© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark	Band 133	S. 37–79	Graz 2003

Zur aktuellen Vegetation auf Halden historischer Bergbaue in den Hochlagen der Niederen Tauern (Österreich).

Von Barbara Emmerer[1] und Josef Hafellner[2]

Mit 18 Abbildungen und 7 Tabellen

Angenommen am

Summary: The actual vegetation on waste heaps of historical mines in high altitudes in the mountain range Niedere Tauern (Austria).– The flora and vegetation of numerous waste heaps of historical mines in high altitudes of the Niedere Tauern (Austria, provinces Salzburg and Styria) has been investigated.

The vegetation of most of the investigated heaps is open and patchy, relatively poor in vascular plants, but bryophytes and lichens are present with considerable numbers of species. Basic ecological factors, such as grain size and pH of the soil, water availability, have a dominant influence on the actual vegetation. The vegetation types can be grouped in two lineages, a base-poor and a base-rich one. The vegetation types over base-poor soils cannot be assigned to communities known from metal-rich lowland habitats but represent fragmentary developmental stages of widlely distributed alpine vegetation types. The vegetation over base-rich soil is assigned to the *Linaria alpina-Cerastium uniflorum*-community.

As in most cases the vegetation actually found could not be assigned to associations, they are characterized by groups of species. Indicator values, habitat preferences, and family spectra of the vascular plants are used for a further circumscription. Finally, mean indicator values and percentages of lichens, bryophytes and vascular plants of the distinguished vegetation types are compared.

Although the soil of almost all investigated heaps contained a considerable amount of copper, typical copper plant species were not present in the releves.

Zusammenfassung: Die Flora und Vegetation von zahlreichen Abraumhalden in der Umgebung alter Bergbaue in Hochlagen der Niederen Tauern (Österreich: Bundesländer Salzburg und Steiermark) werden untersucht.

Auf den meisten untersuchten Halden erweist sich die Vegetation als lückig und relativ arm an Gefäßpflanzen. Flechten und Moose haben einen wesentlichen Anteil am Artenspektrum.

Basale Standortsfaktoren wie z.B. Verwitterungsgrad des Gesteins sowie Korngrößen, Wasserhaushalt und pH-Wert des Bodens haben einen prägenden Einfluss auf die aktuellen Vegetationstypen. Diese können in basenarme und basenreiche Typenreihen zusammengefasst werden. Die untersuchten Pflanzenbestände der basenarmen Abraumhalden können in keine der bekannten Vegetationseinheiten für Schwermetallstandorte in Tieflagen eingegliedert werden, sondern stellen fragmentarische Ausprägungen weit verbreiteter, alpiner Vegetationstypen dar. Die Vegetation des basenreichen Typs lässt sich der *Linaria alpina-Cerastium uniflorum*-Gesellschaft zuordnen. Da in den meisten Fällen keine konkrete soziologische Eingliederung möglich ist, werden die Vegetationstypen durch Artengruppen definiert. Zusätzlich dienen Zeigerwerte, eine Auflistung von Arten mit charakteristischen Standortspräferenzen und Familienspektren der Gefäßpflanzen einer weiteren Beschreibung der einzelnen Einheiten.

Schließlich werden die mittleren Zeigerwerte sowie die prozentuellen Anteile von Flechten, Moosen und Gefäßpflanzen der unterschiedenen Vegetationstypen vergleichend gegenübergestellt.

Obwohl die Böden der meisten untersuchten Halden beträchtliche Konzentrationen an Kupfer enthalten, fehlen typische Kupferpflanzen in den einzelnen Aufnahmen.

[1] Institut für Botanik, Karl-Franzens-Universität, Holteigasse 6, A-8010 Graz, Austria.
E-mail: barbara.emmerer@uni-graz.at
[2] Institut für Botanik, Karl-Franzens-Universität, Holteigasse 6, A-8010 Graz, Austria.
E-mail: josef.hafellner@uni-graz.at

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 38
2. Allgemeines 39
2.1 Geografische Lage 39
2.2 Regionale geologische Verhältnisse 46
2.3 Lagerstättentypen in den Schadminger Tauern 47
2.4 Zu den geologischen Verhältnissen der untersuchten Bergbaue 48
2.5 Historisches über den Bergbau in den Untersuchungsgebieten 49
2.6 Klimatische Verhältnisse und Witterung 50
3. Methodik 51
3.1 Gesichtspunkte zur Auswahl der Bergbaugebiete 51
3.2 Aufnahmemethode 52
3.3 Auswertung 52
4. Ergebnisse 52
4.1 Charakterisierung der Haldenstandorte 52
4.2 Charakterisierung der Vegetationstypen 59
5. Diskussion 72
6. Schlussbetrachtung und Ausblicke 77
7. Dank 77
8. Literatur 77

1. Einleitung

Die Abraumhalden von Bergbaugebieten stellen Extremstandorte hinsichtlich der Besiedelung durch Pflanzen dar (Maier & al. 1981). Sie sind von den auf Schutthalden lokal herrschenden ökologischen Faktoren geprägt. Zusätzlich zeichnen sich diese Standorte besonders durch eine Schwermetallbelastung aus, die auf den Rest-Erzgehalt des Materials zurückgeht und die sich je nach Wirkung der vorhandenen Elemente auf den Stoffwechsel der Pflanzen (Spurenelemente!) auswirkt (Kinzel 1982).

In Arbeiten über die Haldenflora und -vegetation werden besonders die Themenkomplexe Schwermetallresistenz ausgewählter Moose und Gefäßpflanzen (z.B. Ernst 1974, Punz & Koerber-Ulrich 1993, Repp 1963, Sissolak 1985, Url 1956), Schwermetallgehalte von Pflanzen und ihrem Substrat (z.B. Ernst 1965, Punz & Engenhart 1990, Punz & al. 1994, Stummerer 1970), Arteninventar der Haldenflächen (z.B. Punz 1992, Punz & Engenhart 1990, Emmerer 2000, Emmerer & al. 2003), Sukkzession (z.B. Ernst 1974) und Vorschläge für eine soziologische Zuordnung der Vegetation auf Bergbauhalden (z.B. Ernst 1965, Punz & Mucina 1997, Schubert 1953) diskutiert.

Da von Punz & Mucina (1997), gerade was die Bergbaureste in den Hochlagen betrifft, nur wenige Geländedaten verarbeitet wurden, erschien es nützlich, die Vegetation auf Erzhalden in den Ostalpen an weiteren ausgewählten Orten der alpinen und subalpinen Stufe zu untersuchen. Mit der vorgelegten Studie konnte durch weitere Vegetationsaufnahmen die Datenbasis für eine Charakterisierung der Vegetationstypen auf schwermetallhaltigen Böden erweitert und bestehenden Vorstellungen über die syntaxonomische Zuordnung überprüft werden.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

2. Allgemeines

2.1 Geografische Lage

Die Bergbaue, die im Zuge dieser Arbeit untersucht wurden, liegen in den Zentralalpen der Ostalpen, im Gebiet der Schladminger Tauern (Niederen Tauern).

Eine rasche Orientierung über die geografische Lage der ausgewählten Gebiete ermöglicht die folgende Übersicht samt nebenstehender Abbildung (Fig. 1). Für Details siehe auch Tab. 1 sowie Fig. 10–12.

Schladminger Tauern:
- SE-Hänge der Seekarspitze (Seekar) I
- Umgebung der Giglachseen (Giglerbaue) II
- NE-Hänge der Zinkwand III
- N-Hänge des Krahbergzinken IV

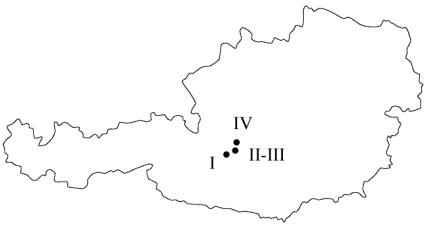

Fig. 1: Die Untersuchungsgebiete: Die Punkte markieren ihre Lage in Österreich. Die römischen Zahlen verweisen auf die genauere Bezeichnung in der obenstehenden Auflistung.
The investigated areas: The dots mark their position in Austria. The Latin numbers refer to the detailed description in the following list.

Nördlich vom Radstädter Tauernpass (nordöstlich vom Ort Obertauern), liegt zwischen Seekarspitze (2350 m), Seekareck (2217 m), Wurmwand (2195 m) und Hundskogel (2238 m) das sogenannten Seekar (s. Fig. 10). An mehreren Stellen finden sich hier Reste vom ehemaligen Silber- und Kupferbergbau.

Der Obere und der Untere Giglachsee liegen auf ca. 1920 m Seehöhe an den E-Abhängen der Steirischen Kalkspitze südlich von Schladming. Im Süden ragt die Znachspitze (2225 m) auf, über die die Landesgrenze zu Salzburg verläuft. Der Abfluss der Giglachseen, der Giglachbach, entwässert in den Obertalbach. Die historischen Bergbaue sind aus der Literatur als „Giglerbaue“. Mit ihren zahlreichen Halden liegen sie in nordöstlicher bis südöstlicher Richtung vom Unteren Giglachsee (s. Fig. 11).

Die Zinkwand (2442 m) ragt am Talschluss des Obertals bei Schladming hinter der Keinprechthütte auf. Sie wird im Nordwesten von den Vetternspitzen (2524 m) und im Nordosten von der Brettspitze (2412 m) flankiert. Bergbau wurde im Gebiet der Zinkwand sowohl an der Südseite sowie von Osten her betrieben. Die untersuchte Halde liegt auf der Ostseite auf dem breiten Schuttfeld unterhalb der Felsabbrüche. (s. Fig.

Der Krahbergzinken (2134 m) ist Teil eines Höhenzuges im Südosten Schladmings, der sich von der Planai über den Rauhenberg (2268 m) bis zur Hasenkarspitze (2284 m) erstreckt und vom Untertal im Westen und dem Oberhausgraben im Osten begrenzt wird. Die Halden liegen auf der Nordseite knapp unter dem Gipfel (s. Fig. 12).

Tab. 1: Die untersuchten Abraumhalden. Eine Übersicht samt geografischer Daten und Nummern eigener Vegetationsaunahmen.

SEEKAR

Halde S1	47°16’20”N/13°32’45”E. Nördlichste von drei Halden unter den E-exponierten, erzhältigen Schieferbändern unter dem Gipfel der Seekarspitze N von Obertauern, ca. 2140 m.	22, 23, 24, 25, 26
Halde S2	47°16’20”N/13°32’45”E. Mittlere von drei Halden unter den E-exponierten, erzhältigen Schieferbändern unter dem Gipfel der Seekarspitze N von Obertauern. Kleiner, durch Vegetation vollkommen stabilisierter Haldenkegel, ca. 2140 m.	27, 28

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

SEEKAR

Halde S3	47°16'20"N/13°32'53"E. Südliche von drei Halden unter den E-exponierten, erzhältigen Schieferbändern unter dem Gipfel der Seekarspitze N von Obertauern, ca. 2160 m.	29
Halde S4	47°16'16"N/13°33'14"E. Abraumhalde wenige Meter oberhalb des verfallenen Gottesgab-Stollens im hintersten Karboden NE der Seekaralm, an den SE-Hängen der Seekarspitze N von Obertauern, ca. 1980 m.	30, 31, 32
Halde S5	47°16'10"N/13°33'38"E. Flacher Erzschuttwall am Kluftrand der verfallenen Margaretzeche auf der Seekaralm, an den untersten SW-exponierten Abhängen der Wurmwand, ca. 1940 m.	33
Halde S6	47°16'05"N/13°33'40"E. Halden unter der verfallenen Margaretzeche auf der Seekaralm, an den SW-exponierten Abhängen der Wurmwand, ca. 1900 m.	34, 35
Halde S7	47°16'02"N/13°33'42"E. Halde ca. 100 m über dem alten Berghaus auf der Seekaralm, an den SW-exponierten Abhängen der Wurmwand, ca. 1860 m.	36

UNTERE GIGLERBAUE

Halde UG1	47°17'35"N/13°40'10"E. Kleinere Halde der Haldengruppe, an den NW-Abhängen des Giglachalmspitz, nördlich von UG2 gelegen, ca. 2100 m.	60, 61
Halde UG2	47°17'35"N/13°40'10"E. Ausgedehnter Schuttfächer an den NW-Abhängen des Giglachalmspitz, südlich von UG1 gelegen, ca. 2120 m	62

MITTLERE GIGLERBAUE

Halde MG1	47°17'25"N/13°39'50"E. Mittlere Halde der Haldengruppe am W-Fuß der Giglachalmspitze NE unter der Ignaz-Mattis-Hütte, ca. 1900 m.	37, 38, 39
Halde MG2	47°17'25"N/13°39'50"E. Nördliche, kleinere Halde der Haldengruppe am W-Fuß der Giglachalmspitze NE unter der Ignaz-Mattis-Hütte, ca. 1900 m.	40, 41

OBERE GIGLERBAUE

Halde OG1	47°16'43"N/13°39'25"E. Abraumhalde am Osthang der Freying direkt ober den Rieselflächen am Boden des Vetternkars ESE der Ignaz-Mattis-Hütte, ca. 2040 m.	42, 43, 44
Halde OG2	47°16'43"N/13°39'23"E. Abraumhalde am Osthang der Freying ESE der Ignaz-Mattis-Hütte, ca. 2050 m.	45, 46
Halde OG3	47°16'49"N/13°39'07"E. Halden am NW-Abhang der Freying SE gegenüber der Ignaz-Mattis-Hütte, ca. 2000 m.	47, 48, 49, 50

ZINKWAND

Halde Z1	47°16'13"N/13°41'03"E. Westlichste von drei nebeneinander liegenden, mächtigen Schuttkegeln unter den NE-exponierten Abbrüchen der Zinkwand SE ober der Keinprecht-Hütte, ca. 2220 m.	51, 52, 53, 54, 55, 56, 57

KRAHBERGZINKEN

Halde K1	47°21'30"N/13°44'15"E. NNW-exponierte Halde am Steig von der Planei zum Gipfel des Krahbergzinkens an seinen N-Abhängen SE von Schladming, ca. 1950 m.	58, 59

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 2: Blick auf die Halde S1 unter der Seekarspitze. [Foto: B. Emmerer, 04. 08. 1998]
View of the waste heap S1 below the mountain Seekarspitze.

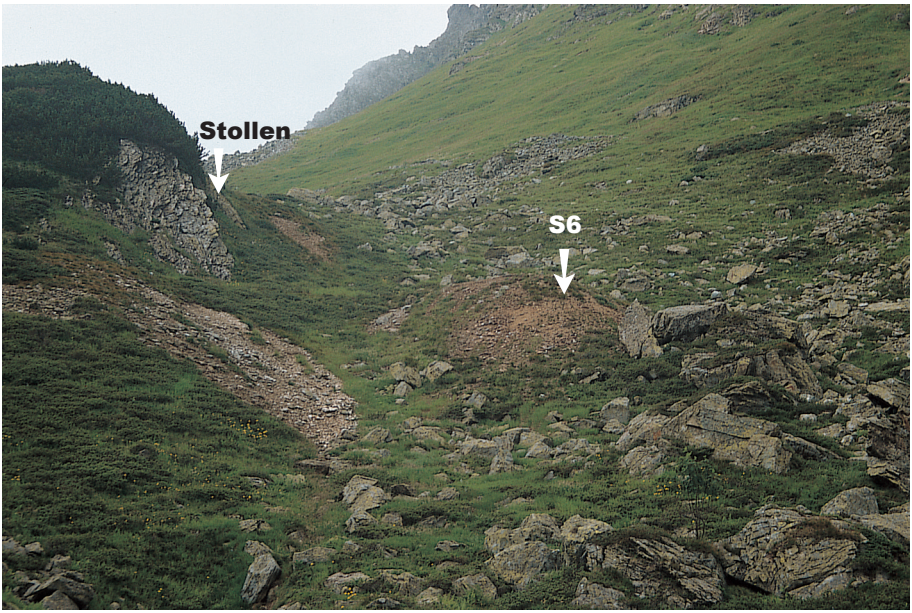

Fig. 3: Die Halde S6 liegt nahe dem alten Berghaus auf der Seekaralm. [Foto: B. Emmerer, 04. 08. 1998]
The waste heap S6 is situated near the ancient miner's house on the pasture field "Seekaralm".

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

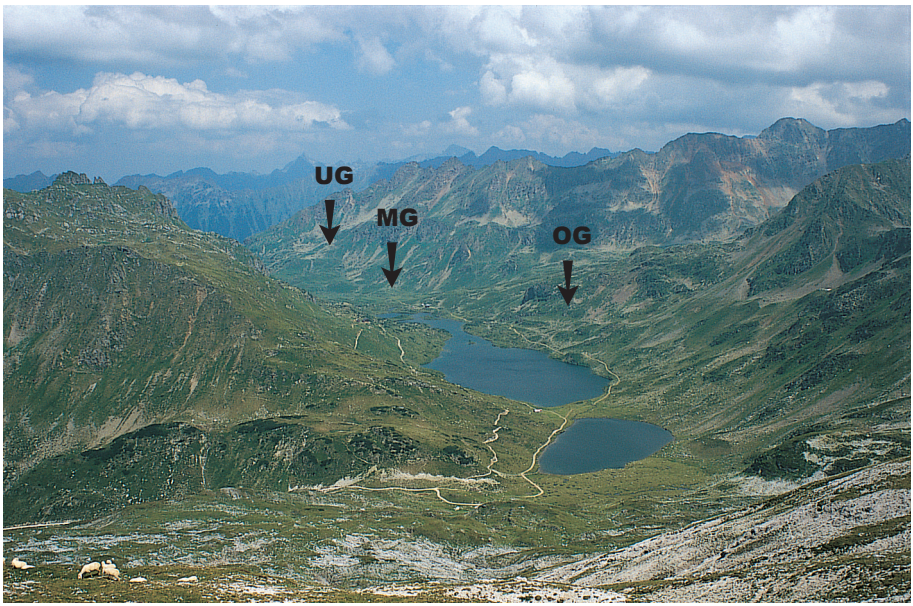

Fig. 4: Blick von der Steirischen Kalkspitze über die Giglachseen weiter nach Osten. An den W-Abhängen vom Giglachalmspitz befinden sich die Halden der Mittleren und Unteren Giglerbaue (Pfeile). [Foto: B. Emmerer, 13. 07. 2002]
View from the "Steirische Kalkspitze" towards the east across the lakes "Giglachseen". The waste heaps of the ore mines "Mittlere Giglerbaue" and the "Untere Giglerbaue" are situated on the western slopes of the mountain Giglachalmspitz (arrows).

Fig. 5: Reste alter Abraumhalden der Oberen Giglerbaue (OG3) am NW-Abhang der Freying. [Foto: B. Emmerer, 06. 08. 1998]
The waste heap remains of the historical ore mines "Obere Giglerbaue" (OG3) on the northwestern slopes of the mountain Freying.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 6: Schuttkegel einer vegetationskundlich nicht untersuchten Halde unter OG1 mit Gesteinsmaterial von einheitlicher Größe (eventuell aus einem Sortiervorgang stammend) an der Ostflanke der Freying [Foto: B. Emmerer, 06. 08. 1998]
Cone-shaped heap of evenly sized rubble on the eastern slope of the mountain Freying (not studied in detail).

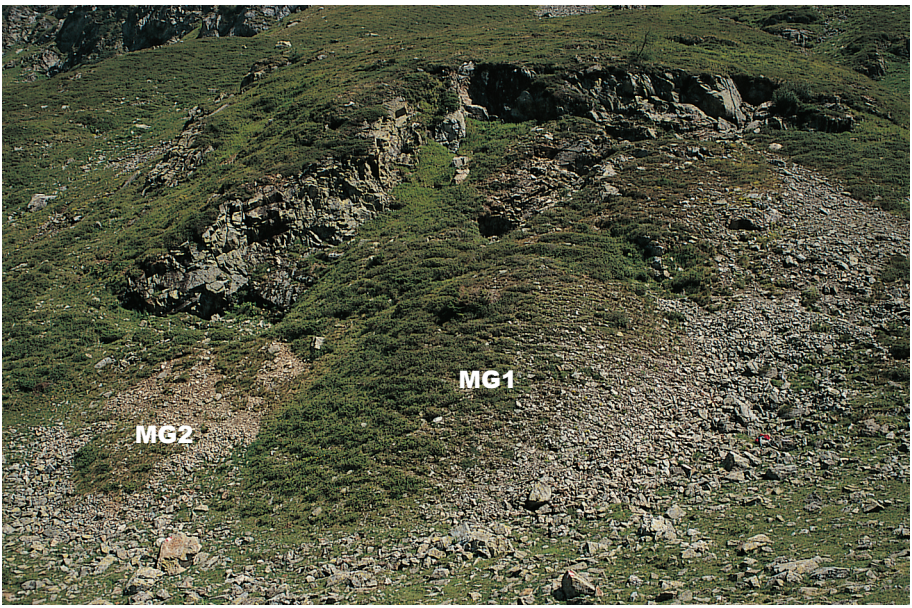

Fig. 7: Blick auf die Halden der Mittleren Giglerbaue [Foto: B. Emmerer, 06. 08. 1998]
View from the waste heaps of the ore mines "Mittlere Giglerbaue".

