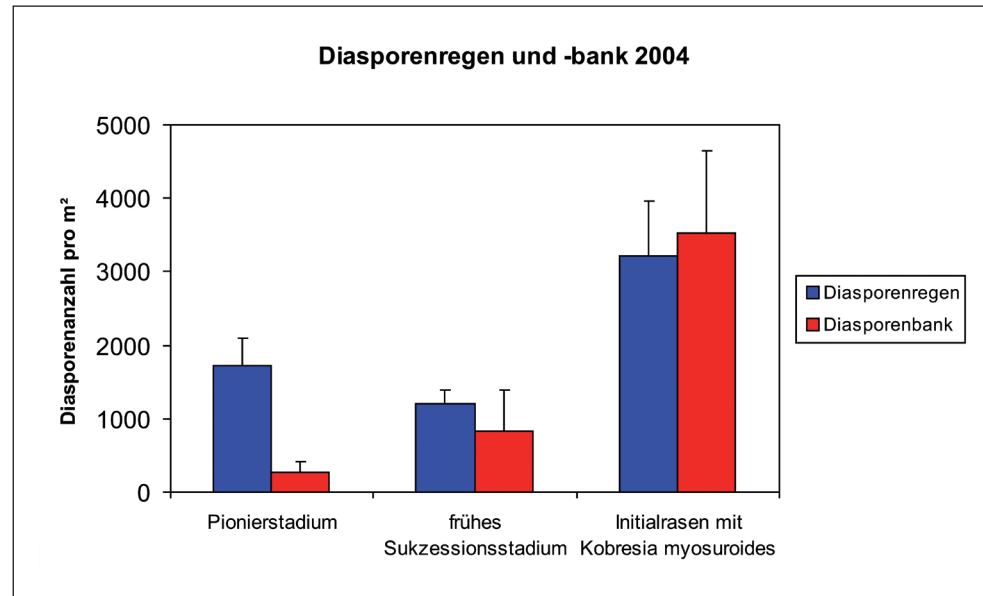


Abb. 15: Diasporenregen (Finch 2008) und Diasporenbank (Marcante et al. 2009a) 2004 im Gletschervorfeld des Rotmoosferners. Angegeben sind die mittlere Diasporenanzahl pro m² und die Standardabweichung.

Der rezente Genfluss im Bereich des Gletschervorfeldes selbst beträgt 24 % (Raffl et al. 2006b). Aber auch Ferneintrag aus dem angrenzenden Gaisbergtal (4 %, Raffl et al. 2006b) wurde mit Hilfe von molekulargenetischen Analysen nachgewiesen.

Folgearten haben in der Regel bereits größere Diasporen (*Trifolium pallescens*: 0,57 mg, *Silene acaulis* s. lat. 0,24 mg, Marcante 2008) und produzieren entsprechend weniger (463 bzw. 683 Samen pro Pflanze, Kneringer 1998). Aber auch sie werden hauptsächlich durch den Wind ausgebreitet und finden sich vor allem im Diasporenregen (Abb. 15, Finch 2008) und in der Diasporenbank (Abb. 15, Marcante et

al. 2009a) des frühen Sukzessionsstadiums und des Initialrasenstadiums auf 40-70 bzw. 70-100 Jahre eisfreien Moränen. Im Initialrasen mit *Kobresia myosuroides* ist die Varianz des Diasporengewichts am höchsten (*Saxifraga paniculata*: 0,05 mg; *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpicola*: 3,75 mg, Marcante 2008). Pflanzen mit schweren Diasporen bilden vergleichsweise viel weniger pro Pflanze aus (*Anthyllis vulneraria* ssp. *alpicola* 33, Kneringer 1998).

Viele Gletschervorfeldarten sind sog. „Wintersteher“, d.h. sie streuen ihre Diasporen nicht zur Gänze im Herbst aus, sondern entlassen sie teilweise erst nach der Schneeschmelze im Frühsommer. Untersuchungen von Finch (2008) ha-

ben gezeigt, dass beispielsweise *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga oppositifolia*, *Linaria alpina*, *Silene acaulis* s. lat. im Diasporenregen der Monate Juni und Juli zu finden waren. Es handelte sich dabei um Samen aus dem Vorjahr, da die Arten zu diesem Zeitpunkt erst blühten oder Blütenknospen aufwiesen.

Die Diasporenbank wird entlang des Gletschervorfeldes kontinuierlich aufgebaut (Abb. 15). Die Pionierarten bleiben zwar bis in das Stadium der Initialrasen mit *Kobresia myosuroides* im Boden vorhanden (Marcante et al. 2009a), dominant sind jedoch die im jeweiligen Stadium oberirdisch vorherrschenden Arten (Tab. A1, Anhang).

Keimlingsaufkommen

Abhängig von den mikroklimatischen Bedingungen nach der Schneeschmelze und während der jeweiligen Vegetationsperiode variiert die Anzahl der Keimlinge. Im Pionierstadium wurden beispielsweise 6-934 Keimlinge pro m² festgestellt, im frühen Sukzessionsstadium 13-1373 Keimlinge pro m² (Niederfriniger Schlag & Erschbamer 2000). Allerdings ist das Pionierstadium ganz klar samenlimitiert: eine Ansaat erhöhte die Keimlingsanzahl, sofern genügend Feuchtigkeit vorhanden war (Erschbamer et al. 2008, Schwienbacher, unpubl.). Späte Sukzessionsarten können durchaus in jungen Flächen kei-

men, wenn sie angesät werden (Niederfriniger Schlag & Erschbamer 2000) und sie etablieren sich dort auch (Erschbamer et al. 2008). Obwohl für Gletschervorfeldarten ein gutes Fernausbreitungspotential festgestellt wurde (Tackenberg und Stöcklin 2008), scheinen vor allem die späten Sukzessionsarten kaum die jungen Moränen zu erreichen.

Die bereits vorhandene Vegetation fördert eine dauerhafte Ansiedlung (Erschbamer et al. 2008). Entscheidend für den Keimungs- und Etablierungserfolg ist die Korngröße des Substrates: grobkörniges Material mit wenig Schluff und Ton ist nicht ideal für das Keimlingsaufkommen (Schwienbacher, unpubl.), da es kaum Feuchtigkeit halten kann.

Wachstumspotential und Alter

Das Wachstumspotential ist bei *Saxifraga aizoides* sehr gering. Nach 100 Tagen Wachstum in der Klimakammer erreichte die Art eine Gesamtbioasse von 8,11 mg. Für *Poa alpina* resultierte bei diesem Experiment eine Gesamtbioasse von 445,22 mg, *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpicola* wies 160,52 mg auf (Niederfriniger Schlag 2001). Diese Ergebnisse stimmen sehr gut mit den Elementen der Populationsentwicklung überein (Marcante et al. 2009b): bei *Saxifraga aizoides* spielt das Wachstum eine geringe Rolle für den Erhalt der Population, während das Überleben von großen Individuen als entschei-

dender Parameter identifiziert wurde. Auch die Fekundität hatte nicht einen überragenden Einfluss, sondern reichte gerade aus, um einen Anstieg der Populationsgröße zu garantieren. Im Gegensatz dazu übte das Wachstum bei *Poa alpina* und *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpicola* einen wesentlich stärkeren Einfluss auf die Populationsentwicklung aus (Marcante et al. 2009b).

