



Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark

Band 134

S. 121–152

Graz 2005

Zur aktuellen Vegetation auf Abraum- und Schlackenhalde historischer Kupferbergbaue in der Montanstufe der Niederen Tauern und der Eisenerzer Alpen (Steiermark, Österreich)

Von Barbara EMMERER¹ & Josef HAFELLNER²
Mit 10 Abbildungen und 10 Tabellen

Angenommen am 29. September 2004

Summary: The present vegetation on waste and slag heaps of historical copper mines in the montane belt of the mountain ranges *Niedere Tauern* and *Eisenerzer Alpen* (Styria, Austria).— The flora and vegetation of several waste and slag heaps of historical copper mines in the montane vegetation belt of the *Niedere Tauern* and the *Eisenerzer Alpen* (Austria, province of Styria) have 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. The floristic similarity between the heaps at the two localities is high, possibly because both are surrounded by managed spruce forests. Main differences between the two sites pertain to the size of the heaps, substrate characteristics, and the degree of weathering.

The vegetation cannot be assigned to communities known from metal-rich habitats. The present vegetation of the waste heaps in the *Walchengraben* can only be assigned to the order *Piceetalia excelsae* due to the absence of characteristic species which would allow the determination of a certain plant association. The present vegetation of the slag heaps in the *Eisenerzer Ramsau* is assigned to the pioneer bryophyte community *Pogonatum urnigeri*. Both vegetation types and habitats are characterized and compared by plant species lists with certain habitat preferences, family spectra of vascular plants, mean indicator values, and percentages of vascular plants, bryophytes and lichens.

Zusammenfassung: Die Flora und Vegetation einiger Abraum- und Schlackenhalde in der Umgebung historischer Kupferbergbaue in der Montanstufe der Niederen Tauern und der Eisenerzer Alpen (Österreich: Steiermark) werden untersucht.

Die Vegetation der untersuchten Halde erweist sich als lückig und relativ arm an Gefäßpflanzen. Flechten und Moose haben einen wesentlichen Anteil am Artenspektrum der Flächen. Floristisch bestehen zwischen den Halde im Umfeld der beiden untersuchten Bergbaue große Ähnlichkeiten, vermutlich weil in beiden Fällen Fichtenforste das Umfeld bilden. Die wichtigsten standörtlichen Unterschiede liegen in der Ausdehnung der Haldeflächen sowie dem Substrat und dessen Verwitterungsgrad.

Die untersuchten Pflanzenbestände können in keine der bekannten Vegetationseinheiten für Schwermetallstandorte eingegliedert werden, sondern stellen fragmentarische Ausprägungen weit verbreiteter montaner Waldtypen bzw. Pionier-Moosgesellschaften dar. Die Vegetation auf den Abraumhalde im *Walchengraben* wird aufgrund fehlender Assoziations-Kennarten nur auf Ordnungsniveau den *Piceetalia excelsae* zugeordnet. Die Aufnahmen der moosdominierten Schlackenhalde in der *Eisenerzer Ramsau* lassen sich in die Pioniermoosgesellschaft *Pogonatum urnigeri* eingliedern. Die beiden Einheiten und deren Standorte werden mittels einer Auflistung von Arten mit charakteristischen Standortpräferenzen und Familienspektren der Gefäßpflanzen dargestellt. Schließlich werden die mittleren Zeigerwerte der Einheiten und deren gemittelte Mittelwerte, sowie die prozentuellen Anteile von Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten vergleichend gegenübergestellt.

Literaturvergleiche in Bezug auf soziologische Fragen erwiesen sich als schwierig, da keine vegetationskundlichen Arbeiten gefunden werden konnten, in denen Flechten, Moose und Gefäßpflanzen gleichermaßen berücksichtigt sind und die Zahl der im Detail untersuchten Halde nach wie vor sehr gering ist.

¹ Institut für Pflanzenwissenschaften, Karl-Franzens-Universität, Holteigasse 6, A-8010 Graz, Austria. E-Mail: barbara.emmerer@uni-graz.at

² Institut für Pflanzenwissenschaften, Karl-Franzens-Universität, Holteigasse 6, A-8010 Graz, Austria. E-Mail: josef.hafellner@uni-graz.at





1.	Einleitung	122
2.	Die Untersuchungsgebiete	124
2.1	Geografische Lage	124
2.2	Geologische Verhältnisse	127
2.3	Historisches über den Bergbau in den Untersuchungsgebieten	131
2.4	Klimatische Verhältnisse	132
3.	Methodik	133
3.1	Gesichtspunkte zur Auswahl der Bergbaugebiete	133
3.2	Aufnahme- und Analysemethoden	134
3.3	Auswertung	134
4.	Ergebnisse	134
4.1	Die Abraumhalden im Gebiet Walchengraben	135
4.2	Die Schlackenhalden in der Eisenerzer Ramsau	140
5.	Diskussion	145
6.	Dank	150
7.	Literatur	150

1. Einleitung

In geologischen Arbeiten ist der Ausspruch: „Die Ostalpen sind reich an armen Lagerstätten“ (FRIEDRICH 1953) sehr geläufig. Damit ist der Umstand treffend beschrieben, dass hier zwar an zahlreichen Orten Vererzungen auftreten und auch in historischer Zeit abgebaut wurden, die Erzvorkommen aber meist nicht sehr groß sind und auch nur wenige unter heutigen Verhältnissen abbauwürdig wären.