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 8: Mächtige, NE-exponierte Schutthalde Z1 des einst bedeutenden Kiesbergbaues Zinkwand/Vöttern. [Foto: B. Emmerer, 07. 08. 1998]
Extensive waste heap Z1 exposed to the NE of the formerly important ore mine Zinkwand/Vöttern.

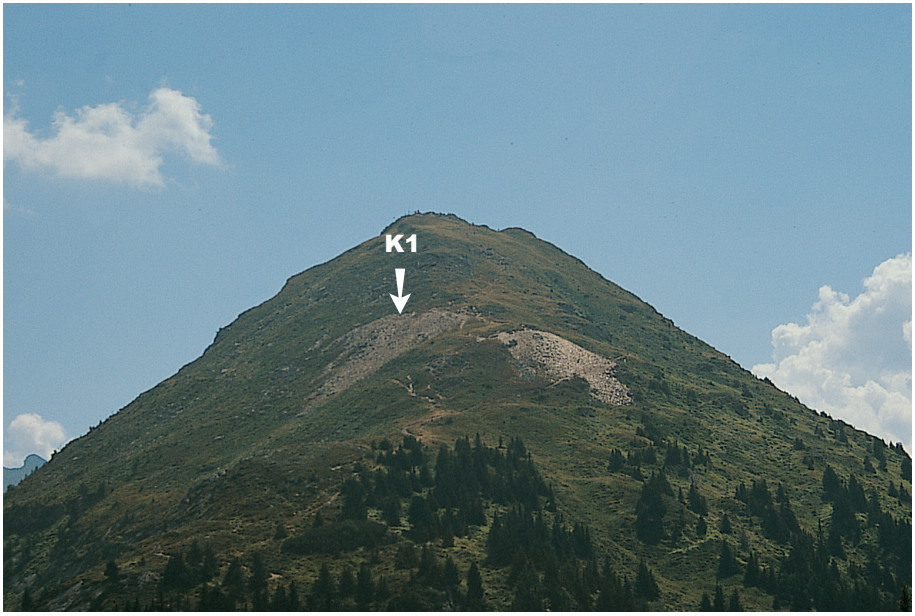

Fig. 9: Blick auf die Bergwerkshalden unter dem Gipfel des Krahbergzinkens. Die östlicher gelegene Halde (im Bild „links") wurde im Zuge dieser Arbeit untersucht. [Foto: B. Emmerer, 17. 08. 1998]
View of the mining waste heaps below the summit of the mountain Krahbergzinken. The object of the study was the heap on the left side.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

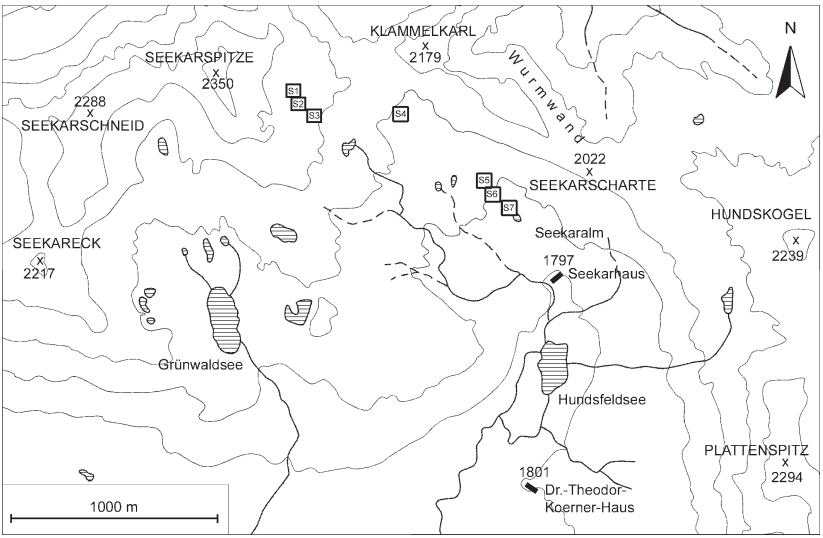

Fig. 10: Übersicht über die Lage der untersuchten Halden im Seekar-Gebiet (verändert nach ÖK 1 : 50.000 Blatt 126).
Overview of the location of the investigated waste heaps in the "Seekar"-region (modified from ÖK 1 : 50.000 sheet 126)

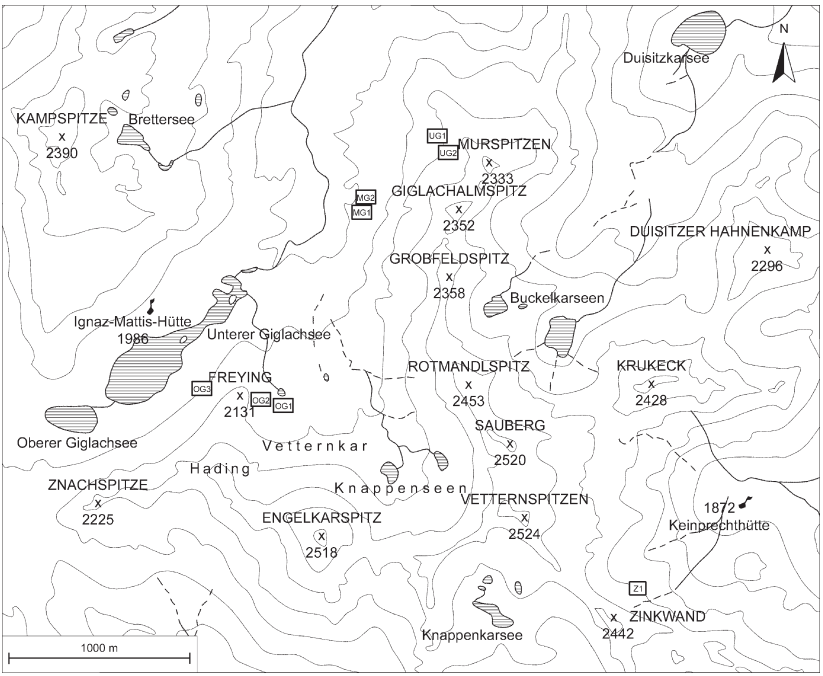

Fig. 11: Übersicht über die Lage der untersuchten Halden im Gebiet Giglachseen/Zinkwand (verändert nach ÖK 1 : 50.000 Blatt 127).
Overview of the location of the investigated waste heaps in the region of "Giglachseen/Zinkwand" (modified from ÖK 1 : 50.000 sheet 127)

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

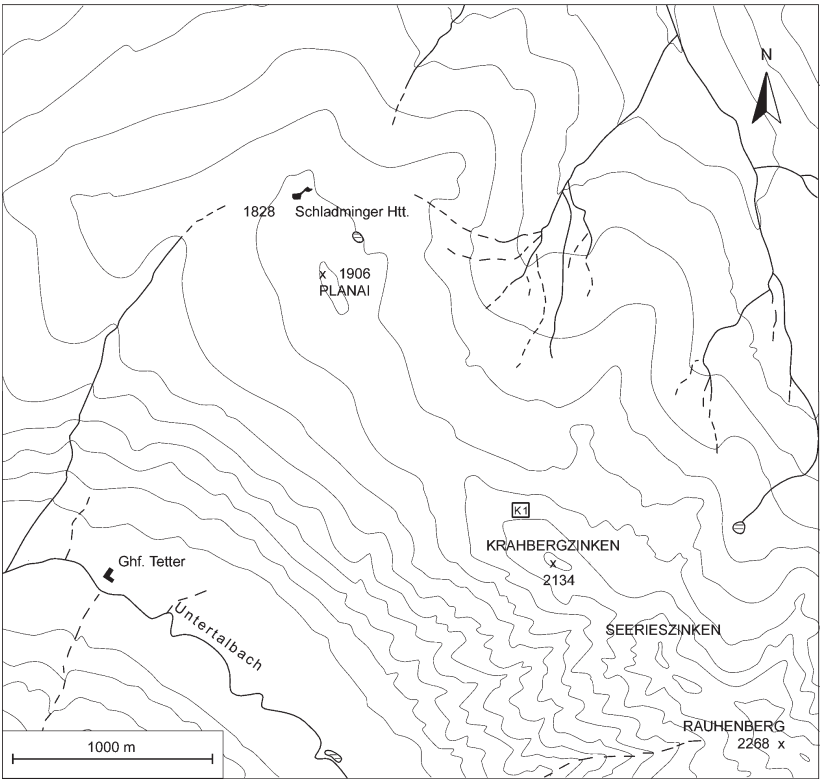

Fig. 12: Übersicht über die Lage der untersuchten Halde am Krahbergzinken (verändert nach ÖK 1 : 50.000 Blatt 127).
Overview of the location of the investigated waste heap on the "Krahbergzinken" (modified from ÖK 1 : 50.000 sheet 127)

2.2 Regionale geologische Verhältnisse

Im Gebiet des Radstädter Tauernpasses taucht das komplexe Deckensystem der Radstädter Tauern gegen Nordosten unter den Altkristallinrahmen. Obwohl der landschaftlich markante Hochgebirgsanteil der Radstädter Tauern fast ausschließlich aus zentralalpinem Permomesozoikum besteht, sind an der Gesteinsfolge des Unterostalpins in diesem Raum auch altkristalline Anteile in Form des Twenger Kristallins (Landschfelddecke) und der altpaläozoische Radstädter Quarzphyllit beteiligt. Der Radstädter Quarzphyllit erreicht in der Region südlich von Radstadt und Wagrain im Bereich des unteren Taurach-, Flachauer- und Kleinarltales bedeutende Mächtigkeit (Tollmann 1977).

Über das Gebiet der mittleren Schladminger Tauern liegen, besonders bezüglich seiner Geologie in Verbindung mit Erzlagerstätten (Giglerbaue, Zinkwand/Vöttern, Krahbergzinken), bereits ausführliche Untersuchungen vor. Vor allem Friedrich (1933a, 1933b, 1933c, 1968, 1969, 1975, 1979) hat in mehreren Publikationen zu diesem Thema eine fundierte Basis gelegt. Speziell mit den Ni-Co-Vorkommen beschäftigt sich Hiessleitner (1929a, 1929b). Weitere Ergänzungen lieferten Fuchs (1988) bezüglich mineralogischer Aspekte, sowie Pfeffer & Schüssler (1977) und Hübel (1984) mit einer ausführlichen Zusammenfassung der Lagerstätten der westlichen Niederen Tauern.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Im Gebiet der Schladminger Tauern können folgende geologische Einheiten unterschieden werden (Hübel 1984, Tollmann 1977):

– Die Ennstaler Quarzphyllitzone im Norden der Schladminger Tauern wird von karbonatarmen Phylliten beherrscht, in die häufig Grünschieferzüge eingeschaltet sind.
– Das Schladminger Kristallin besteht hauptsächlich aus einem polymetamorphen, stark verformten Gneiskomplex.
– Das Wölzer Kristallin besteht aus Glimmerschiefern, Gneisen, Marmoren und vereinzelt auftretenden Pegmatiten. Es schiebt sich aus seinem Hauptverbreitungsgebiet, den Wölzer Tauern, in die Schladminger Tauern ein.
– Der östliche Ausläufer der Radstädter Quarzphyllitzone löst sich an der Grenze zum Schladminger Kristallin in einzelne Schuppen auf. Der Gesteinsbestand reicht von verschiedenen Quarziten bis zu Quarzphylliten.

Als typische Merkmale des Westrandes der Schladminger Tauern sind einerseits eine alpidische Zerreißung in einzelne auffingernde Späne und andererseits deren durchgehende intensive Diaphthorese (Definition: Umbildung durch rückschreitende Metamorphose) und Phyllonitisation (Definition: Bildung von Phyllit/feinblättrigem Schiefer) sowohl an der Überschiebungsbahn des Schladminger Kristallins über die Radstädter Quarzphyllitzone als auch an den inneren Schuppungszonen hervorzuheben. Als tiefster Finger der Schladminger Tauern spießt die Seekarspitzeinheit nördlich des Tauernpasses tief in das Radstädter Deckensystem. Am Nordrand taucht die Schladminger Masse unter die von Grünschieferzügen durchsetzten Ennstaler Phyllite der Grauwackenzone. Auch an dieser Grenzzone kommt es zu Diaphthorese und Verschuppung der Deckensysteme.

Die bedeutendsten Vererzungen in den Schladminger Tauern sind an diese intensiven Bewegungsbahnen und Störungszonen im Schladminger Kristallin gebunden (Zinkwand, Vötternspitze, Giglachseegebiet, Seekar). Sie treten häufig durch die limonitische Verwitterung von Eisensulfiden, -karbonaten und -silikaten als sogenannte Brandenschiefer auffällig in Erscheinung (Tollmann 1977, Ebner 1997).

An Gesteinen dominieren im Gebiet der Schladminger Tauern Gneise des mittelostalpinen, polymetamorphen Grundgebirges und permotriadische Sedimente des Unterostalpins (Quarzite, Schiefer, Kalke Dolomit, Rauwacke). Östlich davon herrschen vor allem Glimmerschiefer und Hornblendegneis vor, die ebenfalls dem Unterostalpin angehören (Flügel 1984a, 1984b).

2.3 Lagerstättentypen in den Schladminger Tauern

Die Lagerstätten in den Schladminger Tauern gehören nach Friedrich (1953, 1979) verschiedenen Typen an:

1. Silberreiche Blei-Zink-Lagerstätten: Sie sind durch die oft beträchtlichen Gehalte an Kupfer- und Nickel-Kobaltmineralen mit den dortigen Kupfer-Silberlagerstätten im Obertal verbunden.
2. Silber-führende Kupferkies-Fahlerzvorkommen: Dieser Lagerstättentyp vermittelt zwischen den Ni-Co-Erzen der Zinkwand und den silberreichen Bleiganzlagerstätten des Gebietes.
3. „Kiesvorkommen verschiedener Art“.
4. Kupfererze der Oberen Giglerbaue.
5. Nickel-Kobalt-Wismut- und Silber-Vorkommen.

Sowohl diese Nickel-Kobalt-Wismut-Silber-Lagerstätten als auch die Vorkommen von Silber führenden Kupferkies-Fahlerzen (Seekar) werden von Friedrich (1953) in die Gruppe der heiß-hydrothermalen Lagerstätten gestellt. Die Bildung der Lagerstätten in den Schladminger Tauern geht zum Großteil auf „sedimentären Erzabsatz“ vor dem Einsetzen der alpidischen Orogenese zurück. Weiterhin dürften im Störungsbereich an

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

der Überschiebungsbahn des Schladminger Kristallins über die Radstädter Decke umfangreiche Lösungsumsätze für die Zufuhr von Cu, Ni, Co und As verantwortlich sein (Friedrich 1979).

2.4 Zur den geologischen Verhältnissen der untersuchten Bergbaue

2.4.1 Seekar

Das Gebiet des Kupfer- und Silberbergbaues Seekar erstreckt sich über rund 360 Höhenmeter vom Seekarhaus bis kurz unter die Seekarspitze. Der Erzabbau erfolgte hier ab dem Ende des 16. Jh. bis zur Mitte des 20. Jh.

Vom Seekarhaus in 1797 m Seehöhe, dem ehemaligen Berg- bzw. Knappenhaus der Silber- und Kupfergewerkschaft ausgehend, lassen sich die Bergbauspuren anhand von teils offenen, größtenteils aber verbrochenen Stollenmundlöchern, Tageinbauten und Haldenstürzen samt Berghausruinen bis in 2200 m Höhe in Richtung Seekarspitze und Wurmwand verfolgen. Im Bereich der Silber- und Kupferlagerstätte Seekar grundsätzlich sind zwei Vererzungstypen zu unterscheiden. Eine ältere Brandenbildung ist im Wesentlichen auf eine Eisenkiesvererzung beschränkt. Weiters ist eine jüngere Gangvererzung mit Kupfer-, Nickelmineralen und Eisenkarbonaten von Bedeutung, die ehemals im Interesse der bergbaulichen Aktivitäten stand (Günther 1996).

Lagerstättenkundlich wird der Bergbau am Seekar den heißhydrothermalen Kupferkies-Fahlerzlagerstätten zugeordnet. Das bedeutet: Heiße, wässrige, vererzende Lösungen drangen beim Aufstieg in Klüfte oder in tektonisch aufbereitete Zonen ein. Diese Lagerstätten führen teils Kupferkies, teils Fahlerz und Eisenkarbonate, wie Ankerit, Mesinit und Eisenspat, aber auch Quarz bzw. zeigen häufig einen beachtlichen Silber- und Nickelgehalt und so eine bemerkenswerte Verwandtschaft mit den ebenfalls heißhydrothermalen arsenidischen Kobalt-, Nickel-, Wismut- und Silberlagerstätten der Schladminger Tauern vom Typ Vöttern und Zinkwand.

2.4.2 Giglerbaue

Die verschiedenen Lagerstätten der Giglerbaue sind, abgesehen von der Bindung an die Nähe der Deckengrenzen gegen das Mesozoikum der Radstädter Tauern, an die Überschiebung des Schladminger Kristallins über die Quarzphyllit- bzw. Serizitquarzitdecke gebunden. Es handelt sich um echte Kupferkies-Fahlerzgänge mit Ankerit als Gangart. Diese Kupferkies-Fahlerz-Ankerit-Gänge gehen in Ni-Co-Bi-Gänge über, die im Gebiet der Zinkwand- und der Vötternbaue bebaut wurden (Friedrich 1968).

Die Halden der Oberen Giglerbaue führen nach Friedrich (1933b, 1969) etwas mehr Erze als die Mittleren, die fast nur aus Karbonat bestehen. Die Halden im Hadingkar führen in weitaus überwiegender Menge ein Karbonat, das einem Ankerit nahe steht. Daneben finden sich ein phyllonitischer Schiefer mit Pyrit und reichlich Kobalt- und Nickelblüte. Mit dem Ankerit kommen auf den Halden Quarz, reichlich Fahlerz und wenig Kupferkies vor. Die Nebengesteine der Mittleren Giglerbaue sind Glimmerschiefer, Gneise, auch Pegmatit und Amphibolit. An Ruschelzonen sind die Gesteine zermürbt und weitgehend durch Karbonat verheilt. Die Branden führen neben vorwiegend Eisenkies auch Markasit und wenig Kupferkies. Letzterer ist vorwiegend an das grobspatige, eisenreiche Karbonat gebunden und wird von etwas Fahlerz begleitet. Das Erzvorkommen der Mittleren Giglerbaue ist wesentlich kleiner als das der Unteren Giglerbaue und kam anscheinend nicht über das Schurfstadium hinaus (Friedrich 1969). Bei den Unteren Giglerbauen ist ebenfalls ankeritisches Karbonat als Gangart vorhanden, allerdings nicht so dominant wie auf den Oberen Giglerbauen. Daneben sind Quarz, Chlorit und lichter Glimmer als Begleiter von Kupferkies weit verbreitet. Fahlerz ist auf den Halden weitaus seltener als auf den oberen Bauen (Friedrich 1933b).

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

2.4.3 Zinkwand

Das Gebiet der Lagerstätte Zinkwand-Vöttern ist aus kristallinen Schiefern, Quarziten und Serizitschiefern der Radstädter Decke aufgebaut. Für die Schiefergesteine sind rotbraun angewitterte, weithin erkennbare Gesteinslagen, die „Branden", charakteristisch, mit denen das Auftreten der Nickel-Kobalterze verknüpft ist. Das Karbonat bildet weitaus die größte Menge der Gangmasse und ist der Träger der Erze und der anderen Gangarten. Quarz tritt ebenfalls als Gangart auf, weiterhin findet man auch Tremolit, Chlorit, Serizit, Albit, Turmalin und Zoisit (Friedrich 1933a).

2.4.4 Krahbergzinken

Die Lagerstätten am Krahbergzinken werden von Friedrich (1933c) hinsichtlich ihrer Geologie dargestellt. Demnach sind diese Erzvorkommen überwiegend an Serizitquarzite gebunden. Sie finden sich entlang der Liegendgrenze der Ennstalphyllite zu den darunter liegenden Gneisen des Schladminger Kristallins, einer bedeutenden tektonischen Fläche. An Gangarten sind sowohl Quarz als auch Karbonat vertreten. Außerdem sind reichlich Kupferkies, etwas Eisenglimmer, Spuren von Fahlerz als primäre Erze, neben Verwitterungsprodukten wie Limonit, Malachit und Kupferlasur zu finden. Halden mit alten Einbauen am Nordrücken des Krahbergzinken, die von Friedrich (1975) erwähnt werden, stimmen möglicherweise mit jenen in der vorliegenden Arbeit floristisch untersuchten Halden überein.