Förderung, Konkurrenz

Ein besonders spannender Aspekt im Sukzessionsgeschehen ist die Abfolge und Ersetzung von Arten. Studien in Dauerflächen sind geeignet, die Geschwindigkeit dieser Prozesse zu untersuchen (Erschba-

mer et al. 2008). Im Pionierstadium nahmen *Saxifraga oppositifolia* und *Saxifraga aizoides* im Verlauf von 13 Jahren signifikant ab (Abb. 16). Diese Pionierpflanzen scheinen aber nicht durch Folgearten in Bedrängnis geraten zu sein, sondern sie starben wohl aus Altersgründen ab. Für *Saxifraga oppositifolia* wurde beispielsweise mit Hilfe der Herbchronologie (Dietz und Schweingruber 2001) ein maximales Alter von 17 Jahren festgestellt (Erschbamer und Retter 2004). Die abgestorbenen *Saxifraga*-Bereiche wurden bislang kaum wiederbesiedelt, obwohl in den Dauerflächen gerade die Flechte *Stereocaulon alpinum* signifikant an Deckung zunahm (Abb. 16).

Auch im frühen Sukzessionsstadium wur-

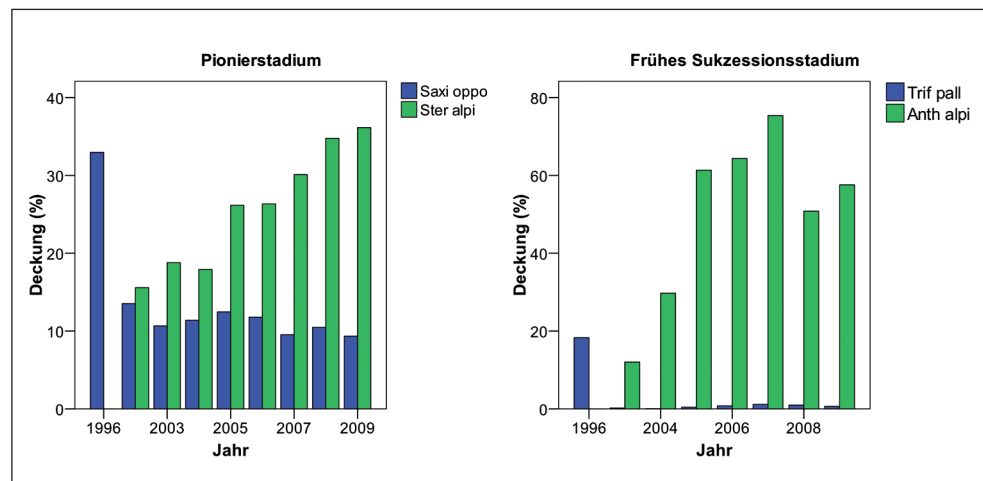


Abb. 16: links - Deckung von *Saxifraga oppositifolia* und *Stereocaulon alpinum* von 1996 bis 2009 in 25x25 cm Dauerflächen im Pionierstadium (Flächen ohne Behandlung); rechts - Deckung von *Trifolium pallescens* und *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpicola* im frühen Sukzessionsstadium (Flächen mit Ansaat in den Jahren 1996/1997).

de ein altersbedingtes Absterben beobachtet, und zwar von *Trifolium pallescens* (Erschbamer et al. 2008). Aus der Herbchronologie-Studie wissen wir, dass *Trifolium pallescens* im frühen Sukzessionsstadium ein durchschnittliches Alter von 6 Jahren erreichen kann (Kuen 2001). Das Maximalalter dieser Art beläuft sich auf 11 (Kuen 2001) bzw. 10 Jahre (Schweingruber et al. 2007). In angesäten Flächen des frühen Sukzessionsstadiums zeigen sich allerdings sehr wohl Ersetzungsvorgänge: hier dehnte sich *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpicola* sehr stark aus, sodass *Trifolium pallescens* zwar als Keimling noch vorhanden war, aber sich nicht mehr zu adulten Pflanzen weiterentwickeln konnte (Abb. 16).

Detaillierte Studien zu den Interaktionsvorgängen zwischen Gletschervorfeldpflanzen auf unterschiedlich alten Moränenflächen wären unbedingt notwendig. In der Literatur gibt es zwar verschiedenste Modelle, die eine allgemeine Erklärung der Primärsukzession anbieten, so z.B. das „facilitation-tolerance-inhibition- model“ von Connell & Slatyer (1977), das „resource ratio- model“ von Tilman (1985, 1988), das „invasion model“ (van Hulst 1992), das „Competition-Stresstolerator-Ruderal-model“ (Grime 2001, Caccianiga et al. 2006), um nur einige zu nennen. Eine einschlägige empirische Studie über Interaktionen im Gelände fehlt jedoch.

Literatur

- Bortenschlager S. (1984) Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 71: 19–56.
- Caccianiga M., Luzzaro A., Pierce S., Ceriani R.M. & Cerabolini B. (2006) The functional basis of a primary succession resolved by CSR classification. *Oikos* 112: 10–20.
- Connell J.H. & Slatyer R.O. (1977) Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* 111: 1119–1144.
- Dietz H. & Schweingruber F. (2001) Development of growth rings in roots of dicotyledonous perennial herbs: experimental analysis of ecological factors. *Bulletin of the Geobotanical Institute ETH Zürich* 67: 97–105.
- Erschbamer B. & Retter V. (2004) How long can glacier foreland species live? *Flora* 199: 500–504.
- Erschbamer B. (2001) Responses of some Austrian glacier foreland plants to experimentally changed microclimatic conditions. In: Fingerprints of Climate Change, G-R Walther, Burga CA, Edwards PJ (eds) Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 263–279.
- Erschbamer B. (2007) Winners and losers of climate change in a central alpine glacier