Aus botanischer bzw. vegetationskundlicher Sicht interessant sind die im Umfeld dieser Bergbaue vorhandenen Halden. Es sind anthropogen entstandene Sonderstandorte, auf denen zusätzlich zu den auf Schutthalden vorherrschenden Stressfaktoren erhöhte Schwermetallgehalte im Boden hohe Anforderungen an die Pflanzen stellen. Der meist kaum verfestigte, bewegte Untergrund aus erzhältigem und tauben Gesteinsmaterial und deren Verwitterungsprodukten erschwert die Besiedelung der Halden.

Als Schwermetalle werden jene Metalle bezeichnet, deren spezifisches Gewicht oberhalb von 5,0 liegt. Zu diesen gehören biologisch wichtige Elemente wie die Mikronährstoffe (Spurenelemente) Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Kobalt und Molybdän, Elemente mit eingeschränkter physiologischer Bedeutung wie Nickel und Vanadium und Elemente ohne bekannte bzw. ohne physiologische Funktion wie z.B. Cadmium, Arsen, Blei, Thallium, Chrom, Quecksilber und Silber (KINZEL 1982). In erhöhter Konzentration sind sie für Pflanzen meist giftig. Als besonders starkes Plasmagift gilt Kupfer (REPP 1963).

Die Pflanzen reagieren auf den Stressfaktor „erhöhter Schwermetallgehalt im Boden“, scheinbar artspezifisch, indem sie die Schwermetalle entweder im Sproß anreichern („accumulators“), oder von den oberirdischen Pflanzenteilen fernhält („excluders“), wobei Übergänge möglich sind (PUNZ & KOERBER-ULRICH 1993, Begriffe nach BAKER 1981). Diese vereinfachte Klassifizierung leitet sich von den verschiedenen Resistenzmechanismen ab, die es den Pflanzen ermöglichen, auf Böden mit hohem Schwermetallgehalt zu überleben. Das sind vorwiegend: 1. Vermeidung der Aufnahme von Schwermetallionen, 2. Deposition außerhalb der (lebenden) Zelle, 3. Bindung (und damit Immobilisierung) an der Zellwand, 4. Bindung (Fällung) in anderen Zellbestandteilen, 5. Bindung an Peptide (Metallthionine, Phytochelatine), 6. Ablagerung in der Vakuole und 7. Ausscheidung bzw. Abwurf von Pflanzenteilen. (PUNZ 1995, vgl. auch LARCHER 1994).

Die Frage nach charakteristischen Merkmalen der Flora und Vegetation, die sich auf diesen Halden entwickelt, bzw. nach der Existenz von „Schwermetallvegetation“ in den Alpen ist Gegenstand zahlreicher Arbeiten mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten.





In der pflanzlichen Schwermetallforschung ist die Analyse der protoplasmatischen Resistenz, d.h. die Resistenz direkt am terminalen Wirkungsort des Stressors eine zentrale Fragestellung. So zeigen beispielsweise die Untersuchungen über die Kupferresistenz höherer Pflanzen auf Kupfererzböden von REPP (1963), dass „die Pflanzen, die Kupferböden besiedeln oder darin eindringen, tatsächlich gewisse Resistenzeigenschaften des Protoplasmas“ und somit die „Fähigkeit, chemische Schocks abzufangen oder nötigenfalls die Plasmaresistenz zu steigern“ besitzen, „wodurch der ökologische Anpassungsspielraum an chemisch extreme Umweltbedingungen erweitert wird“. Außerdem vermutet die Autorin, dass die Kupferresistenz im Speziellen im Rahmen einer allgemeinen Schwermetallresistenz liegt und „jene Pflanzen, die dank gewisser dynamischer Resistenzeigenschaften auf Kupferböden existenzfähig sind, sich daher auch auf weniger giftigen Zinkböden behaupten können“. Weitere resistenzphysiologische Studien ausgewählter Moose und Gefäßpflanzen sind u.a. in PUNZ & KOERBER-ULRICH (1993), SISOŁAK (1985) und URL (1956) dargestellt.

Außerdem sind Schwermetallgehalte von Pflanzen und ihrem Substrat (z.B. ERNST 1965, PUNZ & ENGENHART 1990, PUNZ 2001a, PUNZ & al. 1994, STUMMERER 1970) und das Arteninventar der Haldenflächen (bezogen auf Einzelstandorte: z.B. PUNZ & ENGENHART 1990; bezogen auf den gesamten Ostalpenraum: z.B. PUNZ 1992) Gegenstand verschiedener Studien.