2.5 Historisches über den Bergbau in den Untersuchungsgebieten

2.5.1 Seekarspitze

Die Entwicklungsgeschichte des Bergbaues im Seekar wird von Günther (1996) detailliert dargestellt. Demnach wird 1515 erstmals ein Silber- und Kupferbergbau bei Obertauern erwähnt. Es gibt Hinweise für erste Aufschlussarbeiten um 1596. Für die ersten Hälfte des 16. Jh. ist eine Betriebsperiode mit Kupfer-, Silber- und Galmeiabbau verzeichnet. Schließlich gelangt der Bergbau in den Besitz des Erzbistums und es wird über den schlechten Zustand des Bergbaues und dessen geringe Ausbeute berichtet. 1671 werden der Margarethen- und Johann-Jakob-Erbstollen wieder fahrbar gemacht, die bereits im folgenden Jahr Erze fördern. Im Jahr 1682 wird der Bergbau und die Poch- und Waschwerke aufgelassen. Offensichtlich werden bedeutende Erzanstände im Johann-Jakob-Erbstollen zurückgelassen, denn zuletzt wird 1683 vorgeschlagen, einen neuen Unterbau voranzutreiben. Ab dem 19. Jh. bis zur endgültigen Schließung des Betriebes 1923 sind mehrere kurze Betriebsperioden verzeichnet. Dabei bringen Aufschlusstätigkeiten während einer kurzen Betriebsära zu Beginn des Ersten Weltkrieges abbauwürdige Erzanbrüche. Die vorhandenen bzw. gewonnenen Scheideerze werden zur Kupferhütte nach Brixlegg in Tirol zur Einlösung gebracht. Im September 1934 werden die verliehenen Grubenfelder endgültig gelöscht und die Silber- und Kupfergewerkschaft Seekar aufgelöst.

2.5.2 Giglerbaue und Zinkwand

Im Gebiet um die Giglachseen sowie an den Abhängen der Zinkwand wurden ab dem Mittelalter bis zur Mitte des 20. Jh. Kupferkies- und Fahlerzvorkommen abgebaut. Es können drei Betriebsperioden unterschieden werden:

Anfangs wurde Ag- und Cu-haltiges Fahlerz, Kupferkies und Ag-haltiger Bleiglanz zur Gewinnung von Silber und Kupfer abgebaut. Der Abbau hält der von der Erstnennung im Jahr 1307 bis ins 17./18. Jh. an. Zur Blütezeit des Schladminger Bergbaues im 16. Jh. ist wahrscheinlich nur der Fahlerz-(Silber-)Abbau auf der Silberkluft der Zinkwand in Gang. Der Bergbau erleidet in dieser Periode Rückschläge durch die Bauernauf-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

stände 1525 und die Religionskämpfe am Ende des 16. Jh. Zu Beginn des 17. Jh. wird der Silberbergbau durch das Stift Admont eingestellt, da die Edelmetallvorkommen erschöpft sind (Geis 1972). Es folgt ein Abschnitt mit Kobaltbergbau im Gebiet der Vetternspitze vom Anfang des 17. Jh. bis 1817, wobei man in dieser frühen Kobaltbergbauperiode noch keine Verwendung für die nickelhaltigen Schlacken kennt. Die Erze des Kobaltabbaues sind vor allem Speiskobalt (¼ des Förderanteils). Ab der 1. Hälfte des 19. Jh. folgt schließlich eine Betriebsperiode mit Abbau von Nickel. Die Erze werden in Nickelglanz und Nickelkies sowie Kobalt aufgetrennt. Wismut, Fahlerz, Arsenkies werden als taubes Material auf die Seite gestürzt. Die Bergbautätigkeit wird etwa um 1880 eingestellt. Im 1. Weltkrieg und kurz danach erfolgt aufgrund der Nickelknappheit der Versuch einer Wiederbelebung, ein Abbau kommt aber nicht mehr zustande. Die Abförderung der Erze aus dem Vetternkar erfolgt über die Giglachseen zur Schmelzerei bei der Hopfriesenhütte im Obertal (Fuchs 1988, Hiessleitner 1929a).

2.5.3 Krahbergzinken

Über die Geschichte des Bergbaues im Bereich der Nordhänge des Krahbergzinkens konnte in der einschlägigen Literatur nichts gefunden werden.

2.6 Klimatische Verhältnisse und Witterung

Die Niederen Tauern liegen im Regenschatten der Nördlichen Kalkalpen und weisen daher deutlich niedrigere Jahresniederschläge als diese auf. Es ist jedoch zwischen den Teilen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes weiter zu differenzieren, denn nördlich des Hauptkammes entspricht der Witterungsablauf zumindest in der Häufigkeit der Niederschläge (120 bis 160 Niederschlagstage im Jahr) dem der Nordstaugebiete. Südlich des Hauptkammes nimmt sowohl die Menge als auch die Häufigkeit der Niederschläge ab. Das obere Murtal zählt mit Mengen unter 800 mm bei 95 bis 100 Niederschlagstagen im Jahr zu den niederschlagsärmsten Gebieten der Steiermark. (Schneeweiss & Schönswetter 1999, Wakonigg 1978).

Die Tabellen 2–5 enthalten klimatologische Daten von zwei den untersuchten Haldenstandorten am nächsten liegenden und der Seehöhe annähernd entsprechenden Messstationen.

Tab. 2: Durchschnittliche Niederschlagsmengen [mm] seit 1994:
(Quelle: Hydrographischer Dienst in Österreich)

Messstelle	Monatsmittel												Jahresmittel
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Obertauern (1763 m)	21	4	183	57	70	166	238	182	160	136	146	19	1382
Planai (1820 m)	43	10	253	64	76	175	190	125	165	85	82	95	1363

Tab. 3: Monatsmittel der Temperatur [° C] seit 1994:
(Quelle: Hydrographischer Dienst in Österreich)

Messstelle	Monatsmittel												Jahresmittel
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Obertauern (1763 m)	–4,0	–0,4	–3,8	1,0	5,8	10,1	11,2	11,8	6,2	3,0	–4,9	–4,9	2,6
Planai (1820 m)	–3,3	0,2	–0,4	1,0	5,7	9,9	10,4	11,3	6,5	3,1	–4,7	–4,4	2,6

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 4: Schneeverhältnisse Winter 1997/98: (Quelle: Hydrographischer Dienst in Österreich).

Messstelle	Schneebedeckung [Beginn–Ende]	Anz. d. Tage mit Schneebedeckung	größte Schneehöhe [cm]
Untertauern (1000 m):			
[keine Messwerte für Obertauern]	15. 10.–19. 04.	136	85
Planai (1820 m):	03. 10.–20. 05.	193	272

Tab. 5: Durchschnittliche Dauer der Vegetationsperiode (Tagesmittel ≥ 5° C) 1951–1970 nach Wakonigg (1978)

Messstelle	Vegetationsperiode [Beginn–Ende]	Dauer der Vegetationsperiode [Tage]	Anz. d. Tage zw. Beginn u. Ende der 10° C-Periode
Obertauern (1763 m)	22. 05.–02. 10.	134	14
Planai (1820 m)	19. 05.–08. 10.	143	0

Die Untersuchungsgebiete Seekar, Giglachsee und Zinkwand liegen nach Wakonigg (1978) in der Klimalandschaft der „alpinen Stufe der Zentralalpen“ oberhalb der Waldgrenze. Diese Zone umfasst alle Hochlagen oberhalb der Waldgrenze (1800 bis 1900 m). Die Untergrenze bildet neben der Waldgrenze ungefähr die 10°-Isotherme des wärmsten Monates. Der klimatische Grundcharakter dieser Region kann als äußerst winterstreng, sommerkalt, niederschlags- und schneereich bezeichnet werden. Dieser Bereich kennt weder eine absolut frost- bzw. schneefreie Jahreszeit noch geschlossene Perioden (Monate) mit über 10°. Bei 130 bis 170 Niederschlagstagen fallen 1500 bis 2000 mm, die Zahl der Tage mit Schneebedeckung liegt bei 180 bis über 300. Der Jahresgang der Witterung verläuft in vielen Zügen fast invers zu dem der Niederungen.

Die Bergbaureste am Krahbergzinken liegen innerhalb des Latschengürtels, also noch im subalpinen Bereich. Diese Höhenzone ist nach Wakonigg (1978) der Klimalandschaft der „oberen Berglandstufe an der Nordseite der Niederen Tauern“ zuzurechnen. Die Zone umfasst den Bereich zwischen der oberen Siedlungsgrenze (1200 bis 1300 m) und der Waldgrenze (1700 bis über 1800 m). Die Lage nördlich des Alpenhauptkammes äußert sich in vermehrter Niederschlagstätigkeit und Bewölkung. Bei 140 bis 170 Niederschlagstagen fallen 1200 bis 1700 mm, der Sommer zeichnet sich durch häufig längere Regenperioden aus. Die Schneebedeckung ist mit 150 bis 220 Tagen je nach Seehöhe reichlich.

3. Methodik

3.1 Gesichtspunkte zur Auswahl der Bergbaugebiete

Die Auswahl der Untersuchungsgebiete erfolgte im Wesentlichen anhand von Literaturhinweisen auf alte Bergbaugebiete, sofern in diesen auch Kupfer abgebaut wurde oder Kupfererze als Beimengung auftreten. Diese Einschränkung wurde aufgrund der Tatsache vorgenommen, dass dieses Schwermetall in höherer Konzentration ein besonders starkes Plasmagift ist (Repp 1963). Folglich kann eine stark selektierende Wirkung des Kupfers auf die Vegetation der Halden angenommen werden. Weiteres wurde bei der Wahl der Bergwerke besonders auf Erwähnungen von Abraumhalden Rücksicht genommen.

Dem Auffinden der Halden und der Orientierung im Gelände diente das offizielle österreichische Kartenwerk vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen ÖK 1 : 50.000.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

3.2 Aufnahmemethode

Die Erstellung der Vegetationsaufnahmen erfolgte nach der Methode von Braun-Blanquet (1928), die eine kombinierten Abundanz-Dominanz-Skala zur Bewertung der Vegetation vorsieht. Die Stufe 2 wurde in der von Wilmanns (1993) vorgeschlagenen Weise erweitert. Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt Fischer (1994), die der Moose Frahm & Frey (1992) bzw. Roth (1904, 1905) und jene der *Pohlia*-Arten Shaw (1981). Die Benennung der Flechten richtet sich nach Hafellner & Türk (2001), ökologische Angaben sind der Flora von Wirth (1995) entnommen. Die Namen der Pflanzengesellschaften werden nach Grabherr & Mucina (1993) sowie Mucina & al. (1993a, 1993b), und jene der Moosgesellschaften nach Hübschmann (1986) verwendet. Die ökologischen Zeigerwerte richten sich nach Ellenberg & al. (1992).

Bei den Bodenproben für die Schwermetallanalyse handelt es sich um Mischproben der oberen 25–30 cm. Das gesiebte Material wurde am Institut für Analytische Chemie der Karl Franzens Universität Graz mittels „Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry“ (ICP-MS) analysiert.

Bei der Auswahl der Halden für die vegetationskundlichen Untersuchungen wurde darauf geachtet, dass sie im Gelände durch ihre Form und Vegetation deutlich als solche erkennbar waren. Im Gebiet des Seekars wurden nur solche Halden für soziologische Aufnahmen herangezogen, die nicht von dem in diesem Gebiet massiven Ausbau von Schipisten betroffen sein.

3.3 Auswertung

Die Eingabe der Vegetationsaufnahmen und die Zeigerwertberechnung erfolgten im Programm HITAB 5.0. Die mittleren Zeigerwerte wurden ohne Gewichtung nach dem Deckungsgrad berechnet.

4. Ergebnisse

4.1 Charakterisierung der Haldenstandorte

Es folgt eine detaillierte Beschreibung der untersuchten Halden, gegliedert nach den ausgewählten Bergbaugebieten. Eine Charakterisierung des Bodens erfolgt anhand eines Profils durch die obersten 30 cm. Auffälligkeiten und Beobachtungen bezüglich der Halden und ihrem unmittelbaren Umfeld sind dokumentiert.

4.1.1 Seekar

Im Gebiet des Kupfer- und Silberberbaues Seekar wurden 7 Halden untersucht. Sie liegen jeweils in der Nähe von durchwegs stark verbrochenen Stollenausgängen.

Halde S1: Sie zeichnet sich durch eine geschätzte Firstlänge von 10–15 m, mäßig geneigte Flanken (ca. 20°) und eine abgeflachte Haldenkuppe aus (siehe Umschlagfoto links oben). Die lückig ausgebildete Vegetation ist mit den Aufnahmen Nr. 22–26 dokumentiert.

Der Boden wurde am Oberhang der Halde näher untersucht. An Grobmaterial sind große Schieferplatten mit 15–30 cm und nur vereinzelt größere, zum Teil unter Feinmaterial vergrabene Blöcke vorhanden. Kleine Plättchen mit 1–8 cm Durchmesser bedecken ± die gesamte Haldenoberfläche. Sie sind hier mengenmäßig stärker vertreten als in der Tiefe. Das Feinmaterial ist sandig-tonig und nur im Bereich der bewachsenen Polster an der Oberfläche erkennbar. Eine Durchwurzelung konnte bis in 20 cm Tiefe festgestellt werden.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Profil der oberen 30 cm:

0– 8 cm	Reichlich dunkel(rot)braunes Feinmaterial mit feinen Schieferplättchen.
8–20 cm	Zunehmend größeres Material als in der obersten Schicht, dazwischen viel Feinmaterial.
20–30 cm	Zahlreiche große Schieferplatten mit ca. 10 cm, wenig Feinmaterial.

Schwermetallgehalte der obersten Bodenschichten:

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
6,46	5470	226	1280	2,20	45,9

Die Vegetation konzentriert sich im Bereich der Kuppe und der Flächen am Ober- und Mittelhang auf Polster über feinerdereichem Untergrund, während dazwischen offener Boden mit gröberem Material sichtbar ist (Aufnahmen Nr. 22, 23. siehe auch Abbildung: Umschlagseite rechts oben). Eine davon abweichende, moosreichere Ausprägung im unteren Bereich der linken Haldenflanke ist in der Aufnahme Nr. 24 dargestellt. Die Vegetation des Unterhanges wurde in den Aufnahmen Nr. 25 und 26 festgehalten. Der Bewuchs wird an der Basis zunehmend dichter, bis kaum mehr offene Bodenstellen erkennbar sind. Diese Flächen werden besonders von Grasartigen wie *Deschampsia caespitosa*, *Avenella flexuosa*, *Poa alpina*, *Luzula alpino-pilosa* und *Juncus trifidus* dominiert. Dazwischen kommen auch *Leucanthemopsis alpina*, *Saxifraga stellaris* und *Veronica alpina* vor.

Halde S2: Die Halde S2 ist in ihrer Form noch als solche zu erkennen, aber im Gegensatz zu S1 vollflächig bewachsen. Die Vegetation ist durch die Aufnahmen Nr. 27 und 28 repräsentiert.

Im Boden ist locker verteilter Grobblockschutt mit 15–30 cm Durchmesser teilweise von Feinmaterial bedeckt und bildet die einzigen offenen, vegetationsfreien Flächen auf der Halde. Über dem verfestigten Feinmaterial liegen nur wenige kleine Schieferplättchen (1–5 cm Durchmesser). Die Durchwurzelung reicht bis in 20 cm Tiefe.

Profil der oberen 30 cm:

0– 3 cm	Dunkelbraune (humose) Erde, sehr kompakt durchwurzelt.
3–15 cm	Rotbrauner Rohboden mit feinen Schieferplättchen, auch vereinzelt Grobblock.
15–30 cm	Viel Grobblock, dazwischen Feinmaterial und kleine Schieferplatten.

Schwermetallgehalte der obersten Bodenschichten:

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
7,69	195	23,2	804	0,20	76,4

Halde S3: S3 liegt am Fuß eines Felsabbruches. Diese Halde zeigt eine lückige Vegetation, vergleichbar mit jener von S1 (Aufnahme Nr. 29). Zur Zusammensetzung des Bodens liegen keine weiteren Untersuchungsergebnisse vor.

Halde S4: Der Schuttkegel liegt unweit des sog. „Gottesgabstollens“ und weist eine Neigung von ca. 20° und eine geschätzte Firstlänge von rund 10 m auf.

Der Boden wurde am Haldenoberhang genauer untersucht. An Grobmaterial sind Blöcke mit 10–18 cm, wenige größere, teilweise verschüttete Blöcke und Schieferplättchen mit 1–5 cm Durchmesser zu finden. Die feinen Plättchen sind über die gesamte offene Fläche zwischen den bewachsenen Polstern verteilt. Das sandig-tonige Feinmaterial ist oberflächlich fast ausschließlich um die Vegetationspolster sichtbar.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Profil der oberen 30 cm:

0– 5 cm	Dunkel- bis schwarzbraune Erde, kaum Grobmaterial, auch kaum kleine Plättchen.
5– 8 cm	Rotbraune Erde, mit kleinen Schieferplättchen.
8–15 cm	Dunkelbraune Erde, zunehmender Grobanteil, auch Grobblock mit 5–8 cm.
15–30 cm	Rotbraune Erde, vermischt mit Schieferplättchen, am Grund des Profils kein Durchdringen von größeren Platten.

Schwermetallgehalte der obersten Bodenschichten:

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
7,07	5640	76,3	857	1,10	48,6

Die Vegetationsausprägung mit bewachsenen Polstern über Feinmaterial und vegetationslosen Flächen, wie sie schon bei S1 unter der Seekarspitze aufgefallen ist, findet man auch auf diesem Schuttkegel S4 beim Gottesgabstollen. Die Haldenkuppe (Aufnahme Nr. 30) und der Bereich des Mittelhanges (Aufnahme Nr. 31) sind mit 55–65% Gesamtdeckung dichter bewachsen als der Unterhang (Aufnahme Nr. 32), wo das Schuttmaterial noch weniger verfestigt zu sein scheint.

Halde S5: Die Zuordnung der durch die Aufnahmen Nr. 33–35 beschriebenen Halden S5 und S6 zur „Margaretzeche" ergibt sich aus Vergleichen der Grubenbilder des Kupfererzbergbaues „Seekar" (Redlich 1911) mit den aus der ÖK 1 : 50.000 (Blatt 126, Radstadt) ermittelten Fundorten und ist nicht völlig gesichert.

Bei S5 handelt es sich um einen flachen Erzschuttwall unweit einer Felsspalte, deren anstehendes Gestein teilweise rostig verwittert ist. Der Boden wurde aufgrund der geringen Ausdehnung dieser Halde nicht weiters untersucht. Die Vegetation wird durch die Aufnahme Nr. 33 repräsentiert.

Halde S6: Die Halde S6 weist in ihrer Oberflächenstruktur eine deutliche Zweiteilung auf. Diese äußert sich durch eine Bedeckung mit unterschiedlich großen Schieferplatten an der linken Flanke sowie zumeist gleich große Blöcke an der rechten Flanke. Die Vegetation der Schutthalde wird mit den Aufnahmen Nr. 34 und 35 näher beschrieben. Fig. 3 zeigt 3 Abraumhalden rund um den verbrochenen Stolleneingang der „Margaretzeche" (Pfeil) von denen jene im Zentrum des Bildes untersucht und mit S6 bezeichnet wurde.

Eine genauere Betrachtung des Bodens erfolgte am Übergang zwischen Kuppe und Oberhang. Zum Grobmaterial zählen Schieferplatten mit 15–25 cm Durchmesser, die lose an der Oberfläche liegen sowie größere, relativ stabil im feineren Material vergrabene Platten. Sämtliche offene Haldenflächen sind mit 1–8 cm großen Schieferplatten bedeckt. Feinmaterial konzentriert sich besonders um die Felsblöcke und Vegetationspolster an der Oberfläche oder ist mit kleinen Schieferplättchen durchsetzt. Feines Wurzelwerk reicht bis in ca. 20 cm Tiefe, die Wurzeln von *Silene vulgaris* konnten bis in größere Tiefen (ca. 25 cm und eventuell tiefer) verfolgt werden.

Profil der oberen 30 cm:

0– 2 cm	Kaum Grobmaterial, feine Wurzeln.
2–12 cm	Verbraunte Erde, Feinmaterial zwischen Schieferplättchen (auch schon gröbere).
12–30 cm	Rotbraune Erde, mit Grobblock (rostig).

Schwermetallgehalte der obersten Bodenschichten:

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
6,46	5470	226	1280	2,20	45,9

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Auf der Schutthalde fällt die sonst auf allen Halden im Seekar-Gebiet so häufige *Saxifraga stellaris* völlig aus. Grund dafür könnte die S-Exposition oder/und ein zu trockener Untergrund sein. Bei der tabellarischen Datenauswertung stellte sich heraus, dass die Aufnahme Nr. 35 kaum Ähnlichkeiten in der Artenzusammensetzung mit anderen, im Rahmen dieser Arbeit erstellten Aufnahmen aufweist. Daher wird Nr. 35 von weiteren synsystematischen Zuordnungen ausgeschlossen.