- foreland. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 39: 237–244.
- Erschbamer B. (2009) Faktoren und Prozesse der Besiedelung im alpinen Neuland. Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 21: 253–265.
- Erschbamer B., Bitterlich W. & Raffl C. (1999) Die Vegetation als Indikator für die Bodenbildung im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Obergurgl, Ötztal, Nordtirol). Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 86: 107–122.
- Erschbamer B., Kneringer E. & Niederfriniger Schlag R. (2001) Seed rain, soil seed bank, seedling recruitment, and survival of seedlings on a glacier foreland in the Central Alps. Flora 196: 304–312.
- Erschbamer B., Niederfriniger Schlag R. & Winkler E. (2008) Colonization processes on a central Alpine glacier foreland. Journal of Vegetation Science 19/6: 855–862.
- Finch K. (2008) Diasporenregen im Gletschervorfeld des Rotmoosferners, Obergurgl, Ötztal. Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Fischer M.A., Oswald K. & Adler W. (2008) Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. 3. Aufl. Land Oberösterreich, Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen, Linz.
- Friedel H. (1938) Die Pflanzenbesiedelung im Vorfeld des Hintereisferners. Zeitschrift für Gletscherkunde 26: 215–239.
- Gams H. (1939) Die Pflanzendecke der Venter Täler. Festschrift zum 40jährigen Bestehen des DAV, Zweig Mark Brandenburg. Bruckmann Verlag, München, 56–63.
- Grabherr G. (1993) *Caricetea curvulae*. In: Die Pflanzengesellschaften Österreichs Teil II, Grabherr G, MUCINA L (eds) Gustav Fischer Verlag, Jena, 343–372.
- Grime J.P. (2001) Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Toronto.
- Heufler L.v. & Stotter M. (1840) Geognostisch-botanische Bemerkungen auf einer Reise durch Oetzthal und Schnals. Neue Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg 6.
- IPCC (2007) Climate Change 2007 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jochimsen M. (1962) Die Vegetationsentwicklung in den Vorfeldern des Rotmoos- und Gaisbergferners im Ötztal. Dissertation Universität Innsbruck.
- Jochimsen M. (1963) Vegetationsentwicklung in hochalpinem Neuland. Beobachtungen der Dauerflächen im hochalpinen Neuland. Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 53: 109–123.
- Jochimsen M. (1970) Die Vegetationsentwicklung auf Moränenböden in Abhängigkeit von einigen Umweltfaktoren. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck 46: 5–22.
- Kerner von Marilaun A. (1863) Das Pflanzenleben der Donauländer. Verlag der Wagner'schen Universitäts-Buchhandlung, Innsbruck.
- Klebelberg R. (1913) Das Vordringen der Hochgebirgsvegetation in den Tiroler Alpen. Österreichische Botanische Zeitschrift 63: 177–186, 241–254.
- Kneringer, E. (1998) Diasporenregen und Diasporenbank im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Kuen V. & Erschbamer B. (2002) Comparative study between morphology and age of *Trifolium pallescens* in a glacier foreland of the Central Alps. Flora 197: 379–384.
- Kuen V. (2001) Alters- und Populationsstruktur von *Trifolium pallescens* im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztal, Tirol). Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Mallaun M. (2001) Verlauf der Primärsukzession in einem zentralalpiner Gletschervorfeld (Ötztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Marcante S. (2008) Life history traits and population dynamics of glacier foreland species. Dissertation Universität Innsbruck.
- Marcante S., Schwienbacher E. & Erschbamer B. (2009a) Genesis of a soil seed bank on a primary succession in the Central Alps (Ötztal, Austria). Flora 204: 434–444.
- Marcante S., Winkler E. & Erschbamer B. (2009b) Population dynamics along a primary succession gradient: do alpine species fit into demographic succession theory? Annals of Botany 103: 1129–1143.
- Matthews J.A. (1992) The Ecology of Recently-Deglaciated Terrain. A geoecological approach to glacier forelands and primary succession. Cambridge University Press, Cambridge.
- Niederfriniger Schlag R. & Erschbamer B. (2000) Germination and establishment of seedlings on a glacier foreland in the Central Alps, Austria. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 32: 270–277.
- Niederfriniger Schlag R. (2001) Primärsukzession im Gletschervorfeld. Keimung, Etablierung, Wachstum und Interaktionen im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztal, Tirol). Dissertation Universität Innsbruck.
- Raffl C. & Erschbamer B. (2004) Comparative vegetation analyses of two transects crossing a characteristic glacier valley in the Central Alps. Phytocoenologia 34/2: 225–240.
- Raffl C. (1999) Vegetationsgradienten und Sukzessionsmuster in einem zentralalpiner Gletschervorfeld (Ötztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Raffl C., Holderegger R., Parson W. & Erschbamer B. (2008) Patterns in genetic diversity of *Trifolium pallescens* populations do not reflect chronosequence on

- alpine glacier forelands. *Heredity* 100: 526–532.
- Raffl C., Mallaun M., Mayer R. & Erschbamer B. (2006a) Vegetation succession pattern and diversity changes in a glacier valley, Central Alps, Austria. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 38/3: 421–428.
- Raffl C., Schönschwetter P. & Erschbamer B. (2006b) ‘Sax-sess’ – genetics of primary succession in a pioneer species on two parallel glacier forelands. *Molecular Ecology* 15: 2433–2440.
- Raffl-Wallinger C. (2006) Comparative analyses of the primary succession on Central Alpine glacier forelands on inter- and intraspecific levels. Dissertation Universität Innsbruck.
- Rudolph D. (1991) Vergleichende Studien zur Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Rotmoosferners/Ötztaler Alpen. Diplomarbeit Universität Gießen.
- Schweingruber F., Münch A., & Schwarz R. (2007) Dendrochronologie von Kräutern und Sträuchern im Vorfeld des Morteratschgletschers. *Bauhinia* 20: 5–17.
- Schwienbacher E. & Erschbamer B. (2002) Longevity of seeds in a glacier foreland of the Central Alps – A burial experiment. *Bulletin of the Geobotanical Institute ETH Zürich* 68: 63–71.
- Schwienbacher E. & Erschbamer B. (2008a) Sensitivity of glacier foreland species to drought conditions during germination. *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck, Supplementum* 18: 29.
- Schwienbacher E. & Erschbamer B. (2008b) Effects of temperature and drought stress on germination and establishment of glacier foreland species. *Sauteria* 16: 388–389.
- Schwienbacher E. (2004): Populationsbiologische Studien an frühen Sukzessionsarten im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztal, Tirol). Verbreitung und Standortsansprüche von *Artemisia genipi* und *A. mutellina*, Populationsstruktur von *A. genipi*. Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Schwienbacher E., Marcante S. & Erschbamer B. (2010) Alpine species seed longevity in the soil in relation to seed size and shape – a 5-year burial experiment in the Central Alps. *Flora* 205: in press.
- Stöcklin J. & Bäumler E. (1996) Seed rain, seedling establishment and clonal growth strategies on a glacier foreland. *Journal of Vegetation Science* 7: 45–56.
- Tackenberg O. & Stöcklin J. (2008) Wind dispersal of alpine plant species: a comparison with lowland species. *Journal of Vegetation Science* 19: 109–118.
- Tilman D. (1985) The resource-ratio hypothesis of plant succession. *The American Naturalist* 125: 827–852.
- Tilman D. (1988): Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- van Hulst R. (1992) From population dynamics to community dynamics: modeling succession as a species replacement process. In: *Succession*, Glenn-Lewin DC (ed) Chapman & Hall, London, 188–214.
- Walker L.R. & Del Moral R. (2003) Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wiedemann T. (1991) Die Entwicklung von Boden und Vegetation im Vorfeld des Gaißbergferners/Ötztaler Alpen. Diplomarbeit Universität Gießen.

Verzeichnis der AutorInnen

Fabian Nagl
 Universität Innsbruck
 Institut für Botanik
 Sternwartestr. 15, 6020 Innsbruck, Österreich
 Fabian.Nagl@uibk.ac.at

Brigitta Erschbamer
 Universität Innsbruck
 Institut für Botanik
 Sternwartestr. 15, 6020 Innsbruck, Österreich
 Brigitta.Erschbamer@uibk.ac.at

Zur Kryptogamenflora im Rotmoostal

Georg Gärtner

Zusammenfassung:

Das Gurgler Rotmoostal mit seinem am Talausgang gelegenen, mächtigen Moorkomplex gehört zu den eindrucksvollsten Naturräumen in den Öztaler Alpen im Raum Obergurgl (Nordtirol, Österreich). Nach kurzer historischer Darstellung der naturwissenschaftlichen Erforschung, die eng mit der Gletscherforschung verknüpft ist, werden charakteristische Vertreter der Moose, Flechten und Algen des eigentlichen Moorkomplexes sowie des Gletschervorfeldes mit Hinweisen zu ihrer Systematik und Ökologie angeführt. Ergänzende Artenlisten aus der Literatur sowie nach Herbarbelegen sind im Anhang zusammengestellt.

Summary:

Data on cryptogams (mosses, lichens, algae) are presented from the Rotmoos valley (Obergurgl, Tyrol, Austria), one of the most intensively studied areas in the Central Alps. Classical floristic studies from middle of 19th and 20th century as well as recent investigations provide an overview of characteristic cryptogams in the mire complex of Rotmoos and the glacial retreat area. Notes are also included on taxonomy and ecology of dominant species. Some accompanying lists of recorded mosses,

lichens and algae from literature and herbaria provide additional informations on the biodiversity of the area.

Einleitung

Das Gurgler Rotmoostal mit seinem am Talausgang gelegenen, mächtigen Moorkomplex gehört zu den eindrucksvollsten Naturräumen in den Öztaler Alpen. Seine naturwissenschaftliche Erforschung ist, wie im gesamten inneren Ötztal, eng mit der Gletscherforschung verknüpft. Über die Floren- und Vegetationsgeschichte im Raum Obergurgl und im Rotmoos liegen bereits zahlreiche Veröffentlichungen vor (siehe Übersichten in Gams 1970, Erschbamer 2000, Gärtner 2000, vgl. Kap. 4, Bortenschlager). Die ersten Hinweise zum Rotmoos lieferte Kerner (1863), wobei er auf Berichte des Gurgler Pfarrers, Wanderlehrers und „Mistapostels“ Kurat Adolf Trientl (bei Kerner loc. cit. p. 269 als Alois Triendl!) zurückgriff. Trientl, ab 1856 als Pfarrer in Gurgl tätig, regte die Bevölkerung zum Torfabbau für die Gewinnung von Heizmaterial im Rot-

moos (im Bereich der Schönwieshütte) an (Kerner 1863, Jäger 1992). Während sich die moorkundlich-pollenanalytischen Forschungen beginnend mit Sarnthein (1936) bis heute auf den talauswärts gelegenen eigentlichen Moorkomplex des Rotmooses beschränken, bilden zur Zeit vegetationskundliche und populationsbiologische Untersuchungen im eigentlichen Gletschervorfeld des inneren Talbereiches botanische Forschungsschwerpunkte (dazu Erschbamer et al. 1999, Erschbamer 2000).

Zur Forschung an Kryptogamen

Historische Daten über Vorkommen niederer Pflanzen im Rotmoostal liegen erstmals aus den Jahren 1895/96 von Schmidle vor. Mehrere Exkursionen ins Ötztal führten ihn nicht nur zu den Flachslöchern von Längenfeld, sondern bis hinauf ins Rotmoos zum Studium der Algenflora in den Torfgewässern. An die hundert Arten, vorwiegend Desmidiaceen (Zieralgen), beschrieb Schmidle aus dem Rotmoos, allerdings fehlen detaillierte Standortsangaben (Schmidle 1895/96, Lenzenweger et al. 1997). Eine Artenliste der Aufsammlungen Schmidles findet sich im Anhang. Die Erforschung der Flechtenflora des Ötztales beginnt mit Arnold (1876, 1878), spätere Daten vor allem aus der nivalen Zone der zentralen Ötztaler Alpen lieferten Poelt (1953), Pitschmann und Reisingl (1955)

und Tobolewski (1976). Eine aktuelle detaillierte Flechtenliste im Raum Obergurgl veröffentlichten Hofmann et al. (1988), speziell für das Rotmoostal sei auf Kap. 6, Türk und Erschbamer in diesem Band verwiesen. Zur Moosflora des Rotmoostales liegen diverse Belege in den Herbarien des Botanischen Institutes der Universität Innsbruck (IB) und der AFO Obergurgl sowie in Privatherbarien diverser Teilnehmer von Exkursionen oder Botanischen Hochschulkursen. Eine gezielte Begehung des Tales sollte weitere Funddaten liefern. Aus den wenigen Veröffentlichungen zur Moosflora des Obergurgler Gebietes sei hier der Beitrag von Pitschmann und Reisingl (1954) angeführt.

Das Gurgler Rotmoos

Vom südöstlichen Ende des Rotmoostals nach Nordwesten (talauwärts) blickend (Abb. 1) lassen sich deutlich zwei Landschaftsräume unterscheiden: Erstens von etwa Talmitte bis zur Kuppe des Schönwieskopfes der ca. 2 km lange eigentliche Rotmoos-Moorkomplex. Zweitens vom Ende der 1920er Moräne taleinwärts gegen den Gletscher der Grund- und Endmoränenkomplex bis zur Gletscherzunge. Landschaftsprägend für das gesamte Rotmoostal sind die mächtigen Sand- und Schotterlagen der Rotmoosache. Ihre periodischen Überschwemmungen



Abb. 1:
Das Rotmoostal talauswärts in nordwestlicher Richtung, rechts im Bild der Rücken der Hohen Mut, linke Hangseite „unter den Wasserfällen“ gegen Hangerer; typische Herbstfärbung des eigentlichen Moores im Hintergrund gegen Schönwieshütte; Aufnahmedatum: 23.9.2009 (Foto: G. Gärtner)

gen überschütten den Talgrund, aber auch das Moor, wobei der Torfkörper auf einer Länge von ca. 1,5 km immer wieder angeschnitten und erodiert wird. Nach Gams (1962) handelt es sich beim Rotmoos um ein beispielhaft ausgeprägtes Gletschertalmoor vom Kuchlmoos-Typ (benannt nach dem Kuchlmoos im Zillertal). Aus pollenanalytischen Untersuchungen von Bortenschlager (1970) geht hervor, dass die Torflager des Gurgler Rotmooses zur Gänze nachwärmezeitliche Bildungen sind. An den bachseitigen Aufschlüssen des Torfkörpers mit deutlich erkennbaren

Wechselagerungen von Torf und Ton lassen sich postglaziale Gletscherschwankungen nachweisen (Bortenschlager 1970, vgl. Kap. 4, Bortenschlager).