Halde S7: Die Halde beim alten Berghaus ist durch einen im unteren Teil relativ feuchten Boden, rostiges Schuttmaterial und artenarmen Bewuchs (v.a. *Deschampsia caespitosa*, *Saxifraga stellaris*, *Pohlia andalusica*) mit geringer Deckung (ca. 40%) gekennzeichnet. Die Vegetation ist mit der Aufnahme Nr. 36 dokumentiert.

4.1.2 Giglerbaue

Östlich der Giglachseen wurde in historischer Zeit an mehreren Stellen Erz geschürft. Die erzführenden Schichten wurden meist an mehreren, nahe beieinander liegenden Stellen ausgebeutet, die als Obere, Mittlere und Untere Giglerbaue bekannt sind. Fig. 4 zeigt einen Überblick über die Lager der einst bedeutenden Giglerbaue.

4.1.2.1 Obere Giglerbaue

Zur Bergbauanlage der Oberen Giglerbaue rund um die Freying gehören zahlreiche Haldenfächer unterschiedlicher Ausdehnung. Besonders gut erhalten sind einige Schuttkegel an der E-Seite der Freying. Die Vegetation der Abraumhalden OG1 und OG2 an der Ostflanke der Freying ist durch die Aufnahmen Nr. 42–46 belegt. Hinsichtlich einer möglichen Beeinflussung der Vegetation durch Beweidung ist zu wähnen, dass um die Giglachseen in den Sommern 1998 und 1999 frei umherziehende Schaf- und Pferdeherden zu sehen waren. Schafe konnten auch direkt auf den Halden beobachtet werden.

Halde OG1: Dieser im Vetternkar liegende Schuttkegel zeichnet sich durch eine Neigung von 20–25°, eine geschätzte Firstlänge von ca. 10 m und lockeres Material im Untergrund aus.

Im Boden dominiert gröberes Material, das sich aus sowohl rostigen als auch nichtrostigen Blöcken und Schieferplatten mit 10–25 cm Durchmesser, und sehr vielen Plättchen mit 3–5 cm und kleiner zusammensetzt. Das Feinmaterial ist tonig-sandig und über die gesamte Profiltiefe hinweg gleichmäßig dunkelbraun gefärbt. Die Durchwurzelung reicht bis in 14 (17) cm Tiefe. Das gesamte Profil weist vielen Hohlräumen auf, ist locker geschichtet und bricht beim Graben immer wieder ein. Die ausgegrabene Steine sind zum Teil mit Malachit überzogen. Die mit den Aufnahmen Nr. 42–44 belegte Vegetation ist sehr lückig und konzentriert sich im Bereich des Mittelhanges auf Polstern.

Profil der oberen 30 cm:

0– 5 cm	Feinerdereich, Grobmaterialanteil nur in Form von bis 2 cm großen Plättchen.
5–30 cm	Von Grobblock dominiert, dazwischen Feinmaterial.

Schwermetallgehalte der obersten Bodenschichten:

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
7,06	9624	1050	1850	9,40	72,9

Halde OG2: Am Boden der gesamten Halde fällt auf, dass oberflächlich anteilsmäßig mehr Grobmaterial vorhanden ist als in den tieferen Schichten. Es ist möglich, dass älteres Abraumaterial nachträglich durch Grobblock überschüttet wurde. In diesem

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Zusammenhang ist die linke Haldenflanke mit einem Bereich, in dem 5–8 cm große, rostige Blöcke aufgeschüttet sind, erwähnenswert. Möglicherweise wurde hier bei einem jüngerer Abbau Material über eine zu dieser Zeit bereits vorhandene ältere Halde gestürzt.

Im Bereich des Oberhanges wurde der Boden näher untersucht. Das Grobmaterial ist rostig, oberflächlich unregelmäßig verteilt und wechselt mit Feinerde und Vegetationspolster ab. Es sind dies einige Blöcke mit 10–15 cm Durchmesser und vereinzelt Brocken bis 30 cm. Zahlreiche Schieferplättchen mit 1–5 cm und viel Material mit 0,2–0,5 cm Durchmesser ist mit dem sandig-tonigen, dunkelbraunen Feinmaterial vermischt. Die Durchwurzelung reicht im Bereich des gegrabenen Profils bis in 20 cm Tiefe.

Profil der oberen 37 cm:

0–13 cm	Fast ausschließlich Feinmaterial mit feinsten Plättchen.
13–35 cm	Leichte Zunahme von gröberem Material, noch großer Feinmaterial-Anteil.
35–40 cm	Häufiger größere Schieferplatten.

Schwermetallgehalte der obersten Bodenschichten:

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
7,67	11.400	678	1360	6,81	75,7

Neben den beiden Halden OG1 und OG2 findet man an der Ostflanke der Freying auch Schuttkegel mit Gesteinsmaterial von einheitlicher Größe, das eventuell aus einem Sortiervorgang stammen könnte. (Fig. 6) Diese Häufen werden von ihrer Basis her von Elementen des angrenzenden Salicetum herbaceae, wie *Cerastium uniflorum, Oxyria digyna, Ranunculus montanus, Campanula scheuchzeri, Pritzelago alpina* subsp. *brevicaulis, Ligusticum mutellina, Homogyne alpina, Myosotis alpestris, Linaria alpina, Persicaria vivipara, Poa alpina, Euphrasia picta* und *Saxifraga blepharophylla* besiedelt, während die Flanken sowie die Kuppe noch vollkommen vegetationsfrei sind. Damit unterscheiden sie sich markant von allen weiteren, im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Halden, auf denen keine derartige Trennung in bewachsene und vegetationsfreie Bereiche beobachtet werden konnte.

Halde OG3: Die Abraumhalden an den NW-exponierten Abhängen der Freying, zu denen auch der Standort OG3 (Aufnahmen Nr. 47–50) zählt, sind großteils kleiner und weniger deutlich von der umgebenden Vegetation zu unterscheiden als jene der E-Flanke (Fig. 5). Der Boden wurde hier nicht untersucht.

4.1.2.2 Mittlere Giglerbaue

Im Vergleich zu den Verhältnissen bei den Oberen Giglerbauen ist der Untergrund auf diesen Halden stärker verfestigt und weniger lückig bewachsen. Nach einer Skizze von Friedrich (1969) besteht die Anlage dieses Kupferkies-Fahlerz-Bergbaues aus drei W-exponierten Haldenkegeln, wobei das aufgeschüttete Material des mittleren Kegels (MG1) jenes der beiden seitlichen zum Teil überlagert. Der Abraumschutt der südlichsten Halde weist seinerseits zwei unterschiedliche Schüttrichtungen auf. Diese drei Schuttkegel sind auch heute noch im Gelände erkennbar (Fig. 7).

Halde MG1: Die mittlere und zugleich mächtigste Schutthalde der Mittleren Giglerbaue zeichnet sich durch eine geschätzte Firstlänge von 25–30 m und eine mittlere Neigung von 25° aus.

Das Grobmaterial im Boden ist allgemein wenig rostig. Blöcke mit 20–40 cm Durchmesser sind teilweise in das Feinmaterial eingegraben. Die zahlreichen Platten mit 5–10 cm Durchmesser und kleinen Plättchen mit 0,5–3 cm Durchmesser sind sehr fein

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

geschiefert. Das sandig-tonige Feinmaterial konzentriert sich um bzw. unter den Vegetationspolstern. Die Durchwurzelung reicht bis in eine Tiefe von 15 cm.

Profil der oberen 30 cm:

0– 5 cm	Rotbrauner Rohhumus.
5–15 cm	Wenig Grobmaterial (über 3 cm), viele feinblättrige „Gesteinsbrösel".
15–30 cm	Locker gelagerter Grobblock mit Hohlräumen, dazwischen wenig Feinmaterial.

Schwermetallgehalte der obersten Bodenschichten:

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
4,66	1230	68,4	67,6	0,42	93,2

Auf MG1 können schon von weitem zwei Bereiche mit unterschiedlicher Vegetation unterschieden werden. Die orografisch rechte Flanke ist bis zum Haldenrücken dicht mit *Rhododendron ferrugineum, Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium gaultherioides* bewachsen (Aufnahme Nr. 39). Im Gegensatz dazu ist die linke Flanke strauch- und zwergstrauchfrei (Aufnahmen Nr. 37, 38).

Halde MG2: Dieser flache Schuttkegel nördlich von MG1 weist eine Firstlänge von ca. 15 m und eine mittlere Flankenneigung von 20° auf. Die Haldenoberfläche ist großteils mehrschichtig mit zum Teil berosteten Schieferplatten bedeckt. Die Bodenverhältnisse dieser Halde wurden nicht näher untersucht. Die Vegetation von MG2 ist mit den Aufnahmen Nr. 40 (rechte Flanke) und Nr. 41 (einige Meter über der Haldenbasis) dokumentiert.

4.1.2.3 Untere Giglerbaue

Im Gebiet der Kupferbergbau-Anlage der Unteren Giglerbaue liegen zahlreiche Abraumhalden unterschiedlicher Größe. Neben den, durch ihre Kegelform deutlich erkennbaren Halden findet man hier auch ausgedehnte Schuttfelder mit taubem, unberostetem Schiefergestein, die möglicherweise das Ergebnis von Lawinenabgängen von den relativ steilen Flanken der Gipfel Mur- und Giglachalmspitz sind.

Für Vegetationsaufnahmen wurden die zwei Schutthalden UG1 und UG2 ausgewählt.

Halde UG1: Bei dieser Halde handelt es sich um einen 8–10 m breiten Schuttfächer, der sich hangabwärts über ca. 30 m erstreckt. Im oberen, mit ca. 25° etwas stärker geneigten Bereich scheint das Material bereits etwas stärker verfestigt zu sein als im unteren Haldenteil.

Das Feinmaterial im Boden ist rotbraun, sandreich, oberflächlich mit vielen feinen Schieferplättchen vermischt und nur unter der Pflanzendecke sichtbar. Das Grobmaterial ist durchwegs wenig rostig. Größere Blöcke mit 20–40 cm Durchmesser liegen vereinzelt, Schieferplatten mit 5–15 cm Durchmesser hingegen recht zahlreich auf. Eine Durchwurzelung konnte bis in ca. 20 cm Tiefe festgestellt werden.

Profil der oberen 30 cm:

0– 8 cm	Fast nur Feinmaterial, wenig feine Plättchen.
8–12 cm	Schicht aus mürben, fein geschieferten Plättchen.
12–25 cm	Vergleichbar mit der obersten Schicht, etwas mehr Schieferplättchen eingemischt.
25–30 cm	Viel Grobmaterial mit ca. 5 cm Durchmesser.

Schwermetallgehalte der obersten Bodenschichten:

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
3,24	2670	251	358	1,36	221

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Die Vegetation dieser Halde ist durch zwei Aufnahmen charakterisiert. Die Aufnahme Nr. 60 stammt aus dem oberen Bereich, der eine relativ dichte Vegetationsdecke trägt. Hangabwärts wird der Bewuchs der Halde lichter, die Vegetation konzentriert sich zunehmend auf Polster über feinerdereicherem Untergrund, dazwischen ist der Rohboden mit kleinen, teilweise rostigen Schieferplättchen sichtbar (Aufnahme Nr. 61).

Auf einer Verebnung westlich von UG1 fällt ein kreisrunder, ca. 1,5 m hoher Steinhaufen mit ca. 4 m Durchmesser auf. Das Schuttmaterial dieses kleinen Haufens ist berostet und hat eine einheitliche Größe von rund 5 cm Durchmesser. Eine Halde dieses Typs wurde auch bei den Oberen Giglerbauen (Freying) gefunden. Auf der Haldenkuppe wachsen ausschließlich *Minuartia gerardii* und *Linaria alpina*. An den Flanken haben sich über Feinerde Vegetationspolster mit *Saxifraga blepharophylla*, *Primula minima*, *Saxifraga retusa*, *Saxifraga herbacea*, *Minuartia sedoides*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium gaultherioides*, *Festuca varia*, *Thamnolia vermicularis* und *Cetraria islandica* entwickelt.

Halde UG2: Dabei handelt es sich um einen weitläufigen Schuttfächer, auf dem der Boden bereits weitgehend stabilisiert ist. Er ist sowohl mit kleineren rostigen Gesteinsstücken als auch mit größeren Granitschieferplatten bedeckt. Die Vegetation ist mit der Aufnahme Nr. 62 belegt.

4.1.3 Zinkwand

Halde Z1: Die im Zuge dieser Arbeit untersuchte mächtige Schutthalde (Fig. 8) des einst bedeutenden Kiesbergbaues Zinkwand/Vöttern weist eine Firstlänge von 40–50 m und eine Flankenneigung von 30–35° auf. An den Bergabhängen direkt hinter der Haldenkuppe ist ein verbrochener Stolleneingang erkennbar.

Der Boden dieser Halde wurde nicht näher untersucht, die Vegetation jedoch an mehreren Stellen (Aufnahmen Nr. 51–57). Floristisch fällt bei allen Aufnahmen von Z1, im Vergleich zu jenen der Giglerbaue, das Fehlen bzw. das geringe Vorkommen von Flechten auf.

Weitere deutliche Spuren des historischen Bergbaues sind zwischen diesen großen Halden und der Steilstufe über der Keinprechthütte erkennbar. Unter anderem wurde eine N-exponierte, 10° geneigte und durch einen Reinbestand von *Saxifraga stellaris* auffallende Halde auf ca. 2080 m in unmittelbarer Nähe eines verbrochenen Stollens direkt oberhalb der Abbrüche über der Keinprechthütte gefunden.

4.1.4 Krahbergzinken

Halde K1: Unter dem Gipfel des Krahbergzinken findet man auf 1950 m zwei Abraumhalden des alten Kupferkies-Fahlerz-Bergbaues (Fig. 9). Für die Vegetationsaufnahmen wurde aufgrund der hier besser entwickelten Vegetationsdecke die östliche der beiden Halden (Halde K1) ausgewählt (Aufnahmen Nr. 58, 59). Das Abraummaterial bildet einen eher flachgründigen Schuttfächer, der mit zum Teil rostigen Schieferplatten bedeckt ist. Während die Vegetationsdecke auf der Halde K1 bereits großteils geschlossen ist, erweist sie sich auf dem westlicheren Schuttfächer als besonders spärlich. In der oberen Hälfte des Haldenrückens haben sich verstreut Polster mit *Silene acaulis* entwickelt. An den Flanken findet man weiters *Saxifraga stellaris* und *Linaria alpina*.

Westlich von K1 liegt ein weiterer, SW-exponierter Haldenkegel, mit ca. 25° geneigten Flanken. Oberflächlich sind rostige Schieferplatten sichtbar. Im unteren Drittel durchschneidet ein Wanderweg die Abraumhalde.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

4.2 Charakterisierung der Vegetationstypen

Die soziologische Eingliederung gestaltet sich sehr schwierig. Die Vegetation der Abraumhalden ist überaus heterogen und variiert sogar oft beträchtlich von einer Halde zur nächst gelegenen. Assoziationscharakterarten für eine sichere Zuordnung zu bestimmten Gesellschaften fehlen weitgehend. So scheint es korrekter, statt dessen die charakteristischen Artengruppen zu definieren. Die folgende Gliederung basiert primär auf den durch die mittleren Reaktionszahlen erstellten Aufnahmegruppen „Basenarm" (ba) und „Basenreich" (br). Vergl. dazu das folgende Kapitel. Zur weiteren Differenzierung der Vegetationstypen innerhalb der Gruppen werden floristischen Unterschiede herangezogen.

4.2.1 Zeigerwerte

Die Zeigerwerte für Lichtverhältnisse, Stickstoffversorgung, Bodenfeuchtigkeit und Bodenreaktion lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die mittleren Lichtzahlen liegen zwischen 6,9 und 8,5.
- Die Werte der mittleren Stickstoffzahlen bewegen sich in einem Rahmen von 1,8 bis 4. In Verbindung mit der in Folge vorgenommenen weiteren Untergliederung ist festzustellen, dass die „Vegetationstypen am Übergang zu alpinen Rasen" sowie die „von *Juncus trifidus* dominierten lückigen Rasen" schlechter stickstoffversorgt sind als die übrigen subalpinen und alpinen Typen.
- Die mittleren Feuchtezahlen zeigen Werte zwischen 4,3 und 7,4. Eine weitere Differenzierung lässt sich in die feuchteren „Vegetationstypen mit Quellflurcharakter" und jene „mit Schneetälchen- und Quellflurarten" vornehmen. Außerdem zeigen innerhalb der „Vegetationstypen mit Karbonatschutthaldencharakter" die Feuchtezahlen jener Aufnahmen, die einige Thlaspietalia-Arten enthalten, durchschnittlich höhere Werte als die, in denen diese Arten fehlen.
- Ein Vergleich der mittleren Reaktionszahlen lässt eine Zweiteilung in eine Gruppe mit niedrigeren, zwischen 2,7 und 6 liegenden $R^{mittl.}$ („basenarm") und eine weitere mit auffallend hohen $R^{mittl.}$ („basenreich"), im Rahmen von 5,8 bis 7,7, zu. Diese Trennung ist bei den weiteren Kenngrößen nicht nachvollziehbar, erweist sich aber aufgrund der eindeutigen floristischen Unterschiede als gerechtfertigt.

Die Ellenberg-Zeigerwerte der subalpinen und alpinen Vegetationstypen sind in Fig. 13 (basenarm) und Fig. 14 (basenreich) dargestellt.

4.2.2 Familienspektrum der Gefäßpflanzen

Die getrennte Darstellung der Gefäßpflanzen-Familien der basenarmen bzw. basenreichen Vegetationstypen beruht auf jener Gliederung, die aufgrund der mittleren Reaktionszahlen erstellt wurde. Eine weitere Differenzierung innerhalb der basenarmen Einheiten erscheint aufgrund der Artenarmut einiger Vegetationstypen nicht sinnvoll, da dadurch die einzelnen Familien wichtiger erscheinen als sie es tatsächlich sind. In den Kreisdiagrammen (Fig. 15 und Fig. 16) sind für jeden der beiden Vegetationstypen (basenarm, basenreich) jene 5 Familien dargestellt, welche die häufigsten Artnennungen aufweisen. Die Prozentangaben stellen die Anzahl der Artnennungen in der jeweiligen Familie in Bezug auf sämtliche Artnennungen innerhalb der basenarmen Einheit dar.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

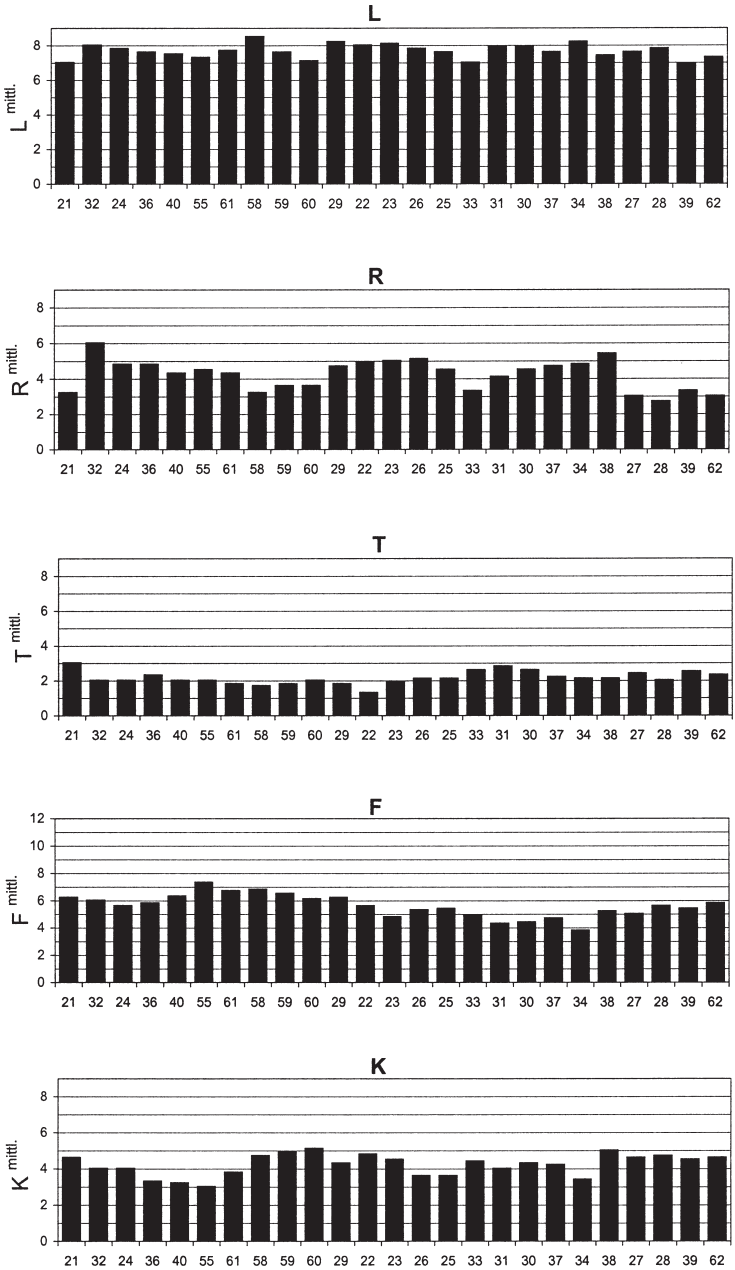

Fig. 13: Ellenberg-Zeigerwerte der basenarmen Vegetationstypen.
L Lichtzahl, F Feuchtezahl, R Reaktionszahl, N Stickstoffzahl, T Temperaturzahl, K Kontinentalitätszahl. Abszisse: Aufnahmenummern. Ordinate: $L^{mittl.}$ mittlere Lichtzahl, $F^{mittl.}$ mittlere Feuchtezahl, $R^{mittl.}$ mittlere Reaktionszahl, $N^{mittl.}$ mittlere Stickstoffzahl, $T^{mittl.}$ mittlere Temperaturzahl, $K^{mittl.}$ mittlere Kontinentalitätszahl.
Indicator values of plants of the base poor vegetation types.
L light, F humidity, R acidity, N nitrogen, T temperature, K continentality, Axis of abscissae: numbers of releves. Axis of ordinates: $L^{mittl.}$ average light, $F^{mittl.}$ average humidity, $R^{mittl.}$ average acidity, $N^{mittl.}$ average nitrogen, $T^{mittl.}$ average temperature, $K^{mittl.}$ average continentality.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