Das eigentliche Rotmoos

Der Name ist nach Gams (1962) nicht auf rotgefärbte Moosorganismen, sondern auf die rostfarbenen Eisenocker in den Moortümpeln und kleinen Seitenrinnsalen zurückzuführen. Solche Kleingewässer beherbergen spezielle Bakterien

(Eisenoxidierende Bakterien wie *Lepidobryx*, *Gallionella* und andere), welche ölähnliche Oberflächenfilme verursachen können. Die außerordentlich charakteristische Herbst- und Frühjahrsfärbung der Vegetation (Abb. 1, 23. 9. 2009) in braunroten Farbtönen könnte nach Meinung des Verfassers durchaus auch namensgebend gewesen sein. In der schneefreien Zeit dominiert im Moor vor allem im Frühjahr und Herbst die Farbe rotbraun, verursacht einerseits durch Seggen, Wollgras und Haarinse (*Carex nigra*, *Eriophorum scheuchzeri* und in großen Beständen *Trichophorum caespitosum*), andererseits durch „Braunmoose“. Dabei handelt es sich um eine Reihe von Laubmoos-Arten von dunkel-, rot – goldbrauner Farbe, die vor allem im Spätherbst am intensivsten wird. Im Moorkomplex nachgewiesene Arten (Belege im Herbar IB, leg. Rybnickova und Rybnicek 1970) sind unter anderen *Pseudocalliergon trifarium*, *Warnstorfia sarmentosa* (beide Sippen früher innerhalb der Sammelgattung *Calliergon*, Grims 1999, Köckinger et al. 2008), *Warnstorfia trichophylla*, *Warnstorfia exannulata* und *Scorpidium revolvens* (früher unter *Drepanocladus*). Von den Torfmoosen findet sich zwischen den Braunmoosen und *Carex*-Stengeln nicht selten *Sphagnum platyphyllum*. Bemerkenswert und auffallend durch die dunkelrote, fast schwarzrote Färbung sind quadratmetergroße Bestände des Lebermooses *Scapania undulata* (vor allem an den ins Moor strömenden Quellfluren von der orogra-

phisch rechten Talflanke) vergesellschaftet mit *Philonotis sericea* und *Dicranella palustris* (= *Dichodontium p.*). An den von der Rotmoos-Ache angeschnittenen Torfwänden kommen *Dicranella cerviculata* zusammen mit *Poblia prolifera* (leg. W. Maurer, Beleg im Herbar AFO) vor. Flechten treten im eigentlichen Moorkomplex weniger in Erscheinung, auf älterem angewittertem Torf wächst *Icmadophila ericetorum*. In den *Trichophorum*- und *Carex*-Beständen findet man Elemente der Zwergstrauchheiden, die mit Rasenfragmenten der Seitenhänge abrutschen oder an wasserzügigen Hängen ins Moor verschwemmt werden. Darunter sind verschiedene Rentierflechten (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*), sowie mehrere Strauchflechten wie *Cetraria islandica*, *C. ericetorum*, diverse Becherflechten (*Cladonia fimbriata*, *C. pyxidata*) und andere. Eine erste Zusammenstellung der gefundenen und belegten Moosarten ist im Anhang zu finden, sie ist aber bei weitem nicht vollständig.

Moose des Gletschervorfeldes

In den Pionierstadien der höheren Vegetation an trockenen oder feuchteren Abschnitten des Vorfeldes im Rotmoostal dominieren auch einige Moosarten. An trockenen, sandig-kiesigen Flächen wächst in großen Polstern *Racomitrium*

canescens subsp. *canescens* (Abb. 2), eine anpassungsfähige, weitverbreitete Art, die durch ihre weißgrauen Glashaare an den Blattspitzen relativ leicht anzusprechen ist. Dieses Laubmoos ist im gesamten Gletschervorfeld auf unterschiedlichsten, doch meist trockeneren Substraten anzutreffen. Sehr häufig ist diese Pionierart mit einem weiteren xerophytischen Moos, *Polytrichum piliferum*, und der weißlichen Strauchflechte *Stereocaulon alpinum* vergesellschaftet. An feuchteren, wasserzügigen Stellen auf nassem Schwemmsand treten ebenfalls bestandsbildend die Laubmoose *Pohlia filum* (syn. *P. gracilis*) und



Abb. 2: Pioniermoos des Gletschervorfeldes auf trockenen Sand- und Kiesböden: *Racomitrium canescens* subsp. *canescens* (Foto: G. Gärtner)

Bryum schleicheri auf. Auf lange schneebedeckten ebenen Flächen im gesamten Gletschervorfeld kann sich eine Schneetälchenflora entwickeln, mit dominanten Moosen wie der grauschwarze, durch Wachüberzug auffällige Schimmel-Lebermoos *Anthelia juratzkana* (Abb. 3) in Gesellschaft mit *Polytrichum sexangulare* (= *P. norvegicum*) (weitere Moosarten siehe Anhang).

Im gletschernahen Bereich des Rotmoostales sind einige weitere Moose aufgrund ihres Höhenvorkommens bemerkenswert: das Lebermoos *Preissia quadrata* (mit 3080 m Seehöhe auf einer Felsrippe



Abb. 3: Auf vernässten Schneeböden im Gletschervorfeld: das Schimmel-Lebermoos *Anthelia juratzkana* mit grauem Wachüberzug (Foto: G. Gärtner)

im Rotmoosferner wohl höchster Fundort in den Alpen) sowie die Laubmoose *Syntrichia ruralis* und *Mnium thomsonii* (= *M. orthorhynchum*) jeweils auf 3180 m an der gleichen Lokalität (Pitschmann und Reisigl 1954).

Über die Flechten im Gletschervorfeld sei auf die Zusammenstellung im Kap. 6, Türk und Erschbamer, verwiesen. Während Rudolph (1991) noch 16 Flechten- und 18 Moosarten für das Rotmoos-Gletschervorfeld angibt, umfasst die Liste der Flechten bei Türk und Erschbamer bereits 75 Arten. Zwei auffällige Sippen, das häufig auf den älteren, bereits verfestigten

Moränenstadien vorkommende *Stereocaulon alpinum* sowie die als Totengebein oder Wurmflechte leicht anzusprechende terrestrische *Thamnolia vermicularis* var. *vermicularis*, zeigen Abb. 4 und 5. Im Rahmen eines flechtenfloristischen Kurses an der Alpenen Forschungsstelle Oberurgl 1987 wurde eine erste floristische Übersicht über die Flechtendiversität des Gebietes um Oberurgl publiziert (Hofmann et al. 1988). Aus der Artenliste sind im Anhang hier noch einmal die für das Rotmoostal belegten Funde zusammengestellt.

Algen im Rotmoos

Erste Fundnachweise von Algen aus dem Rotmoos (ohne genaue Lokalitätsangabe aber wohl beschränkt auf das eigentliche Rotmoos und die Torfstiche bei der Schönwieshütte) gehen auf Schmidle (1895, 1896) zurück, eine Liste seiner Funde ist als Anhang beigefügt. Ettl (1968) erwähnt das auffällige Auftreten vieler grüner Fadenalgen bei den zum Teil bereits verwachsenen Torfstichen oberhalb der Schönwieshütte sowie in den sauren Gewässern der dortigen Umgebung. Unter anderem wurden folgende Arten bestimmt: *Synura sphagnicola*, *Chromulina flavicans*, *Dinobryon cylindricum*, *Mallomonas caudata*, *Trachelomonas hispida*, *Tribonema vulgare*, *Ophiocytium capitatum*, *Monomastix ophiostigma*, *Chlamydomonas angustissima*, *Chlamydomonas kvildensis*, *Chlamydomonas vulgaris*, *Chlamydomonas similis*, *Sphaerelloccystis globosa*, *Gloeococcus schroeteri*, *Eremosphaera viridis*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Botryococcus braunii*, *Microthamnion strictissimum*, sowie verschiedene Desmidiaceen, sterile Conjugaten und *Microspora lauterbornii* (Ettl, loc. cit. p. 184).