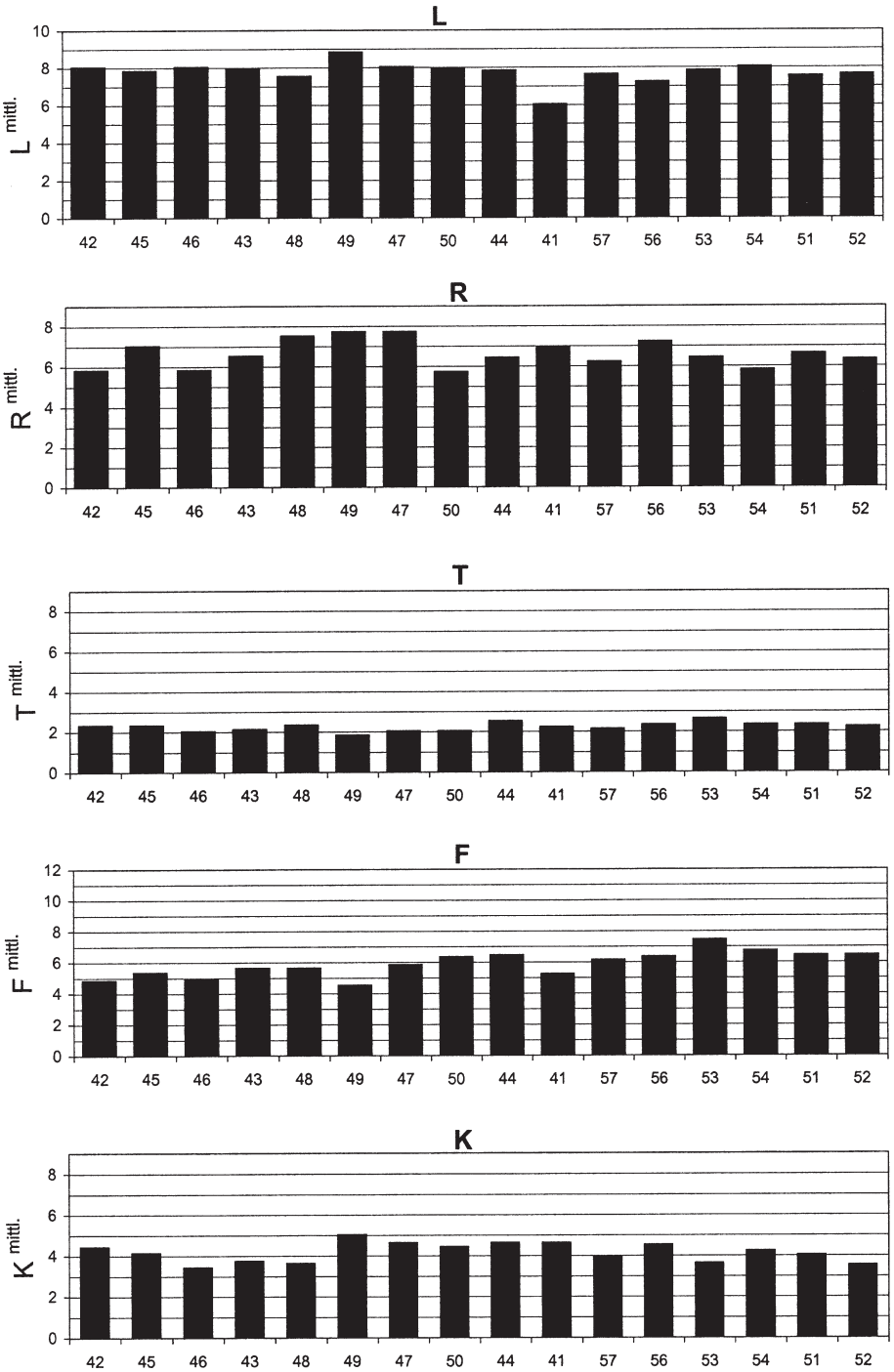

Fig. 14: Ellenberg-Zeigerwerte der basenreichen Vegetationstypen. Achsenbeschriftung siehe Fig. 13.
Indicator values of plants of the base rich vegetation types. Legends of the axes see Fig. 13.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Basenarme Vegetationstypen

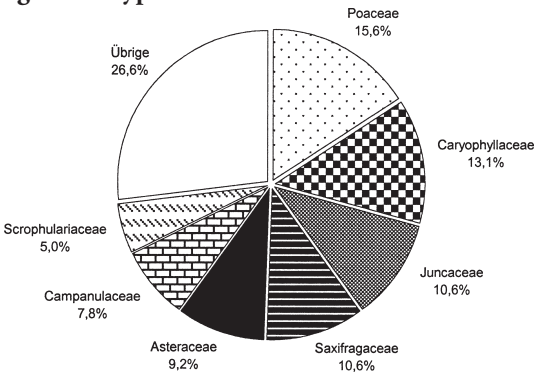

Fig. 15: Familienspektrum der Gefäßpflanzen – basenarme Vegetationstypen.
The spectrum of vascular plant families – base poor vegetation types.

In „Übrige" (26,6%) wurden folgende Familien mit Angabe des jeweiligen Prozentanteiles an allen Artnennungen zusammengefasst.

Ericaceae	4,1%	Fabaceae	0,9%
Primulaceae	4,1%	Lycopodiaceae	0,9%
Crassulaceae	2,3%	Rosaceae	0,9%
Brassicaceae	1,8%	Aspleniaceae	0,5%
Cyperaceae	1,8%	Boraginaceae	0,5%
Lamiaceae	1,8%	Dryopteridaceae	0,5%
Rubiaceae	1,8%	Gentianaceae	0,5%
Salicaceae	1,8%	Polygonaceae	0,5%
Apiaceae	1,4%	Santalaceae	0,5%

Basenreiche Vegetationstypen

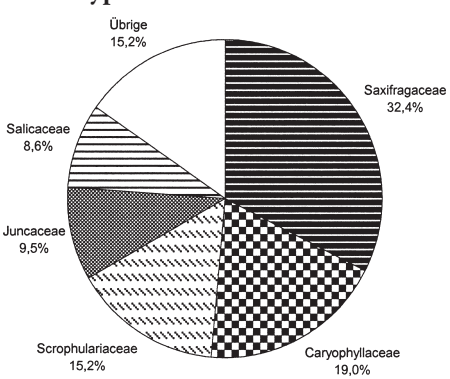

Fig. 16: Familienspektrum der Gefäßpflanzen – basenreiche Vegetationstypen.
The spectrum of vascular plant families – base rich vegetation types.

In „Übrige" (15,2%) wurden folgende Familien mit Angabe des jeweiligen Prozentanteiles an allen Artnennungen zusammengefasst.

Polygonaceae	3,8%	Rubiaceae	1,0%
Brassicaceae	2,9%	Boraginaceae	1,0%
Crassulaceae	2,9%	Dryopteridaceae	1,0%
Poaceae	2,9%		

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

4.2.3 Weitere Untergliederung aufgrund der Artengarnitur der Aufnahmen

„Basenarme“ Reihe (Ba):

- Vegetationstypen mit Quellflurcharakter
- Vegetationstypen mit Arten der Schneetälchen und Quellfluren
- Vegetationstypen am Übergang von offener Vegetation zu alpinen Rasen (Caricetum curvulae/Juncetum trifidi)
- Vegetationstypen mit lückige Rasen, dominiert von *Juncus trifidus (*Juncetum trifidi)

„Basenreiche“ Reihe (Br):

- Vegetationstypen mit dem Charakter von Karbonatschutthalden bzw. Vegetation über Kalkschiefer

Die untersuchten Pflanzenbestände der „basenarmen“ Abraumhalden können in keine der bekannten Vegetationseinheiten für Schwermetallstandorte eingegliedert werden, sondern stellen fragmentarische Ausprägungen weit verbreiteter, alpiner Vegetationstypen dar. Diese vier Vegetationstypen verbindet das hochstete Auftreten von *Saxifraga stellaris* (68%), *Juncus trifidus* (56%) und *Pohlia andalusica* (52%). Bei einem Vergleich der mittleren Feuchtezahlen fällt eine kontinuierliche Abnahme der Werte am Übergang von den relativ offenen Vegetationstypen zum mehr Arten der Klasse Caricetea curvulae beinhaltenden Juncetum trifidi auf.

4.2.3.1 Vegetationstypen mit Quellflurcharakter

Die hierher gestellten Aufnahmen zeichnen sich durch eine extreme Artenarmut aus (3–8 Arten!). *Saxifraga stellaris* und *Pohlia andalusica* kommen hier mit je 100% Stetigkeit vor. Außerdem ist das Auftreten von *Deschampsia caespitosa*, als Quell- und Grundwasserzeiger erwähnenswert.

Obwohl die Aufnahmen dieses Typs von verschiedenen Bergbauen stammen, haben sich dennoch sehr ähnliche Vegetationstypen eingestellt, weshalb angenommen werden kann, dass sich diese Artenkombination bedingt durch die ökologischen Gegebenheiten wie erhöhte Bodenfeuchtigkeit und Feinerdereichtum auf diesen subalpinen und alpinen Bergwerkshalden (Seekar, Giglerbaue, Zinkwand) entwickelt hat. Ähnliche Vegetationstypen kennen wir auch von anderen Abraumhalden in den Niederen Tauern, beispielsweise von Halden in der Walchen, südlich von Öblarn (siehe Emmerer 2000).

In Bezug auf die Zeigerwerte sticht die Aufnahme Nr. 32 durch eine stark erhöhte mittlere Reaktionszahl hervor (siehe Fig. 14). Für diesen „Ausreißer“ dürfte das Vorkommen von *Caloplaca sinapisperma* (Reaktionszahl 8) und *Silene vulgaris* (Reaktionszahl 7) verantwortlich sein. In Verbindung mit der extremen Artenarmut bewirken diese Arten einen dramatischen Anstieg der mittleren Reaktionszahl. Da durch das Vorkommen von *Saxifraga stellaris* und *Pohlia andalusica* floristische Übereinstimmung mit den weiteren quellflurartigen Aufnahmen bestehen, soll Nr. 32 trotz dieser Abweichung zu den generell weniger saureren Einheiten gestellt werden. Auf das Problem der starken Unterschiede der mittleren Zeigerwerte bei artenarmen Aufnahmen wird schon von Dierschke (1994: 235) hingewiesen.

Ökologische Standortspräferenzen vorhandener Arten: (nach: Frahm & Frey 1992, Oberdorfer 1994, Wirth 1995)

Arten auf Stein- oder Sandböden: *Caloplaca sinapisperma, Campanula scheuchzeri, Cardamine resedifolia, Cerastium uniflorum, Juncus trifidus, Ligusticum mutellina, Linaria alpina, Pohlia nutans, Silene rupestris, Silene vulgaris.*

Arten auf steinig-sandigen Tonböden: *Campanula scheuchzeri, Cladonia chlorophaea, Deschampsia caespitosa, Saxifraga stellaris.*

Arten auf offenen Böden: *Pohlia andalusica, Stereocaulon alpinum.*

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Art über Rohhumus: *Trapeliopsis granulosa.*
Arten an feuchten Standorten: *Bryum pallescens, Cardamine resedifolia, Deschampsia caespitosa, Ligusticum mutellina, Pohlia andalusica, Saxifraga stellaris.*
Arten auf Schneeböden: *Ligusticum mutellina, Stereocaulon alpinum.*
Pionierpflanzen: *Silene rupestris, Silene vulgaris*.

4.2.3.2 Vegetationstypen mit Arten der Schneetälchen und Quellfluren

Die Aufnahmenflächen dieses Typs liegen einerseits am Krahbergzinken und andererseits bei den Unteren Giglerbauen und zeichnen sich durch folgende Artengruppe aus:

● Arten mit 100% Stetigkeit:	*Saxifraga stellaris*	Kl.-KA Montio-Cardaminetea
	Anthelia juratzkana	Ass.-KA. Cardamino alpinae-Anthelietum juratzkanae, Salicetea herbaceae
	Juncus trifidus	Ass.-KA. Juncetum trifidi, Caricetea curvulae
● Arten mit geringerer Stetigkeit: (50 %)	*Deschampsia caespitosa*	Kl./O.-KA Montio-Cardaminetea
	Pohlia drummondii	
	Nardia scalaris	
	Helocarpon crassipes	

Ökologische Standortspräferenzen vorhandener Arten: (nach: Frahm & Frey 1992, Oberdorfer 1994, Wirth 1995)
Arten auf Sand- oder Steinböden: *Campanula scheuchzeri, Cerastium uniflorum, Huperzia selago, Juncus trifidus, Linaria alpina, Luzula alpino-pilosa, Minuartia gerardii, Pohlia nutans, Polytrichum piliferum, Silene rupestris, Silene vulgaris.*
Arten auf Lehmböden: *Deschampsia caespitosa, Juncus trifidus, Minuartia gerardii.*
Arten auf offenen Böden: *Anthelia juratzkana, Pohlia andalusica, Stereocaulon alpinum.*
Arten an feuchten Standorten: *Deschampsia caespitosa, Helocarpon crassipes, Nardia scalaris, Pohlia andalusica, Saxifraga stellaris.*
Arten auf Schneeböden: *Anthelia juratzkana, Luzula alpino-pilosa.*
Art an windexponierten Standorten: *Thamnolia vermicularis.*
Arten auf Moosen und Pflanzenresten: *Protomicarea limosa, Mycobilimbia hypnorum.*
Art mit breiter ökologischer Amplitude: *Cetraria islandica.*
Pionierpflanzen: *Silene rupestris, Silene vulgaris*.

4.2.3.3 Vegetationstypen am Übergang von offener Vegetation zu alpinen Rasen (Caricetum curvulae/Juncetum trifidi)

Die Aufnahmen, die diesem Typ zugeordnet wurden, entstammen ausschließlich den Halden S1, S2 und S3 unter dem Seekarspitz. Sie zeichnen sich durch folgende Artengruppe aus:

● Arten mit 100% Stetigkeit:	*Saxifraga stellaris*	
	Silene acaulis	
● Arten mit geringerer Stetigkeit: (40–80%)	*Saxifraga moschata*	Vb.-DA Thlaspion rotundifolii
	Minuartia sedoides	O.-KA Caricetalia curvulae
	Sagina saginoides	Kl.-KA Salicetea herbaceae
	Festuca pumila	
	Desmatodon latifolius	

Ökologische Standortspräferenzen vorhandener Arten: (nach: Frahm & Frey 1992, Oberdorfer 1994, Wirth 1995)
Arten auf Stein- oder Sandböden: *Bryum pallescens, Campanula scheuchzeri, Carex curvula, Cerastium uniflorum, Juncus trifidus, Ligusticum mutellina, Linaria alpina, Minuartia sedo-*

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

ides, Phyteuma globulariifolium, Pohlia nutans, Primula minima, Psoroma hypnorum, Saxifraga moschata, Silene acaulis.

Arten auf Lehm- und Tonböden: *Campanula scheuchzeri, Deschampsia caespitosa, Festuca pumila, Juncus trifidus, Leucanthemopsis alpina, Luzula alpino-pilosa, Primula minima, Sagina saginoides.*

Arten auf Schneeböden: *Anthoxanthum alpinum, Leucanthemopsis alpina, Luzula alpino-pilosa, Poa alpina, Psoroma hypnorum, Sagina saginoides, Veronica alpina.*

Arten auf offenen Böden: *Pohlia andalusica*.

Arten an feuchten Standorten: *Bryum pallescens, Deschampsia caespitosa, Pohlia andalusica, Saxifraga stellaris.*

Arten an windexponierten Standorten: *Alectoria ochroleuca, Cetraria islandica, Flavocetraria cucullata Minuartia sedoides, Thamnolia vermicularis.*

Pionierpflanzen: *Festuca pumila, Minuartia sedoides, Silene acaulis*.

Arten mit breiter ökologischer Amplitude: *Cetraria islandica.*

4.2.3.4 Vegetationstypen lückiger Rasen, dominiert von *Juncus trifidus* (Juncetum trifidi)

Verbindende Elemente innerhalb dieses Aufnahmeblocks stellen die hochsteten Arten *Juncus trifidus, Campanula scheuchzer*i und *Cetraria islandica* sowie *Leontodon helveticus*, *Cladonia macrophyllodes* und *Cladonia arbuscula* dar. Weiters kann hier zwischen zwei Vegetationsausprägungen aufgrund unterschiedlicher charakteristischer Artengruppen differenziert werden.

Die Gruppe „a“ zeichnet sich durch das Vorkommen von Arten aus, die entweder Kenn- oder Differenzialarten von Schuttfluren sind oder ihre ökologischen Standortspräferenzen auf steinigen, sandigen Böden mit geringer Feinerdeauflage haben.

Gruppe „a“:	*Cladonia cervicornis* subsp. *verticillata*	sandige Lehmböden
	Festuca varia	steinige, lückige Magerrasen
	Galium anisophyllum	O-DA Thlaspietalia rotundifolii
	Juncus jacquinii	Vb.-KA Caricion curvulae
	Minuartia gerardii	O.-DA Thlaspietea rotundifolii
	Psoroma hypnorum	feinerdereiche Steinböden
	Sempervivum montanum	Steinböden
	Silene rupestris	O.-DA Androsacetalia
	Silene vulgaris	Kl.-KA Thlaspietea rotundifolii
	Stereocaulon alpinum	langzeitig offene Bergwerkshalden
	Thymus praecox subsp. *polytrichus*	steinige, sandige Böden
	Tortella tortuosa	

Im Gegensatz dazu dominieren in der Gruppe „b“ Kenn- oder Differenzialarten der Schneetälchen und Krummseggenrasen sowie Flechten der Zwergstrauchheiden. Diese Aufnahmen repräsentieren ein in der Entwicklung scheinbar bereits weiter fortgeschrittenes Sukzessionsstadium. Arten wie *Cladonia rangiferina, Soldanella pusilla, Gnaphalium supinum, Cladonia uncialis* sind auch am Aufbau von Assoziationen des Caricion curvulae (Loiseleurio-Caricetum curvulae, Hygrocaricetum curvulae) beteiligt.

Gruppe „b“:	*Avenochloa versicolor*	Kl.-KA Caricetea curvulae
	Carex curvula	Vb.-KA Caricetea curvulae
	Cladonia pleurota	humose bis steinige Böden mit Feinerdeauflage, Steinhäufen, sickerfeucht
	Cladonia rangiferina	Zwergstrauchheide
	Cladonia uncialis	Zwergstrauchheide
	Dicranum sp.	
	Diplophyllum taxifolium	
	Gnaphalium supinum	Kl.-KA Salicetea herbaceae
	Homogyne alpina	u.a. humose Lehmböden
	Leucanthemopsis alpina	Vb.-KA Caricion curvulae

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Gruppe „b“:	*Oreochloa disticha*	Ass.-KA Caricetum curvulae
	Polytrichum juniperinum	
	Polytrichum piliferum	trocken, sandig
	Racomitrium sudeticum	
	Rhododendron ferrugineum	humose Lehm- und Tonböden
	Soldanella pusilla	Kl.-KA Salicetea herbaceae
	Solorina crocea	Kl.-KA Salicetea herbaceae
	Vaccinium gaultherioides	Ass.-DA Loiseleurio-Caricetum curvulae
	Vaccinium myrtillus	Ass.-DA Loiseleurio-Caricetum curvulae

Ökologische Standortspräferenzen vorhandener Arten: (nach: Frahm & Frey 1992, Oberdorfer 1994, Wirth 1995)

Gruppe „a“

Arten auf Lehm- und Tonböden: *Baeomyces rufus, Campanula scheuchzeri, Cladonia cervicornis subsp. verticillata, Deschampsia caespitosa, Galium anisophyllum, Homogyne alpina, Juncus jacquinii, Juncus trifidus, Leontodon helveticus, Ligusticum mutellina, Luzula alpino-pilosa, Minuartia gerardii, Minuartia sedoides, Poa alpina, Potentilla aurea, Primula minima, Rhododendron ferrugineum, Saxifraga stellaris, Vaccinium myrtillus, Veronica alpina.*

Arten auf Stein- und Sandböden: *Caloplaca sinapisperma, Carex curvula, Cladonia coccifera, Cladonia furcata, Cladonia pleurota, Juncus jacquinii, Leontodon helveticus, Linaria alpina, Pohlia nutans, Psoroma hypnorum, Saxifraga moschata, Sempervivum montanum, Silene acaulis, Silene rupestris, Thymus praecox subsp. polytrichus.*

Arten an feuchte Standorte: *Bryum pallescens, Deschampsia caespitosa, Pohlia andalusica.*

Art an trockenen Standorten: *Polytrichum piliferum*.

Art auf offenen Böden: *Pohlia andalusica*.

Arten auf Schneeböden: *Anthelia juratzkana, Anthoxanthum alpinum, Cladonia macroceras, Cladonia macrophyllodes, Ligusticum mutellina, Luzula alpino-pilosa, Poa alpina, Psoroma hypnorum, Salix retusa, Stereocaulon alpinum, Veronica alpina*.

Pionierpflanzen: *Galium anisophyllum, Minuartia sedoides, Silene rupestris, Silene vulgaris.*

Arten an windexponierten Standorten: *Cladonia arbuscula, Cetraria cucullata, Cetraria islandica, Cladonia macroceras.*

Arten mit breiter ökologischen Amplitude: *Cladonia furcata, Cetraria islandica*.

Arten über Moosen und Pflanzenresten: *Caloplaca sinapisperma, Mycobilimbia hypnorum, Trapeliopsis granulosa.*

Gruppe „b“

Arten auf Lehm- und Tonböden: *Avenochloa versicolor, Baeomyces rufus, Campanula scheuchzeri, Gnaphalium supinum, Homogyne alpina, Juncus trifidus, Leontodon helveticus, Leucanthemopsis alpina, Ligusticum mutellina, Oreochloa disticha, Primula minima, Rhododendron ferrugineum, Soldanella pusilla, Vaccinium myrtillus.*

Arten auf Stein- und Sandböden: *Cardamine resedifolia, Carex curvula, Cladonia furcata, Cladonia pleurota, Huperzia selago, Leontodon helveticus, Phyteuma globulariifolium, Polytrichum piliferum, Psoroma hypnorum, Saxifraga moschata, Vaccinium uliginosum.*

Arten an feuchten Standorten: *Nardia scalaris, Pohlia andalusica.*

Arten auf trockenen Böden: *Polytrichum juniperinum, Polytrichum piliferum.*

Art auf offenen Böden: *Pohlia andalusica.*

Arten auf Schneeböden: *Anthelia juratzkana, Anthoxanthum alpinum, Cladonia macroceras, Cladonia macrophyllodes, Gnaphalium supinum, Leucanthemopsis alpina, Ligusticum mutellina, Psoroma hypnorum, Salix retusa, Soldanella pusilla, Solorina crocea.*

Arten an windexponierten Standorten: *Cetraria islandica, Cladonia arbuscula, Cladonia macroceras.*

Arten mit breiter ökologischen Amplitude: *Cetraria islandica, Cladonia furcata.*

Nach Grabherr (1993) fehlen dem Juncetum trifidi mit Ausnahme von *Juncus trifidus* eigene Charakterarten. Arten des Caricion curvulae sind assoziiert mit Arten der

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Androsacetalia alpinae, der Carici rupestris-Kobresietea, des Nardion und der Loiseleurio-Vaccinietea. Die Gesellschaft tritt immer nur kleinflächig, oft nur fragmentarisch auf, was neben dem Fehlen eigener Charakterarten eine hohe Heterogenität bedingt. Die Charakterart *Juncus trifidus* kann auf offenen, kryoturbaten Böden in Gratlagen, auf kalkfreien Sonderstandorten in den Kalkalpen, auf stabilisiertem Silikatschutt, auf exponierten Vorgipfeln des zentralen Alpenhauptkammes stark in Erscheinung treten und dann mehr oder weniger lückige Rasen bilden.

Tab. 6: Subalpine und alpine, basenarme Vegetationstypen auf den untersuchten Bergwerkshalden.
Subalpine and alpine base poor vegetation types on the investigated heaps.

	Veg.typen m. Quellflurcharakter						Veg.typen m. Arten d. Schneetälchen u. Quellfluren				Veg.typen am Übergang v. offener Vegetation zu alpinen Rasen					Veg.typen m. lückigen Rasen, dominiert v. Juncus trifidus										
fortlaufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Aufnahme-Nr.	21	32	24	36	40	55	61	58	59	60	29	22	23	26	25	33	31	30	37	34	38	27	28	39	62	201
charakt. Artengruppen der Veg.typen																										
Saxifraga stellaris	2a	2a	2a	2b	2a	2a	2a	2a	2a	1	1	+	+	+	2a	+	+									
Pohlia andalusica	+	2a	2a	2a	2a	r	2b						+	+		+			+	+			+			
Deschampsia cespitosa				2a	1	r	+			+					2a	2a			r							
Anthelia juratzkana							1	2a	2a	2a											1			+	+	
Juncus trifidus							+	+	2b	4				2b	1	2a	1	1	2a	2b			1	1	3	V
Pohlia drummondii								+		+																
Nardia scalaris								+	1																2a	
Helocarpon crassipes									+	+																
Silene acaulis											1	2a	2a	+	1				2a		2a					
Festuca pumila												1	+	+	+								1			
Cladonia chlorophaea				r								1	+		+		r						+			
Saxifraga moschata											+	r	+	r						+						
Minuartia sedoides											2b	3	3							1						
Desmatodon latifolius												+	+													
Sagina saginoides														+	r											
Cetraria islandica										+		+	+	+		1	2a	+			r	1	+	+	+	III
Campanula scheuchzeri					+									+	1	1	1	+	1	+	+		+	+		III
Leontodon helveticus																1		+	+			1	1	2a		III
Cladonia macrophyllodes																		1	+				r		+	
Cladonia arbuscula																+	1	+				1	+	+		
Stereocaulon alpinum				+					2a							1	+	+	1		+					
Silene rupestris				1												1	+	+		+						
Thymus praecox ssp.polytrichus																	+	+	1	1						
Silene vulgaris		2a															2a	+		2a						
Cladonia cervicornis ssp. verticillata																+	1									
Juncus jacquinii																	2a	1								
Sempervivum montanum																		1	2a	+						
Galium anisophyllum																		+	+	+	+					
Psoroma hypnorum												+						+	+		1	+				
Tortella tortuosa																		+	+		+					
Festuca varia																			1	1	+					
Minuartia gerardii										+									1		1					
Vaccinium myrtillus																1						2a	+	+		II
Polytrichum juniperinum																						+	+	+		
Dicranum sp.																						+	+	+		
Cladonia pleurota																+						1	+		+	
Primula minima													+								1	2a	2a		2a	V
Homogyne alpina																+						1	1	2a		
Cladonia rangiferina																						+		+		
Polytrichum piliferum																		1				1	1			
Cladonia uncialis										r												+	+			
Gnaphalium supinum																						+	+			
Avenochloa versicolor																						+	+			IV
Carex curvula													2a								+	2a	1			II
Oreochloa disticha																						2a	1			IV
Solorina crocea																							1	+		
Soldanella pusilla																							+	+	+	
Racomitrium sudeticum																								1	+	
Diplophyllum taxifolium										+														+	+	
Vaccinium gaultheroides																								+	+	II
Rhododendron ferrugineum																					1			3	2a	I

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 6: Fortsetzung

fortlaufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Aufnahme-Nr.	21	32	24	36	40	55	61	58	59	60	29	22	23	26	25	33	31	30	37	34	38	27	28	39	62	201
weitere Begleiter																										
Tanacetum alpinum														+	+							1	+		+	
Potentilla aurea																	1	2a								I
Luzula alpino-pilosa							+			2a				1	2a								1		+	I
Thamnolia vermicularis									+																	III
Thamnolia verm. var. subuliformis											1	+	+										r			
Thamnolia verm. var. vermicularis																					+					
Flavocetraria cucullata											1	+											+			II
Alectoria ochroleuca											+												+			I
Racomitrium heterostichum agg.														2a	1	1	1					+				
Veronica alpina														1	+	+										
Poa alpina														+	2a	r	r	+	+							
Cladonia pyxidata									+					1					+		+	+	r			
Pohlia sp.									1					1	2a							+	+			
Baeomyces rufus									+	r		+	+						r				+		r	
Cladonia macroceras										+		+				1	+				+	+	+	+	r	
Phyteuma globulariifolium												1	+		1							+	1			
Euphrasia sp.																		+					+			
Ligusticum mutellina					2a														+					+		
Linaria alpina			+								+				+				+		+					
Bryum pallescens				+									+					+			+					
Scapania sp.					1		+								+											
Anthoxanthum alpinum														+			r	+						+	+	
Mycobilimbia hypnorum										+			r						+							
Cladonia coccifera													+								r	+				
Cladonia furcata																	r							r		
Lepraria sp.												+									r					
Cerastium uniflorum			2a												1											
Cardamine resedifolia					+														+							
Trapeliopsis granulosa				+												+										
Pohlia nutans			+													+										
Caloplaca sinapisperma		+																r								
Hylocomium splendens																								+		
Lecidea limosa									1																1	
Huperzia selago										1														r		
Polyblastia terrestris												+									+					
Tortella bambergeri													+					+								
Ochrolechia inaequatula											+												+			
Bryum capillare agg.															+	+										
Salix retusa																					2b			1		

Arten, die in nur einer oder zwei Aufnahmen vorkommen (geordnet nach Gelände-Aufnahmenummern):

21: *Bryum* sp. (M) 1, *Jungermannia obovata* (M) +, *Jungermannia* sp. (M) 1, *Oligotrichum hercynicum* (M) 2a, *Pohlia elongata* (M) +. 22: *Bryonora castanea* (F) +, *Caloplaca cerina* var. *muscorum* (F) +, *Cephaloziella* sp. (M) r, *Vulpicida tubulosus* (F) r *Epilichen scabrosus* (F) auf *Baeomyces rufus* +, *Lepraria* sp. (F) +, *Polyblastia terrestris* (F) +. 23: *Arenaria ciliata* +, *Tortella bambergeri* (M) +. 24: *Cerastium uniflorum* 2°, *Pohlia nutans* (M) +. 25: *Cerastium uniflorum* 1, *Ochrolechia inaequatula* (F) +, *Sanionia uncinata* (M) +. 26: *Brachythecium* sp. +, *Sedum alpestre* +, *Sedum atratum* +, *Trifolium pratense* 1, *Trifolium badium* +. 27: *Euphrasia picta* +, *Distichium capillaceum* (M) r, *Tortella fragilis* (M) +, *Veronica aphylla* +, *Androsace obtusifolia* r. 28: *Dibaeis baeomyces* (F) 1, *Dicranoweisia crispula* (M) +, *Lecidoma demissum* (F) +, *Rhagadostoma lichenicola* (+) auf *Solorina crocea*, *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* +. 29: *Micarea lignaria* (F) r, *Ochrolechia inaequatula* (F). 30: *Caloplaca sinapisperma* (F) r, *Campanula barbata* 1, *Racomitrium elongatum* (M) 2a, *Tortella bambergeri* (M) +, *Weisia* sp. (M) +, *Gentiana acaulis* r, *Thesium alpinum* r. 31: *Cladonia furcata* (F) r. 32: *Biatora subduplex* (F) +. 33: *Brachythecium reflexum* (M) +, *Bryum capillare* agg. (M) +, *Caloplaca sinapisperma* (F) +, *Lophozia excisa* (M) +, *Lophozia wenzelii* (M) +, *Placynthiella icmalea* (F) +, *Pohlia nutans* (M) +, *Trapeliopsis granulosa* (F) +. 36: *Trapeliopsis granulosa* (F) +. 37: *Cardamine resedifolia* +. 38: *Isopaches decolorans* (M) r, *Juncus effusus* 1, *Jungermannia polaris* (M) +, *Lepraria* sp. (F) r, *Myurella julacea* (M) +, *Plagiochila porelloides* (M) +, *Polyblastia terrestris* (F) +, *Salix retusa* 2b, *Saxifraga paniculata* 1, *Solorina bispora* (F) +. 39: *Avenella flexuosa* 1, *Cladonia furcata* (F) r, *Dicranum scoparium* (M) +, *Huperzia selago* r, *Hylocomium splendens* (M) +, *Jamesoniella autumnalis* (M) +, *Rhagadostoma lichenicola* (r) auf *Solorina crocea* , *Rhytidiadelphus triquetrus* (M) +, *Salix* retusa 1, Thelocarpon epibolum (F) auf *Solorina crocea* r. 40: *Cardamine resedifolia* +. 59: *Protomicarea*

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

limosa (F) 1. 60: *Huperzia selago* 1, *Mycobilimbia hypnorum* (F) +. 62: *Arthrorhaphis citrinella* (F) r, *Protomicarea limosa* (F) 1, *Leontodon montanus* 2a, *Moerckia blyttii* (M) +, *Persicaria vivipara* +.
Literaturquelle der Vergleichsaufnahme: 201: Schittengruber (1961). Tab.11 – Juncetum trifidi.

Kopfdaten aus der Vegetationstabelle „Basenarme Vegetationstypen“:
Die Angaben aus dem Tabellenkopf sind in folgender Reihenfolge angegeben: Fortlaufende Nummer/Aufnahme-Nr., Bergbaugebiet, Halde, Datum, Seehöhe[m], Exposition, Neigung [°], Fläche [m²], Deckung-Krautschicht [%], Deckung-Kryptogamen [%], Gesamtdeckung [%], Datenzahl, Artenzahl.

1/21, Walchengraben, W3, 08.07.1998, 1500 m, W, 30°, 10 m², 15%, 25%, 40%, 7, 7.
2/32, Seekar, S4, 04.08.1998, 1980 m, NE, 20°, 1 m², 21%, 14%, 35%, 5, 5.
3/24, Seekar, S1, 04.08.1998, 2140 m, E, 20°, 1 m², 16%, 1%, 17%, 5, 5.
4/36, Seekar, S6, 04.08.1998, 1860 m, E, 25°, 1 m², 33%, 7%, 40%, 8, 8.
5/40, Mittlere Giglerbaue, MG2, 06.08.1998, 1900 m, W, 20°, 1 m², 27%, 15%, 40%, 7, 7.
6/55, Zinkwand, Z1, 07.08.1998, 2220 m, NNW, 35°, 1 m², 15%, 0%, 15%, 3, 3.
7/61, Untere Giglerbaue, UG1, 20.08.1998, 2090 m, NW, 20°, 1 m², 8%, 25, 30%, 7, 7.
8/58, Krahbergzinken, K1, 17.08.1998, 1950 m, NNW, 20°, 1 m², 57%, 7%, 60%, 6, 6.
9/59, Krahbergzinken, K1, 17.08.1998, 1950 m, NNW, 15°, 1 m², 32%, 24%, 45%, 11, 11.
10/60, Untere Giglerbaue, UG1, 20.08.1998, 2090 m, NW, 25°, 1 m², 73%, 20%, 90%, 15, 15.
11/29, Seekar, S3, 04.08.1998, 2160 m, NE, 30°, 1 m², 32%, 7%, 39%, 10, 10.
12/22, Seekar, S1, 04.08.1998, 2160 m, E, 15°, 1 m², 50%, 7%, 60%, 21, 21.
13/23, Seekar, S1, 04.08.1998, 2140 m, E, 15°, 1 m², 43%, 3%, 46%, 19, 19.
14/26, Seekar, S1, 04.08.1998, 2140 m, E, 15°, 1 m², 34%, 12%, 46%, 22, 22.
15/25, Seekar, S1, 04.08.1998, 2140 m, E, 15°, 1 m², 54%, 10%, 61%, 20, 20.
16/33, Seekar, S5, 04.08.1998, 1940 m, NE, 5°, 1 m², 27%, 17%, 47%, 25, 25.
17/31, Seekar, S4, 04.08.1998, 1980 m, NE, 20°, 1 m², 43%, 25%, 65%, 18, 18.
18/30, Seekar, S4, 04.08.1998, 1980 m, NE, 15°, 1 m², 37%, 18%, 55%, 28, 28.
19/37, Mittlere Giglerbaue, MG1, 06.08.1998, 1900 m, WSW, 30°, 1 m², 46%, 13%, 58%, 22, 22.
20/34, Seekar, S6, 04.08.1998, 1900 m, S, 25°, 1 m², 31%, 1%, 32%, 11, 11.
21/38, Mittlere Giglerbaue, MG1, 06.08.1998, 1900 m, W, 25°, 1 m², 55%, 17%, 72%, 29, 29.
22/27, Seekar, S2, 04.08.1998, 2140 m, NE, 20°, 1 m², 40%, 25%, 65%, 29, 29.
23/28, Seekar, S2, 04.08.1998, 2140 m, NE, 20°, 1 m², 40%, 20%, 60%, 41, 40.
24/39, Mittlere Giglerbaue, MG1, 06.08.1998, 1900 m, W, 25°, 4 m², 95%, 11%, 100%, 30, 30.
25/62, Untere Giglerbaue, UG2, 20.08.1998, 2140 m, W, 25°, 1 m², 75%, 16%, 85%, 22, 22.

Probleme bei der soziologischen Eingliederung

Nach einem Vergleich der eigenen Aufnahmen mit solchen in einer vegetationskundlichen Studie von Heiselmayer (1982), durchgeführt in den Radstädter Tauern, wäre eine Eingliederung der drei Vegetationstypen („mit Arten der Schneetälchen und Quellfluren“, „Übergang von offener Vegetation zu alpinen Rasen“, „lückigen Rasen“) in die Assoziation Luzuletum spadiceae ebenfalls möglich. Allerdings kommt die einzige Charakterart dieser Gesellschaft, *Luzula alpino-pilosa*, in diesem Aufnahmenblock mit einer geringeren Stetigkeit als *Juncus trifidus* vor.

Das Luzuletum spadiceae ist nach Englisch (1993) eine Initial- und Dauergesellschaft der alpinen Felsschuttböden und entwickelt sich auf skelettreichen Rohböden. Es scheint streng an basenarme Gesteine gebunden zu sein und tritt nur in den kristallinen Ketten des Alpenraumes und der Karpaten auf. Die Gesellschaft strahlt nur selten in die Schiefer-Gebiete der nördlichen bzw. südlichen Kalkalpen aus. Auf reinen Kalken fehlt sie völlig. Die Wasserzügigkeit des Standortes ist für die Gesellschaft ein wesentlicher Faktor. Die Begleitpflanzen wechseln je nach Bodenbeschaffenheit und umgebenden Beständen, sodass das Luzuletum spadiceae mehr oder weniger mit Elementen des Androsacion, der Krummseggen- oder Silikat-Horstseggenrasen angereichert sein kann. Alpine Rasenarten dringen erst bei fortgeschrittener Vegetationsentwicklung ein.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

4.2.3.5 Vegetationstypen mit dem Charakter von Karbonatschutthalden bzw. Vegetation über Kalkschiefer

Die hier zusammengefassten Aufnahmen können von den als „Basenarme" Vegetationstypen hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung deutlich abgegrenzt werden. Die Werte der mittleren Reaktionszahlen liegen über jenen der übrigen Aufnahmen, worauf sich auch die Bezeichnung „Basenreich" begründet. Hinsichtlich ihrer Artengarnitur zeigen diese Aufnahmen Ähnlichkeiten mit jenen, die in Punz & Mucina (1997) unter der Bezeichnung *Linaria alpina-Cerastium uniflorum*-Gesellschaft (Androsacion alpinae, Thlaspietea rotundifolii) zusammengefasst sind. Diese Gesellschaft wurde von den Autoren nach Untersuchungen bei St. Martin am Schneeberg (Stubaier Alpen) ohne Angaben von Kenn- und Differenzialarten definiert.