Aus dem übrigen Rotmoos werden von Ettl (1968) aus sumpfigen Wasserstellen, Quellen und Bächen neben sterilen Conjugaten noch *Bulbochaete* sp., *Microspora pachyderma*, Desmidiaceen, *Tetraspora lacustris*, *Gloeococcus schroeteri*, *Botryococcus braunii*, *Botryosphaera sude-*

tica, *Chromulina flavicans*, *Chrysococcus cordiformis*, *Peridinium* sp u.a. angeführt (Ettl 1968 loc. cit. p. 184). Im Rahmen eines Algenkurses des Verfassers mit B. Lokhorst aus Utrecht im Sommer 1999 konnten zahlreiche Funde neuerlich bestätigt werden. Eine aktuelle Bearbeitung der benthischen Algen der Fließgewässer im Rotmoostal liegt von Gesierich und Rott (2004) vor. Neben dominierenden Kieselalgenarten, Cyanophyceen und Zygnemaphyceen sind auch einige Wassermoos (*Palustriella commutata*, *Scapania uliginosa* u.a.) nachgewiesen worden. Über Lebensraumtypen und Algendiversität siehe Kap. 8, Rott.

Literatur

Arnold F. (1868-1897) Lichenologische Ausflüge in Tirol, 1 – 30. Verhandl. zool.-bot. Ges. Wien 1868-1897. Gesammelte Lichenolog. Schr. v. F. Arnold, 3. repr. 1970, Cramer, Lehre.

Bortenschlager S. (1970) Waldgrenz- und Klimaschwankungen im pollenanalytischen Bild des Gurgler Rotmooses. Mitt. Ostalpin-din. Ges. f. Vegetkde. 11: 19-26.

Erschbamer B. (2000) Die alpine Stufe in den Zentralalpen. In: Die subalpine und alpine Vegetation in Tirol, Erschbamer B., Grabner S. (eds) Exkursionsführer 50. Jahrestagung d. Floristisch-Soziolog. Arbeitsgemeinschaft, 114-146.

Erschbamer B., Bitterlich B. & Raffl C. (1999) Die Vegetation als Indikator für die Bodenbildung im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Obergurgl, Ötztal, Nordtirol). Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 86: 107-122.

Ettl H. (1968) Ein Beitrag zur Kenntnis der Algenflora Tirols. Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 56: 177-354.

Gärtner G. (2000) Eine Einführung in die Exkursionsgebiete. In: Die subalpine und Alpine Vegetation in Tirol, Erschbamer B., Grabner S. (eds) Exkursionsführer 50. Jahres-Tagung d. Floristisch-Soziolog. Arbeitsgemeinschaft, 58-67.

Gams H. (1962) Das Gurgler Rotmoos und seine Stellung innerhalb der Gebirgsmoore. Veröff. Geobot.Inst. Rübel, Zürich, 37: 74-82.

Gams H. (1970) Die Erforschung der Floren- und Vegetationsgeschichte der Ötztaler Alpen. Mitt. Ostalpin-din. Ges. f. Vegetkde. 11: 55-62.

Gesierich D. & Rott E. (2004): Benthic Algae and Mosses from Aquatic Habitats in the Catchment of a Glacial Stream (Rotmoos, Ötztal, Austria). Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 91: 7-42.

Grims F. (1999) Die Laubmoose Österreichs, Biosystematics and Ecology 15, Catalogus Florae Austriae II, Bryophyten (Moose) 1, Musci (Laubmoose), Österr. Akad. Wiss., Wien, 418 S.

Grolle R., Long D. G. (2000) An annotated check-list of the Hepaticae and Anthocerotae of Europe and Macaronesia. J. Bryol. 22: 103-140.

Hofmann P., Türk R. & Gärtner G. (1988) Beitrag zur Flechtenflora Tirols: Obergurgl (Ötztaler Alpen, Nordtirol). Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 75: 7-19.

Jäger H. (1992) Adolf Trientl, Priester, Wanderlehrer, „Mistapostel“. Galerie z. alten Oetzal, 6433 Oetz, 132 S.

Jochimsen M. (1970) Die Vegetationsentwicklung auf Moränenböden in Abhängigkeit von einigen Umweltfaktoren. Veröff. Universität Innsbruck 46: 1-22.

Kerner A. (1863) Das Pflanzenleben der Donauländer. Wagner, Innsbruck, 348 S.

Köckinger H., Suanjak M., Schriegl A. & Schröck C. (2008) Die Moose Kärntens. Sonderreihe Natur Kärnten 4, Naturwiss. Ver. für Kärnten, Klagenfurt, 319 S.

Lenzenweger R., Gärtner G. & Pfattner S. (1997) Zur bemerkenswerten Wiederentdeckung von *Staurastrum gurgeliense* Schmidle und *Staurastrum sparseaculeatum* Schmidle in Obergurgl (Ötztal, Tirol). Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 84: 75-80.

Pitschmann H. & Reisingl H. (1954) Zur nivalen Moosflora der Ötztaler Alpen (Tirol). Rev. Bryolog. Lichenolog. 23: 123-131.

Pitschmann H. & Reisingl H. (1955) Beiträge zur nivalen Flechtenflora der Oetzaler und Ortleralpen. Rev. Bryol. Lichenol. 24: 138-143.

Poelt J. (1953) Mitteleuropäische Flechten I. Mitt. Bot. Staatssamml. München 6: 230-238.

- Poelt J. (1953) Mitteleuropäische Flechten II. Mitt. Bo. Staatssamml. München 8: 323-332.
- Rudolph D. (1991) Vergleichende Studien zur Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Rotmoosferners/Öztaler Alpen. Diplomarb. Justus-Liebig-Univ. Gießen, 108 S.
- Sarnthein R. v. (1936) Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung. I. Beih. Bot. Cbl., 55: 544-631.
- Schmidle W. (1895) Beiträge zur alpinen Algenflora. Österr. B. Z. 45: 249-253, 305-311, 346-350, 387-391, 454-459.
- Schmidle W. (1896) Beiträge zur alpinen Algenflora. Österr. B. Z. 46: 20-25, 59-65, 91-94.
- Tobolewski Z. (1976) Flechten aus den Öztaler-Alpen (Österreich) – Porosty z Alp Öztalskich (Austria). Fragmenta Floristica et Geobotanica 22: 559-574.

Verzeichnis des Autors

Georg Gärtner
 Universität Innsbruck
 Institut für Botanik
 Sternwartestr. 15, 6020 Innsbruck, Österreich
 Georg.Gaertner@uibk.ac.at

Die Flechten im Gletschervorfeld des Rotmoosferners

Roman Türk, Brigitta Erschbamer

Zusammenfassung

Im Gletschervorfeld des Rotmoosferners wurden 75 terricole, saxicole und Detritus-bewohnende Flechten festgestellt. Auf den etwa zehn Jahre eisfreien Flächen wachsen hauptsächlich höhere Pflanzen und einige wenige Moose. Mit zunehmendem Alter der eisfreien Flächen finden sich zunächst sporadisch terricole Flechten-Arten ein, erst in älteren Moränen (ab ca. 35-40 Jahren Eisfreiheit) steigt die Biodiversität der terricolen, saxicolen und Detritus-bewohnenden Flechten an. An den ältesten Moränenwällen ist die Abundanz und Diversität der Flechten am höchsten.

Summary

In the forefield of the Rotmoos glacier 75 terricolous, saxicolous and debricolous lichens occur. On 10 years icefree areas only higher plants and some bryophytes occur. With advancing age of the icefree areas terricolous lichens appear sporedically. In the older margins (icefree since 35-40 years) the biodiversity of the terricolous, saxicolous and debricolous lichens increases. The abundance and diversity of lichens is the highest on the oldest moraines.

Einleitung

In der Literatur werden Flechten oftmals als „Pionierpflanzen – Pionierorganismen“ bezeichnet, zumal sie aufgrund ihrer Konsistenz imstande sind Rohböden, freiliegende Gesteinsoberflächen, Borke, Holz, absterbende Moose und Detritus in relativ kurzer Zeit zu besiedeln (Brodo 1973, Seaward 2008). Flechten benötigen für ihre Entwicklung weitgehend unbewegte, stabile Habitats. Frische, von rückziehenden Gletschern freigelegte Flächen zeichnen sich – je nach Hangneigung oder Exposition durch mehr oder weniger stark bewegten Untergrund aus. An solchen Flächen finden sich vorerst höhere Pflanzen ein, deren Früchte bzw. Samen vornehmlich durch Wind (Stöcklin und Bäumler 1996, Erschbamer et al. 2001, Tackenberg und Stöcklin 2008), aber auch durch Wasser (Ryvarden 1971) und vermutlich auch durch Vögel verbreitet werden.

Für die lichenologische Erforschung der Gletschervorfelder in den Tiroler Alpen haben Beschel (1950) sowie Heuberger und Beschel (1958) grundlegende Beiträge

ge geleistet. Dies nicht nur hinsichtlich der Lichenometrie zur Datierung von Moränen, sondern auch zur floristischen Erfassung der saxicolen und terricolen Arten. Hofmann et al. (1988) geben einen ersten Überblick über die reichhaltige Flechtenflora des inneren Ötztals, auch aus dem Rotmoostal sind einige Funde angeführt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Flechtendiversität im Gletschervorfeld des Rotmoosferners zu erfassen.

Die Begehung des Gletschervorfeldes des Rotmoosferners erfolgte am 20.08.2009. Besonderes Augenmerk wurde den bodenliegenden Steinen in den Schuttflächen und den Rohböden geschenkt, um nach Möglichkeit auch die Primordialstadien von Flechten zu entdecken. Da gerade in den jüngeren Flächen die Flechten sehr sporadisch auftreten und zumeist Einzel-funde gemacht werden, wurde auf Vegetationsaufnahmen verzichtet.

Als Bestimmungsliteratur dienten Poelt (1969), Poelt und Vězda (1977 und 1981), Wirth (1995) und Clauzade und Roux (1984) sowie weiterführende Spezialliteratur. Die Nomenklatur richtet sich nach Hafellner und Türk 2001.

Flechten in rezent eisfreien Moränen und Pioniergesellschaften

Im Bereich der Gletscherstände 1997-1999, wurden lediglich höhere Pflanzen aufgefunden, und zwar *Arabis caerulea*, *Arenaria ciliata*, *Artemisia genipi*, *Artemisia mutellina*, *Cerastium uniflorum*, *Cirsium spinosissimum*, *Festuca halleri*, *Gnaphalium supinum*, *Linaria alpina*, *Poa alpina*, *Poa laxa*, *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga oppositifolia*, *Trisetum spicatum* und *Veronica alpina*. Es traten weder terricole, saxicole noch Detritus-bewohnende Flechten auf abgestorbenen *Saxifraga oppositifolia*-Polstern auf. Die Bodenbildung hat in diesen Flächen noch kaum statt gefunden, sodass der Großteil des Untergrundes noch zu stark bewegt ist, um Flechten aufkommen zu lassen.

Erst im Bereich der 1981er Moräne treten einige wenige Flechtenarten äußerst sporadisch auf (Tab. 1, Anhang). Auf kleinen Steinen dominiert *Polyblastia cupularis*, die auf 11 Proben aufgefunden wurde. Dieses zahlreiche Auftreten von *Polyblastia cupularis* ist überraschend, denn diese Flechte wurde bisher noch in keiner Arbeit über Flechten in Gletschervorfeldern angeführt. Vereinzelt finden sich auf den Rohböden und Mooskissen *Peltigera*-Arten mit Cyanobakterien als Photobionten ein, und zwar *Peltigera rufescens* und *Peltigera didactyla*, die durchaus den Charakter einer Pionierflechte zeigt, zumal sie neben der sexuellen Vermehrung auch eine sehr



Abb. 1:
Peltigera rufescens – juveniles Exemplar – im Bereich der 1981er-Moräne (Foto: R. Türk)



Abb. 2:
Solorina spongiosa ist eine Flechte mit Grünalgen und Cyanobakterien als Symbionten. So ist es ihr möglich, Luftstickstoff zu fixieren. (Foto: R. Türk)

effektive vegetative Vermehrung in Form von Soredien aufweist. Auf einem abgestorbenen Mooskissen tritt *Myxobilimbia microcarpa* mit einigen wenigen Apothezien auf.

Flechten in ca. 40 – 80 Jahre eisfreien Moränen

In der Versuchsfläche der 1971er-Moräne nimmt die Biodiversität der Flechten zu. Auf den bodenliegenden Steinen wachsen als bemerkenswerte Arten – in sehr geringem Deckungsgrad – *Acarospora veronensis* und *Bellemeria alpina*. *Lecanora*

polytropa kommt als Pionierflechte auf kleinen, bodenliegenden Steinchen vor, stellenweise gemeinsam mit *Porpidia crustulata*. Unter den Boden bewohnenden Arten dominieren *Peltigera rufescens* und *Stereocaulon alpinum*. Die Strauchflechten aus den Gattungen *Cladonia* und *Cetraria* treten nur vereinzelt und in sehr juvenilen Stadien auf. Auf Pflanzenresten wächst *Caloplaca stillicidiorum* und *Candelariella vitellina*, die sonst silikatische Gesteine als Substrat bevorzugt. Auf Rohhumus sind einige kleinflächige Thalli von *Rinodina mniaraea* var. *mniaraea* entwickelt. Erstaunlich gering ist die Artenzahl auf der 1956/57er – Moräne. Hier dominieren die gesteinsbewohnenden Arten wie *Acarospora veronensis*, *Bellemeria alpina*,



Abb. 4: *Stereocaulon alpinum* im Bereich der 1971er-Moräne, wo sie eine hohe Abundanz aufweist. (Foto: R. Türk)



Abb. 3: *Peltigera rufescens* im Bereich der 1971er-Moräne (Foto: R. Türk)



Abb. 5: *Porpidia crustulata* (schwarze Apothezien) und *Lecanora polytropa* (gelb-grüne Apothezien) sind Pioniere auf bodenliegenden Steinen. (Foto: R. Türk)



Abb. 6:
Thamnolia vermicularis an windgefegten Stellen im Bereich der 1923er-Moräne.
(Foto: R. Türk)



Abb. 7:
Xanthoria elegans wächst auf einem durch Vogeldung eutrophierten Felsblock.
(Foto: R. Türk)

Bellemeria cinereorufescens, *Bellemeria subsorediza*, die auf den hohen Fe-Gehalt der Glimmerschiefer hinweisen, sowie *Lecanora polytropa* (als Pionierflechte auf Steinchen), *Rhizocarpon geographicum* und *Rhizocarpon polycarpum*. Diese Fläche scheint in der Vergangenheit teilweise durch Ausuferungen des Gletscherbaches beeinträchtigt worden zu sein. Daher stimmt die Entwicklung der Flächen vermutlich nicht ganz mit der Zeit der Eisfreiwerdung überein.