In diesem Vegetationstyp sind folgende, für die *Linaria alpina-Cerastium uniflorum*-Gesellschaft charakteristischen Arten enthalten:

Linaria alpina
Minuartia gerardii
Cerastium uniflorum
Juncus trifidus
Saxifraga oppositifolia

Aus verschiedenen Literaturquellen (u.a. Friedrich 1933a, Friedrich 1969, Redlich 1911) geht hervor, dass in den Erzlagerstätten häufig Kalkgestein (Ankerit, Fehaltiger Dolomit) als Gangart auftritt. Damit kann der für die Zentralalpen abseits von lokalen Marmorvorkommen ungewöhnlich hohe Kalkgehalt (siehe Reaktionszahlen bzw. „Kalkzeigerpflanzen") erklärt werden. Diese Verhältnisse machen sich auch im Auftreten mehrerer Elemente der Arabietalia caeruleae (Kalk-Schneeböden) bemerkbar:

Saxifraga aizoides
Salix retusa
Saxifraga androsacea
Saxifraga stellaris

Ein Teil der Aufnahmen dieses Blocks zeichnen sich darüber hinaus durch Arten der Thlaspietalia rotundifolii (Subalpin/Alpine Karbonatschuttfluren) aus:

Hutchinsia alpina subsp. *brevicaulis*
Sedum atratum
Saxifraga moschata
Persicaria vivipara
Silene acaulis
Veronica alpina

Ökologische Standortspräferenzen vorhandener Arten: (nach: Frahm & Frey 1992, Oberdorfer 1994, Wirth 1995)

Arten über Lehm- und Tonböden: *Deschampsia caespitosa, Euphrasia picta, Galium anisophyllum, Juncus jacquinii, Juncus trifidus, Jungermannia obovata, Luzula alpino-pilosa, Minuartia gerardii, Persicaria vivipara, Salix herbacea, Sedum atratum, Veronica alpina.*

Arten über Sand- und Steinböden: *Arabis alpina, Cardamine resedifolia, Cerastium uniflorum, Galium anisophyllum, Hutchinsia alpina* subsp. *brevicaulis, Juncus jacquinii, Linaria alpina, Minuartia gerardii, Persicaria vivipara, Saxifraga aizoides, Saxifraga androsacea, Saxifraga moschata, Saxifraga oppositifolia, Saxifraga stellaris, Silene acaulis.*

Arten auf Schneeböden: *Anthelia juratzkana, Luzula alpino-pilosa, Salix herbacea, Salix retusa, Saxifraga androsacea, Veronica alpina.*

Arten an feuchten Standorten: *Bryum pallescens, Deschampsia caespitosa, Distichium capillaceum, Euphrasia picta, Juncus jacquinii, Pohlia andalusica, Preissia quadrata, Saxifraga stellaris.*

Pionierpflanzen: *Galium anisophyllum, Silene acaulis, Silene vulgaris.*

Arten über Moosen: *Cladonia pocillum.*

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 7: Subalpine und alpine, basenreiche Vegetationstypen auf den untersuchten Bergwerkshalden. Vegetation mit dem Charakter von Karbonatschutthalden-Gesellschaften bzw. Vegetation über Kalkschiefer
Subalpine and alpine, base rich vegetation types on the investigated heaps. Vegetation with the characteristics of communities on limestone screes.

fortlaufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aufnahme-Nr.	42	45	46	43	48	49	47	50	44	41	57	56	53	54	51	52
Arten d. Linaria alpina-Cerastium uniflorum-Gesellschaft																
Linaria alpina	+	+	1	+	+	2a	+	+	+		+				+	
Minuartia gerardii	+	1	+	+		1	1	1	2a							
Cerastium uniflorum					1	1		1								
Juncus trifidus					+					r					r	r
Saxifraga oppositifolia		+									+	+	2a	2b		1
O.-KA/DA-Arabidetalia caerulea																
Saxifraga aizoides	+	1		+	+				+	1	2a	1	1		2a	2a
Salix retusa	2b	2a	3				1	2a								
Saxifraga androsacea							+				1	1	1	+	2a	2a
O./Vb.-KA/DA - Thlaspietalia rotundifolii / Thlaspion rotundifolii																
Hutchinsia alpina subsp.brevicaulis				3	1											
Sedum atratum		+	r	+												
Saxifraga moschata		r			+	+										
Persicaria vivipara	+	+	2m	+												
Silene acaulis	+	1	2a	1			2b									
Veronica alpina					+						1					
Arabis alpina																+
Silene vulgaris							+									
Galium anisophyllum										+						
Begleiter																
Euphrasia picta		+	1	+												
Pohlia andalusica			+	r				2a								
Salix herbacea				2a				1	1							
Cladonia pyxidata				r			r			r						
Saxifraga stellaris							+	1			+		+	+	+	1
Juncus jacquinii											+	+		1		
Jungermannia obovata													2a	2a		
Cardamine resedifolia			r							r						
Silene pusilla		2a			r											
Preissia quadrata					+		+				1	r		+	+	
Distichium capillaceum										+	2a	2a				
Bryum pallescens					+					+					+	+
Cladonia pyxidata subsp. pocillum	+	+									+					
Deschampsia cespitosa					+						+				+	
Luzula alpino-pilosa								+							r	1
Anthelia juratzkana								1			1					
Pohlia sp.						+										+

Arten, die in nur einer Aunahme vorkommen (geordnet nach Gelände-Aufnahmenummern):

41: *Asplenium viride* +, *Bryoerythrophyllum rubrum* (M) +, *Cystopteris fragilis* +, *Mnium* sp. (M) +, *Scapania aequiloba* (M) +, *Tortula norvegica* (M) +, *Peltigera sp.* (F) r. 42: *Biatora subduplex* (F) +, *Peltigera rufescens* (F) +, *Racomitrium canescens* (M) +. 45: *Moehringia* sp. +. 47: *Salix reticulata* 1. 48: *Pohlia wahlenbergii* (M) r. 49: *Bryum flaccidum* (M) +. 50: *Bryum pallens* (M) +. 52: *Myosotis alpestris* r. 56: *Hypnum* sp. (M) +.

Kopfdaten aus der Vegetationstabelle „Basenreiche Vegetationstypen“
Die Angaben aus dem Tabellenkopf sind in folgender Reihenfolge angegeben: Fortlaufende Nummer/Aufnahme-Nr., Bergbaugebiet, Halde, Datum, Seehöhe[m]:, Exposition,

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Neigung [°], Fläche [m²], Deckung-Krautschicht [%], Deckung-Kryptogamen [%], Gesamtdeckung [%], Datenzahl, Artenzahl.

1/42, Obere Giglerbaue, OG1, 06.08.1998, 204m, NE, 10°, 1 m², 36%, 12%, 46%, 18, 18.
2/45, Obere Giglerbaue, OG2, 06.08.1998, 205m, ENE, 15°, 1 m², 42%, 1%, 43%, 12, 12.
3/46, Obere Giglerbaue, OG2, 06.08.1998, 205 m, SE, 15°, 1 m², 50%, 2%, 51%, 10, 10.
4/43, Obere Giglerbaue, OG1, 06.08.1998, 204 m, ESE, 15°, 1 m², 25%, <1%, 25%, 12, 12.
5/48, Obere Giglerbaue, OG3, 06.08.1998, 200 m, NW, 15°, 1 m², 10%, <1%, 10%, 13, 13.
6/49, Obere Giglerbaue, OG3, 06.08.1998, 200 m, NW, 20°, 1 m², 12%, 1%, 13%, 6, 6.
7/47, Obere Giglerbaue, OG3, 06.08.1998, 200 m, NW, 15°, 1 m², 30%, 1%, 30%, 10, 10.
8/50, Obere Giglerbaue, OG3, 06.08.1998, 200 m, NW, 15°, 1 m², 26%, 18%, 425, 11, 11.
9/44, Obere Giglerbaue, OG1, 06.08.1998, 204 m, ENE, 25°, 1 m², 11%, 0%, 11%, 5, 5.
10/41, Mittlere Giglerbaue, MG2, 06.08.1998, 190 m, WSW, 10°, 1 m², 7%, 8%, 13%, 15, 15.
11/57, Zinkwand, Z1, 07.08.1998, 222 m, NE, 30°, 1 m², 22%, 15%, 35%, 13, 13.
12/56, Zinkwand, Z1, 07.08.1998, 222 m, NNE, 30°, 1 m², 7%, 26%, 33%, 7, 7.
13/53, Zinkwand, Z1, 07.08.1998, 222 m, NE, 30°, 1 m², 14, 8%, 20%, 5, 5.
14/54, Zinkwand, Z1, 07.08.1998, 222 m, NE, 30°, 1 m², 23, 16%, 35%, 7, 7.
15/51, Zinkwand, Z1, 07.08.1998, 222 m, NE, 35°, 1 m², 25, <1%, 25%, 9, 9.
16/52, Zinkwand, Z1, 07.08.1998, 222 m, NE, 30°, 1 m², 33, 2%, 35%, 11, 11.

5. Diskussion

Aus der Aufarbeitung des auf den untersuchten Bergbauhalden gesammelten Datenmaterials geht hervor, dass die Verhältnisse an den verschiedenen Standorten mehr oder weniger stark voneinander abweichen. Es liegen unterschiedliche Stadien der Besiedelung freier Schuttflächen in Abhängigkeit von zahlreichen Standortsfaktoren, wie zum Beispiel Ausgangsmaterial des Gesteins, Verwitterungsgrad, Wasserhaushalt und pH-Wert des Bodens vor. Auch der Einfluss, den die umgebende Vegetation auf die Vegetationszusammensetzung der schwermetallhaltigen Böden ausübt, wie das auch bereits von Schubert (1953) für Bergbauhalden des östlichen Harzvorlandes betont wird, darf nicht unterschätzt werden. Ein Vergleich der Schwermetallanalyse-Ergebnisse von Mischproben einiger der untersuchten Halden zeigt starke Variabilität hinsichtlich der Konzentrationen der einzelnen Elemente. Bemerkenswert sind die Ergebnisse der Oberen Giglerbaue, deren Bodenproben sowohl hohe Kupfer- wie auch Zink-, Arsen- und Cadmiumgehalte aufweisen. Direkte Zusammenhänge zwischen Schwermetallbelastung des Bodens und Vegetationsentwicklung sind aufgrund der zahlreichen weiteren Umweltfaktoren, die neben der Schwermetallkonzentration auf die Vegetation an den Haldenstandorten einwirken, nicht erkennbar.

Ein Großteil der erstellten Aufnahmen zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Begleitarten ohne syntaxonomisch-diagnostischen Wert aus. Für eine konkrete Ansprache von soziologischen Einheiten fehlen in den meisten Fällen entsprechende Kenn- und Differenzialarten. Das Arteninventar mach einen höchst heterogen Eindruck, die Aufnahmen sind großteils arm an Gefäßpflanzen und reich an Flechten und Moosen.

Auf fragmentarische und von Standort zu Standort variable Vegetationsausprägungen auf Bergbauhalden wird bereits in der Literatur mehrfach hingewiesen. So stellen beispielsweise Punz & Engenhart (1988) für die Blei-Zink-Halden im Raum Mariazell fest, dass die erhobene Artengarnitur zum überwiegenden Teil für Fels-, Stein- und Schuttfluren bzw. -rasen charakteristisch ist. Die Beobachtungen veranlassen die Autoren zu der Schlussfolgerung, dass aufgrund des Mangels an Charakterarten eine Einordnung in die Gruppe der Schwermetallgesellschaften nicht möglich ist. Sie vermuten außerdem, dass es auf kleinräumigen, nur mäßig belasteten Standorten eher zu einer (stressbedingten) Verschiebung des Artenspektrums einer „natürlichen" Gesellschaft als zur Etablierung „echter" Schwermetallgesellschaften kommt. Für den Bereich der Niedere Tauern vermuten Punz & Engenhart (1990), dass die Vegetation auf Blei-Zink-Halden negativ durch das Ausfallen von Arten charakterisiert ist, wobei einerseits Pflanzen, welche der

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

ökologischen Standortscharakteristik (Silikatfugengesellschaften) entsprechen, andererseits Arten mit der Potenz zum Ertragen von Schwermetallstress (bzw. der Fähigkeit zur Ausbildung schwermetallresistenter Rassen) bevorzugt vorkommen.

Die Beobachtungen, die Dierssen (1984) bezüglich der Bodenverhältnisse von Schneeböden in Skandinavien macht, decken sich zum Teil mit den eigenen Beobachtungen auf Abraumhalden der Hochlagen in den Ostalpen. Während die erhöhte Bodenfeuchtigkeit ein allgemeines Merkmal der Schuttflur-Gesellschaften im Norden ist, scheint sie auf den alpinen Abraumhalden eher ein lokales Phänomen zu sein, das möglicherweise durch einen Wasseraustritt aus den Stollen, die oft in unmittelbarer Nähe der Halden zu finden sind, verursacht wird. Weitere Beziehungen zu den skandinavischen Schneeböden bestehen durch das auf den alpinen Bergbauhalden großteils noch nicht verfestigte, sich noch in Bewegung befindliche Material, das eine ähnliche Wirkung auf die Vegetationsentwicklung haben könnte wie die Solifluktionsbewegungen und häufigen Auffriervorgänge in den skandinavischen Gebirgen. Das kombinierten Auftreten dieser ökologischen Rahmenbedingungen (Bodenfeuchtigkeit, Materialbewegung) ist eine mögliche Erklärung für das gemeinsame Vorkommen von Elementen aus Thlaspietea rotundifolii- und Salicetea herbaceae-Gesellschaften in diesen Aufnahmen.

Für eine ökologische Betrachtung der untersuchten Standorte werden in Fig. 17 die mittleren Zeigerwerte der Einheiten „Basenarme Reihe“ und „Basenreiche Reihe“ gegenübergestellt. Die unterschiedlichen Standortsbedingungen werden besonders durch die Reaktions-, Stickstoff- und Kontinentalitätszahlen verdeutlicht.

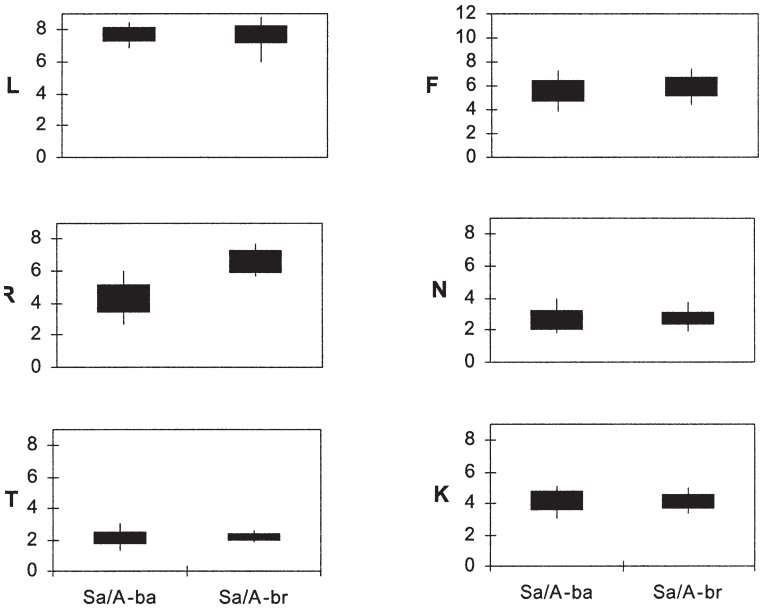

Fig. 17: Vergleich der mittleren Ellenberg-Zeigerwerte der ausgewiesenen Einheiten.
Die schwarze Box stellt Mittelwert und Standardabweichung dar. Die aufgesetzte senkrechte Linie markiert jeweils die Abweichung des absoluten Maximum- bzw. Minimumwertes. Abszisse: Ba basenarme Vegetationstypen, Br basenreiche Vegetationstypen. Ordinate: L Lichtzahl, F Feuchtezahl, R Reaktionszahl, T Temperaturzahl, K Kontinentalitätszahl.
Comparision of the mean indicator values among the elaborated entities.
The black boxes depict the average and standard deviation. The vertical lines mark the deviation of the absolute maximum or the minimum values. Axis of abscissae: Ba base poor vegetation types, Br base rich vegetation types. Axis of ordinates: L light, F humidity, R acidity, N nitrogen, T temperature, K continentality.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Die Verwendung der mittleren Zeigerwerte der behandelten Einheiten geschah im Bewusstsein, dass die Berechnungen von Mittelwerten und Standardabweichungen bei Zeigerwerten streng statistisch nicht zulässig sind. Da in diesem Kontext ausschließlich die ökologischen Unterschiede der Standorte verdeutlicht werden sollen, wurde dennoch auf diese Art der Darstellung zurückgegriffen.

- Anhand der Auflistung von Arten mit ihren ökologischen Ansprüchen basierend auf den Angaben aus Oberdorfer (1994), Frahm & Frey (1992) und Wirth (1995) können Aussagen über einige Standortsfaktoren, insbesondere Bodenbeschaffenheit und Nährstoffhaushalt getroffen werden.
- Allerdings ist es kaum möglich, anhand der Standortspräferenzen der Arten zwischen den ausgeschiedenen Einheiten zu differenzieren. Sie zeichnen sich durchwegs durch eine Dominanz von Arten über Stein- und Sandböden gegenüber jenen über Ton- und Lehmböden aus. Die Vegetationstypen am „Übergang von offener Vegetation zu alpinen Rasen“ sowie die der „lückigen Rasen, dominiert von *Juncus trifidus“,* fallen durch den großen Anteil an Arten der Schneeböden und windexponierten Standorte auf. In den lückigen Rasen liefern die Vorkommen von *Polytrichum piliferum* und *Polytrichum juniperinum* und die geringe Anzahl an feuchtigkeitsliebenden Arten Hinweise auf die im Vergleich zu den übrigen subalpinen und alpinen Vegetationstypen trockeneren Bedingungen.
- Ein Vergleich der Familienspektren (siehe Fig. 15 und Fig. 16) ergibt folgende Reihung der fünf häufigsten Gefäßpflanzen-Familien nach dem prozentuellen Anteil aller Artnennungen:

  Ba Poaceae (15,6%), Caryophyllaceae (13,1%), Juncaceae (10,6%) Saxifragaceae (10,6%), Asteraceae (9,2%).

  Br Saxifragaceae (32,4%), Caryophyllaceae (19%), Scrophulariaceae (15,2%), Juncaceae (9,5%).

Das Auftreten von Arten der Familien der Caryophyllaceae und Poaceae im Spitzenfeld der Liste wird bereits von Punz (1992) und Punz & al. (1994) betont. Nach Ansicht von Punz & Orasche (1995) liegt das massive Vorkommen von Vertretern der Caryophyllaceae in ihrer Fähigkeit, die zellintere Kationenkonzentration, meist über die Bildung von Oxalat, niedrig zu halten begründet. Die Poaceae zeigen hingegen Exkluder-Eigenschaften, besitzen somit die Fähigkeit, Schwermetallkonzentrationen im Spross trotz hoher Gehalte im Boden weitgehend konstant und niedrig zu halten.

- Eine Gegenüberstellung des Anteils von Gefäßpflanzenarten und jenem der Flechten- und Moosarten verdeutlicht die Unterschiede zwischen den Einheiten. Während in den subalpin/alpin-basenarmen Aufnahmen die Flechten und Moose mit einem Prozentsatz von 30 bis 86% vertreten sind, ist ihr Anteil in den basenreichen Aufnahmen mit 0 bis 60% deutlich geringer (Fig. 16). Das widerspricht scheinbar der häufigen Feldbeobachtung, dass Rasen über Karbonat relativ reich an terricolen und detritusbewohnenden Flechten sind, was allerdings nur für *Carex firma* reiche Vegetationstypen wirklich zutrifft. Vegetationstypen mit Anklängen an natürliche Karbonatschutthalden sind jedenfalls nicht auffällig flechtenreich. Ein beträchtlicher Anteil des Reichtums an Kryptogamen der untersuchten basenarmen Vegetationstypen geht zudem auf Arten zurück, die in der Regel in der natürlichen Vegetationsdecke der unmittelbaren Umgebung in großer Menge vorhanden sind, so viele der Makroflechten aus den Gattungen *Cladonia*, *Cetraria*, *Flavocetraria* und *Thamnolia*.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

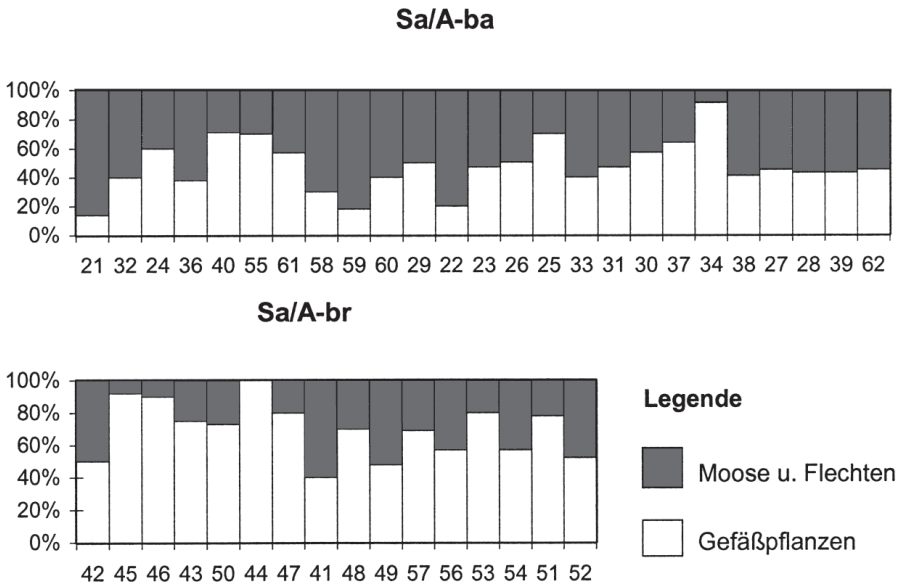

Fig. 18: Prozentanteile von Moose und Flechten sowie Gefäßpflanzen. Abszisse: Aufnahmenummern. Ordinate: Prozentanteil der Arten an der Gesamtartenvielfalt der jeweiligen Aufnahme. Percentages of bryophytes and lichens as well as vascular plants. Axis of abscissae: numbers of releves. Axis of ordinates: percentage of species from total species diversity in a certain releve.