Flechten in älteren Moränenstadien (80–150 Jahre eisfrei)

Die höhere Stabilität der 1923er-Moräne spiegelt sich in der Abundanz und im Entwicklungszustand der terricolen Strauchflechten wider. *Stereocaulon alpinum* erreicht hier die höchste Abundanz aller Strauchflechten, beigemengt sind *Cetraria islandica*, *Cladonia cervicornis* ssp. *cervicornis*, vereinzelt *Flavocetraria nivalis* und *Thamnolia vermicularis* ssp. *vermicularis*. *Cladonia symphyarpa*, die den Gehalt von karbonatischen Gesteinselementen im Untergrund anzeigt, bildet stellenweise dichte Bestände. Als terricole Blattflechte ist *Peltigera rufescens* vorhanden, terricole bzw. Detritus-bewohnende Krustenflechten sind *Arthrorhaphis alpina*, *Bacidia bagliettoana*, *Caloplaca holocarpa*, und *Mycobilimbia berengeriana*.

Als bemerkenswerte Kruste auf Gestein ist *Acarospora peliscypha* zu nennen. Die übrigen Arten sind der Tab. 1 (Anhang) zu entnehmen.

In den beweideten Flächen ist die Vitalität der vorkommenden Flechten stellenweise eingeschränkt, was sich in der verminderten Thallusgröße und in Veränderungen der Thallusfarbe äußert.

Auf einem exponierten Felsblock (Vogelsitzfelsen) der 1923er-Moräne wachsen insgesamt 23 Arten (siehe Tab. 1). Bemerkenswert ist hier das Aufkommen von *Hypogymnia physodes* und *Pseudevernia furfuracea*, die als Epiphyten auf *Umbilicaria cylindrica* wachsen.

1858-Moränenfläche (Grund- und Seitenmoräne)

Naturgemäß steigt die Biodiversität und die Abundanz der Flechten in den ältesten Moränenflächen stark an. Auf einer kleinen Fläche von etwa 40 x 30 Metern kommen 13 terricole bzw. Detritus-bewohnende Arten vor, an saxicolen Arten sind 30 vertreten (siehe Tab. 1, Anhang). Der Deckungsgrad der saxicolen Flechten ist hier schon sehr hoch, zumeist sind die meisten Blöcke schon zu 80 bis fast 100 % mit Krusten-, Blatt- und Nabelflechten bewachsen. Als bemerkenswerte Arten kommen hier *Bellemeria cinereorufescens* und *Lecidea atrobrunnea* vor.

Die Entwicklung der Flechten benötigt in den Gletschervorfeldern offensichtlich eine weitaus längere Zeit als die Bildung einer Vegetationsdecke, die von höheren Pflanzen aufgebaut wird. Dies steht im Zusammenhang mit der Durchfeuchtung und der Bewegung des Substrates, denn die meisten Flechten benötigen für ihre Entwicklung weitgehend unbewegten Untergrund. Erst bei entsprechendem Stabilitätsgrad der eisfrei gewordenen Flächen finden sich auch die Flechten ein. Während über Wachstum und Wachstumsgeschwindigkeit von ausgesuchten Flechten (vor allem *Rhizocarpon*- und *Aspicilia*-Arten) in Gletschervorfeldern der Alpen schon ausreichende Informationen vorhanden sind, benötigt die Aufklärung über die Biodiversität der Flechten in diesen speziellen Habitaten in der Zukunft sicherlich noch einiger Arbeit. Unter dem Aspekt des rasanten Rückzugs der Gletscher in den letzten Jahrzehnten im Zuge des Klimawandels wird dies eine reizvolle Aufgabe für die kommenden Generationen von lichenologisch interessierten Personen sein.

Literatur

- Beschel, R. (1950) Flechten als Altersmaßstab rezenter Moränen. – Ztschr. f. Gletscherk., N.F. 1: 152-161.
- Brodo, I.M. (1973) Substrate ecology. In: The Lichens, ed. V. Ahmadjian & Hale, M. E., 401-444. New York: Academic Press.
- Clauzade G. & Roux, C. (1984) Likenoj de Okcidenta Europo, 893 S., Société Botanique du Centre Quest, Royan.
- Erschbamer, B., Kneringer, E. & Niederfringer Schlag, R. (2001) Seed rain, soil seed bank, seedling recruitment, and survival of seedlings on a glacier foreland in the Central Alps. *Flora* 196: 304-312.
- Hafellner, J. & Türk, R. (2001) Die lichenisierten Pilze Österreichs – eine Checkliste der bisher nachgewiesenen Arten mit Verbreitungsangaben. – *Stapfia* 76: 1-167.
- Heuberger, H. & Beschel, R (1958) Beiträge zur Datierung alter Gletscherstände im Hochstubaier (Tirol). *Schlern-Schriften* 190 (Festschrift H. Kinzl): 73-100.
- Hofmann, P., Türk, R. & Gärtner, G. (1988) Beitrag zur Flechtenflora Tirols: Obergurgl (Ötztaler Alpen, Nordtirol). *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck* 75: 7-19.
- Poelt J. 1969: Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. 757 pp. Lehre.
- Poelt J. & Vězda, A. (1977) Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. *Ergänzungsheft I*. 258 S., J. Cramer, Vaduz.
- Poelt J. & Vězda, A. (1981) Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. *Ergänzungsheft II*. 390 S., J. Cramer, Vaduz.
- Ryvarden, L. (1971) Studies in seed dispersal I. Trapping of diaspores in the alpine zone at Finse, Norway. *Norw. J. Bot.* 18: 215-226.
- Seaward, M. R. D. (2008) Environmental role of lichens. In: *Lichen Biology*, ed. Nash III, T. H., 274-298. Cambridge University Press.
- Stöcklin, J. & Bäumler, E. (1996) Seed rain, seedling establishment and clonal growth strategies on a glacier foreland. *J. Veg. Sci.* 7: 45-56.
- Tackenberg, O. & Stöcklin, J. (2008) Wind dispersal of alpine plant species: A comparison with lowland species. *J. Veg. Sci.* 19: 109-118.
- Wirth V. (1995) Flechtenflora. Bestimmung und ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. 661 S. UTB Eugen Ulmer, Stuttgart.

Verzeichnis der AutorInnen

Roman Türk
 Universität Salzburg
 FB Organismische Biologie, AG Ökologie und Diversität der Pflanzen
 Hellbrunnerstr. 34, 5020 Salzburg, Österreich
 Roman.Tuerk@sbg.ac.at

Brigitta Erschbamer
 Universität Innsbruck
 Institut für Botanik
 Sternwartestr. 15, 6020 Innsbruck, Österreich
 Brigitta.Erschbamer@uibk.ac.at