- Die häufigste Bodenmoose in den beiden Vegetationstypenreihen

In den Aufnahmen sind ausschließlich bodenbewohnende Moose berücksichtigt. Arten auf Gesteinen und Steinplatten fehlen, da diese aus den Aufnahmeflächen ausgespart wurden.

Ba *Pohlia andalusica, Anthelia juratzkana, Pohlia* sp., *Racomitrium heterostichum, Nardia scalaris, Polytrichum piliferum, Bryum pallescens*.

Br *Preissia quadrata, Bryum pallescens, Pohlia andalusica, Distichium capillaceum*.

Die Moose *Tortella tortuosa, Bryum caespiticium* und *Cephaloziella starkei*, welche Punz & Orasche (1995) als besonders häufig für Galmeistandorten (Pb-Zn) angeben, sind im Arteninventar dieser Arbeit zwar gefunden worden, hier allerdings recht selten.

„Kupfermoose", wie sie von Zechmeister & Punz (1990) angeführt werden, wie z.B. *Mielichhoferia mielichhoferi*, *Mielichhoferia elongata*, *Scopelophila ligulata* und *Grimmia atrata*, konnten auf den untersuchten Halden nicht nachgewiesen werden. Allerdings sind die Vorkommen dieser Arten an feuchte Felsspalten und an Felsflächen schwermetallhältiger Silikatfelsen gebunden. Das Fehlen dieser sonst so typischen Moose für schwermetallbelastete Standorte in den Vegetationsaufnahmen lässt sich damit erklären, dass die Kryptogamengesellschaften auf kompaktem Fels nicht Gegenstand der Untersuchungen waren.

- Die häufigsten Flechten in den beiden Vegetationstypenreihen

In den Aufnahmen sind nur boden- und detritusbewohnende Flechten berücksichtigt. Gesteine und Steinplatten wurden nicht in die Aufnahmefläche einbezogen.

Ba *Baeomyces rufus, Cetraria islandica, Cladonia arbuscula, Cladonia pyxidata, Cladonia chlorophaea, Cladonia macroceras, Stereocaulon alpinum, Thamnolia vermicularis.*

Br *Cladonia pocillum, Cladona pyxidata*.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Unter den Flechten müssen *Stereocaulon alpinum* und die Gattung *Cladonia*, die in den eigenen Aufnahmen mit mehreren Arten auftritt, erwähnt werden, welche auch von Punz & Orasche (1995) häufig auf Kupfer– und Galmeistandorten gefunden wurden. Es handelt sich dabei aber um keine typischen Schwermetallflechten.

- Neben jenen Arbeiten, die das Thema Vegetation auf Bergbauhalden bzw. „Schwermetallvegetation" von der floristischen bzw. soziologischen Seite her betrachten, um Schwermetallgesellschaften für den Alpenraum zu definieren, liegt ein weiterer Schwerpunkt vieler Untersuchungen auf Schwermetallanalysen von ausgewählten Pflanzen und ihrem Substrat.

In der nachstehenden Übersicht sind jene Arten eigener Vegetationsaufnahmen zusammengestellt, von denen ökologische bzw. physiologische Angaben in Bezug auf Schwermetallstandorte oder Schwermetallresistenz gefunden wurden, und welche auch in den Vegetationsaufnahmen dieser Arbeit vorkommen:

Linaria alpina: Vorkommen in „Ba" und „Br"

Punz & Koerber-Ulrich (1993) geben an, dass *Linaria alpina* als Pionier auf extremen alpinen Schwermetallstandorten vorkommt, andererseits ihre protoplasmatische Resistenz demgegenüber (Pb/Zn/Ag bzw. Cu/Ag) sehr gering ist, was mit ihrem Exkluder-Verhalten erklärt werden kann.

Minuartia gerardii: Vorkommen in „Ba" und „Br"

An den untersuchten, stark belasteten Standorten kann bei *Minuartia gerardii* erhöhte Zinkresistenz nachgewiesen werden. Die Art gilt als Zink-Akkumulator, Punz & Koerber-Ulrich (1993)

Saxifraga aizoides: Vorkommen in „Br"

Nach Punz & Koerber-Ulrich (1993) besiedelt *Saxifraga aizoides* schwach Cubeeinflusste nasse Standorte und weist eine niedrige Kupfer- und eine unerwartet hohe Zinktoleranz auf.

Saxifraga stellaris: Vorkommen in „Ba" und „Br"

Die Pflanze wird als Pionier bei der Besiedelung von feuchten bis nassen, extrem Cubelasteten Böden (bis 9500 ppm Cu) beschrieben. Punz & Koerber-Ulrich (1993) geben an, dass der Quellsteinbrech auch auf den trockenen Schutthalden der Tofernalm (Großarltal, Salzburg) bei einem Bodenkupfergehalt bis 3200 ppm wächst. Nach Sissolak (1985) wächst *Saxifraga stellaris* auf den stark belasteten, mit Wasser überrieselten Abraumhalden der „Schwarzwand" besonders gut, zeigt hingegen auf den weniger belasteten, aber trockenen Halden der „Tofereralm" Zwergwuchs.

Silene rupestris: Vorkommen in „Ba"

Punz & Koerber-Ulrich (1993) erwähnen, dass für *Silene rupestris* an stark belasteten Zinkstandorten eine deutlich erhöhte protoplasmatische Toleranz gegenüber diesem Schwermetall nachgewiesen wurde. Die Kupfertoleranz des Cytoplasmas war hingegen gering. Nach Sissolak (1985) ist die Art eine Pionierpflanze auf der kupferhaltigen Schutthalde der Tofereralm, jedoch etwas weniger kupfertolerant als *Saxifraga stellaris.*

Silene vulgaris: Vorkommen in „Ba" und „Br"

Bei den auf Zn/Pb-Böden wachsenden Formen ist die Zinkresistenz deutlich erhöht, die Kupferformen weisen jedoch keine signifikant höhere Kupfertoleranz als die Normalformen auf, wie Punz & Koerber-Ulrich (1993) angeben.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

In den Aufnahmen der Teiluntersuchungsgebiete Obere Giglerbaue und Zinkwand (Br) ist eine markante Anhäufung der oben erwähnten Arten bemerkenswert. Hier kommen vor allem *Linaria alpina*, *Saxifraga aizoides, Saxifraga stellaris* und *Minuartia gerardii* mit hoher Stetigkeit vor. Parallel dazu sind die Schwermetallwerte (Cu, Zn, As, Cd, Pb) an jenen Stellen stark erhöht.

6. Schlussbetrachtung und Ausblicke

Bei der Auswertung bereitete besonders die heterogene Vegetation an den einzelnen Halden Probleme, die zeigt, dass weitere Untersuchungen für ein besseres Verständnis der Flora und Vegetation auf den Bergbauhalden in diesen und vergleichbaren Gebieten erforderlich sind. Auch erwiesen sich Literaturvergleiche in Bezug auf soziologische Fragen als schwierig, da keine vegetationskundlichen Arbeiten gefunden werden konnten, in denen Flechten, Moose und Gefäßpflanzen gleichermaßen berücksichtigt sind und bis heute kaum Daten über Halden in der alpinen und subalpinen Stufe vorliegen.

Es stellt sich die Frage, ob es besonders in den alpinen und subalpinen Gebieten mit einer größeren Menge an Datenmaterial (Vegetationsaufnahmen) möglich wäre, auf Bergbauhalden typische Vergesellschaftungen zu charakterisieren. Außerdem ist zu bedenken, dass die Aufnahmen jeweils von räumlich naheliegenden Halden stammen. Es wäre interessant, ob eine Untersuchung vergleichbarer Haldenstandorte an anderen Orten in den Ostalpen bzw. in Mitteleuropa ähnlich heterogene Ergebnisse liefern würde wie jene aus den Schladminger Tauern.

Lohnenswert erscheinen auch genauere Untersuchungen der ökologischen Standortsfaktoren auf einzelnen Halden, vergleichbar mit jenen von Maier & al. (1981). Sie könnten dabei behilflich sein, mögliche Ursachen für die Heterogenität der Vegetation zu finden. In diesem Zusammenhang wären auch vergleichende Untersuchungen zwischen der Vegetation auf einzelnen Halden und jener der unmittelbaren Umgebung hilfreich, denn es ist anzunehmen, dass von dort erhöhter Samendruck ausgeht.

Interessante Ergebnisse könnte auch eine ökologische Charakterisierung der unterschiedlichen Haldenbereiche in Verbindung mit einer vollflächigen floristischen Untersuchung einzelner Halden liefern. Möglicherweise bestehen Korrelationen zwischen den kleinräumig herrschenden ökologischen Bedingungen und der ausgebildeten Vegetationsdecke.

Sowohl diese ins Detail gehenden Untersuchungen als auch die Berücksichtigung weiterer historischer Bergbaugebiete mit ihren Abraumhalden und den sich darauf ansiedelnden Pflanzenbeständen bieten ein breites Betätigungsfeld für zukünftige Studien.

7. Dank

Die Autoren bedanken sich bei Michael Suanjak und Heribert Köckinger für die Unterstützung bei der Bestimmung der Moose, bei Anton Drescher für die Hilfestellung bei der pflanzensoziologischen Tabellenarbeit und dem Joanneum Research für die Durchführung der chemischen Analysen der Bodenproben.

8. Literatur

Braun-Blanquet J. 1928: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. – In: Schoenichen W. (Hrsg.): Biologische Studienbücher 7. – Springer, Berlin.

Dierschke H. 1994: Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. – Eugen Ulmer, Stuttgart.

Dierssen K. 1984: Vergleichende vegetationskundliche Untersuchungen an Schneeböden (Zur Abgrenzung der Klasse Salicetea herbaceae). – Ber. Deutsch. Bot. Ges. 97: 359–382.

Ebner F. 1997. Die Geologischen Einheiten Österreichs und ihre Rohstoffe. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A. 19: 49–229.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobot. 18: 1–258.

Emmerer B. 2000. Zur Vegetatonsentwicklung auf alten Bergbauhalden in den Niederen Tauern und den Eisenerzer Alpen. Diplomarbeit (unveröff.), Institut für Botanik der Karl-Franzens-Universität, Graz.

Emmerer B., Steinlechner E., Trinkaus P. & Gössler W. 2003. Ökologische Untersuchungen von prähistorischen Kupferschlackenhalden in der Eisenerzer Ramsau. – In: Klemm S. Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen, Steiermark: 165–173. – Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.

Englisch T. 1993. Salicetea herbaceae. – In: Grabherr, G. & Mucina, L. (Hrsg.). Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: 382–401. – Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.

Ernst W. 1965. Ökologisch-soziologische Untersuchungen der Schwermetall-Pflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluss der Alpen. – Abh. Landes. Naturk. Münster Westfalen 27: 1–54.

Ernst W. 1974. Schwermetallvegetation der Erde. – Gustav Fischer, Stuttgart.

Fischer M. A. (Hrsg.) 1994. Exkursionsflora von Österreich.. – Eugen Ulmer, Stuttgart.

Flügel H. 1984a. Zentralalpine Sedimente. – In: Flügel H.W. & Neubauer F. (Hrsg.). Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. Steiermark: 60–61. – Geologische Bundesanstalt, Wien.

Flügel H. 1984b. Polymetamorphes Grundgebirge. – In: Flügel H.W. & Neubauer F. (Hrsg.). Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. Steiermark: 71–77. – Geologische Bundesanstalt, Wien.

Frahm J.-P. & Frey W. 1992. Moosflora. – Eugen Ulmer, Stuttgart.

Friedrich O. M. 1933a. Die Erze und der Vererzungsvorgang der Kobalt-Nickellagerstätte Zinkwand-Vöttern in den Schladminger Tauern. – Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der Montanistischen Hochschule in Leoben 81: 1–14.

Friedrich O. M. 1933b. Über Kupfererzlagerstätten in den Schladminger Tauern. – Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der Montanistischen Hochschule in Leoben 81: 54–61.

Friedrich O. M. 1933c. Silberreiche Bleiglanz-Fahlerzlagerstätten in den Schladminger Tauern und allgemeine Bemerkungen über den Vererzungsvorgang. – Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der Montanistischen Hochschule in Leoben 81: 84–99.

Friedrich O. M. 1953. Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. Eine Einführung zur Karte 1:50.0000 der Erz- und einiger Mineral-Lagerstätten. – Radex-Rundschau 8: 371–407.

Friedrich O. M. 1968. Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des Gebirgsbaues. – Archiv für Lagerstättenkunde in den Ostalpen 8: 1–136.

Friedrich O. M. 1969. Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. II. Teil. – Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen 9: 107–130.

Friedrich O. M. 1975. Kurzbericht über die Vererzung der Schladminger Tauern. – Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen 15: 117–127.

Friedrich O. M. 1979. Lagerstätten in den Schladminger Tauern. – Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 124: 609–611.

Fuchs H. W. 1988. Erzmikroskopische und mineralchemische Untersuchungen der Erzvorkommen Zinkwand – Vöttern in den Niederen Tauern bei Schladming. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A. 9: 33–45.

Geis M. 1972. Die Bergbauern- und Almwirtschaft im Ober- und Untertal der Schladminger Tauern. – Gießen.

Grabherr G. 1993. Caricetea curvulae. – In: Grabherr, G. & Mucina, L. (Hrsg.). Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: 343–372. – Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.

Grabherr G. & Mucina L. (Hrsg.) 1993. Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. – Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.

Günther W. 1996. Silber- und Kupferbergbau am Seekar. – In: Günther, W. & Krings, G. (Hrsg.). Bergbau und touristische Entwicklung Seekar – Obertauern: 26–60. – Salzburg.

Hafellner J. & Türk R. 2001: Die lichenisierten Pilze Österreichs – eine Checkliste der bisher nachgewiesenen Arten mit Verbreitungsangaben. – Stapfia 76: 1–167.

Heiselmayer P. 1982. Die Pflanzengesellschaften des Tappenkars (Radstädter Tauern). – Stapfia 10: 161–202.

Hiessleitner G. 1929a. Das Nickelerzvorkommen Zinkwand-Vöttern in den Niederen Tauern bei Schladming. – Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der Montanistischen Hochschule in Leoben 77: 104–123.

Hiessleitner G. 1929b. Sulfidisch-arsenidisches Ni-Co auf alpinen Erzlagerstätten. – Zeitschrift für praktische Geologie 37: 152–159.

Hübel G. 1984. Zusammenfassende Auswertung der systematischen lagerstättenkundlichen Untersuchungen in den westlichen Niederen Tauern, Steiermark. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A. 5: 49–54.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Hübschmann A. v. 1986. Prodromus der Moosgesellschaften Zentraleuropas. – Bryophyt. Biblioth. 32: 1–413.

Hydrographischer Dienst in Österreich. 1998. –Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Bd. 76. – Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

Kinzel H. 1982. Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. – Eugen Ulmer, Stuttgart.

Maier R., Punz W., Sieghardt H., Domschitz E., Nagl A., Wiener S., Kuhlhanek A. & Mühlebner W. 1981. Zur Ökologie einiger Pflanzen auf den schwermetallhaltigen Halden in Bleiberg/Kärnten. – Carinthia II 171: 201–222.

Mucina L., Grabherr G. & Ellmauer T. (Hrsg.) 1993a. Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I. – Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.

Mucina L., Grabherr G. & Wallnöfer S. (Hrsg.) 1993b. Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III. – Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.

Oberdorfer E. 1994. Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – Eugen Ulmer, Stuttgart.

Pfeffer W. & Schüssler F. 1977. Geologische Kartierung und Prospektion auf Uran und Scheelit in den nördlichen Schladminger Tauern. – Mitteilungen der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum „Joanneum“ Graz 38: 109–122.

Punz W. 1992. Schwermetallstandorte im Ostalpenraum und ihre Vegetation. – Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck 79: 67–80.

Punz W. & Engenhart M. 1988. Zur Vegetation von Blei-Zink-Halden im Raum Mariazell. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 118: 173–176.

Punz W. & Engenhart M. 1990. Zur Vegetation auf Blei-Zink-Halden im Raum Niedere Tauern. – Österr. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl., Sitzungsber., Abt. I, Biol. 198: 1–12.

Punz W. & Koerber-Ulrich S. 1993. Resistenzökologische Befunde zu schwermetallbewohnenden Pflanzen im Ostalpenraum. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österr. 130: 201–224.

Punz W. & Mucina L. 1997. Vegetation on anthropogenic metalliferous soils in the eastern alps. – Folia Geobot. Phytotax. 32: 283–295.

Punz W. & Orasche I. C. 1995. Pflanzen auf Schwermetallstandorten im Ostalpenraum und deren Häufigkeitsverteilung. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österr. 132: 61–80.

Punz W., Kovacs G., Körber-Ulrich S. M., Thonke A., Wieländer B. & Wieshofer I. 1994. Schwermetallstandorte im mittleren Alpenraum und ihre Vegetation – neue Befunde. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österr. 131: 1–26.

Redlich K. A. 1911. Der Kupfererzbergbau in den Radstädter Tauern (Salzburg). – Zeitschrift für praktische Geologie 19: 350–355.

Repp G. 1963. Die Kupferresistenz des Protoplasmas höherer Pflanzen auf Kupfererzböden. – Protoplasma 57: 643–659.

Roth G. 1904. Die europäischen Laubmoose. Band 1. – Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Roth G. 1905. Die europäischen Laubmoose. Band 2. – Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Schittengruber K. 1961. Die Vegetation des Seckauer Zinken und Hochreichart in Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 91: 105–141.

Schneeweiss G.M. & Schönswetter P. 1999. Feinverbreitung, Ökologie und Gesellschaftsanschluss reliktischer Gefäßpflanzen der Niederen Tauern östlich des Sölkpasses (Steiermark, Österreich). – Stapfia 61: 1–242.

Schubert R. 1953. Die Schwermetallgesellschaften des östlichen Harzvorlandes. – Wiss. Z. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Math.-Naturwiss. Reihe 1: 51–70.

Shaw J. 1981. Taxonomic revision of the propaguliferous species of *Pohlia* (musci) in North America. – The Journal of the Hattori Botanical Laboratory 50: 1–81.

Sissolak M. 1985. Toxizitäts- und Fertilitätsgrenzen gegenüber Kupfer bei einigen Alpenpflanzen von Standorten mit verschiedener Kupferbelastung. – Flora 17: 377–386.

Stummerer, H. 1970. Kupfer-Analyse an Pflanzen Cu-reicher Standorte. – Oesterr. Bot. Z. 118: 189–193.

Tollmann A. 1977. Geologie von Österreich. Band 1 Die Zentralalpen. – Deuticke, Wien.

Url W. 1956. Über Schwermetall-, zumal Kupferresistenz einiger Moose. – Protoplasma 46: 768–793.

Wakonigg H. 1978. Witterung und Klima in der Steiermark. – Technische Universität, Graz.

Wilmanns O. 1993. Ökologische Pflanzensoziologie. Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. – Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.

Wirth V. 1995. Flechtenflora: Bestimmung und ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. – Eugen Ulmer, Stuttgart.

Zechmeister H. & Punz W. 1990. Zum Vorkommen von Moosen auf schwermetallreichen Substraten, insbesondere Bergwerkshalden, im Ostalpenraum. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österr. 127: 95–105.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: 133

Autor(en)/Author(s): Emmerer Barbara, Hafellner Josef

Artikel/Article: Zur aktuellen Vegetation auf Halden historischer Bergbaue in den Hochlagen der Niederen Tauern (Österreich). 37-79