Die Pflanzengesellschaften auf den schwermetallreichen Böden West- und Mitteleuropas werden nach ERNST (1974) in der Ordnung *Violetalia calaminariae* zusammengefaßt. Diese Gesellschaften sind in ihrer Verbreitung nicht auf primäre Standorte, Böden über anstehenden schwermetallreichen Gesteinen begrenzt, sondern sind nach ERNST (l.c.) auch auf anthropogen geschaffenen Halden und Schürfstellen bei Bergbauen zu finden. Die Ordnung kann in drei Verbände untergliedert werden:

- Die Vegetation der alpinen Schwermetallböden – *Galio anisophylli*-Minuartion *vernae*
- Die Schwermetallrasen des westlichen Mitteleuropas und Westeuropas – *Thlaspion calaminaris*
- Die Schwermetallrasen des übrigen Mitteleuropas – *Armerion halleri*

Für die Ostalpen wurde auf der Suche nach Schwermetall-Pflanzengesellschaften erstmals von ERNST (1965) der Verband *Galio anisophylli*-Minuartion *vernae* (*Violetalia calaminariae*, *Violetea calaminariae*) beschrieben. Allerdings umfassen diese Untersuchungen größtenteils Gesellschaften in den Südalpen und beschränken sich dadurch auf die Vegetation über karbonatischem Untergrund. Die Aufstellung dieses Verbandes blieb rund dreißig Jahre unwidersprochen und war scheinbar mit alpinen Pflanzen wie *Galium anisophyllum*, *Poa alpina* und *Dianthus sylvestris* als Trennarten gegen die mitteleuropäischen Schwermetallgesellschaften gerechtfertigt. Diese differenzierenden Arten des alpinen Schwermetallverbandes sind allerdings auch in den alpinen Schutt- und Mattengesellschaften verbreitet und eignen sich daher nach Meinung von PUNZ & MUCINA (1997) nicht als Verbandskennarten. Schließlich wird von diesen Autoren das syntaxonomische Konzept der Vegetation auf anthropogenen Schwermetallstandorten in den Ostalpen revidiert. Nach ihren Einschätzungen hat die Aufstellung der Einheiten *Galio anisophylli*-Minuartion *vernae*, *Violetalia calaminariae* und *Violetea calaminariae* für die Ostalpen durch das häufige Auftreten von Arten der *Thlaspietea rotundifolii* in den untersuchten Gesellschaften keine Berechtigung. Statt dessen beschreiben PUNZ & MUCINA (l.c.) neue, auf Schwermetallstandorten in den Ostalpen vorkommende Vegetationseinheiten, ohne Angabe von Kenn- oder Differentialarten und stellen diese in die Klasse *Thlaspietea rotundifolii* bzw. *Asplenietea trichomanis*.





Davon deutlich abweichende Vegetationstypen haben EMMERER & HAFELNER (2003) auf schwermetallhaltigen Halden ober der Waldgrenze vorgefunden. Während über basenarmen Abraumhalden fragmentarische Ausprägungen weit verbreiteter, alpiner Vegetationstypen angetroffen wurden, war die Vegetation auf basenreichem Substrat der *Linaria alpina-Cerastium uniflorum*-Gesellschaft zuzuordnen.

Auch im Biotopschutz sind Schwermetallhabitats ein Thema. PUNZ (2001b) listet Vegetationseinheiten auf Gesellschaftsebene auf, deren Vorkommen auf Schwermetallböden beschränkt sein dürften. Außerdem weist Punz (l.c.) auf die Notwendigkeit eines behutsamen Umganges bzw. der Erhaltung dieser anthropogenen Schwermetallhabitats hin. Serpentinrasen (*Armerion-Potentilletum arenariae*) und Schwermetallfluren (syn-taxonomische Zuordnung siehe PUNZ & MUZINA 1997) stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs (ESSL & al. 2004).

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Halden, alle in der Montanstufe der Ostalpen gelegen, gehören zwei verschiedenen Typen an. Es sind einerseits Abraumhalden in unmittelbarer Nähe der Stollen und andererseits Schlackenhalden in Verbindung mit der Erzaufbereitung. Abraumhalden sind durch die Aufhaldung von Taubgestein und vergessenen Erzresten im Abbaubereich gekennzeichnet. Aus dem Erzgehalt des Materials resultiert eine Schwermetallbelastung, die sich auf die Vegetationsauflage auswirkt. Diese Halden können Flächen von wenigen Quadratmetern bis zu einigen Hektar einnehmen. Schlackenhalden sind flächenmäßig meist kleiner. Die Abgänge aus der Erzaufbereitung überlagern die natürlichen Böden.

Die beiden ausgewählten Bergbaugengebiete zeichnen sich dadurch aus, dass hier entweder Kupfer abgebaut wurde bzw. Kupfererze als Beimengung auftreten (Walchengraben) oder Kupfererzschlacken abgelagert wurden (Eisenerzer Ramsau).

Ziel der vorgelegten Studie war, mit zahlreichen Vegetationsaufnahmen an verschiedenen Erzstandorten in der Montanstufe der Niederen Tauern und der Eisenerzer Alpen den aktuellen Stand einer fortschreitenden Sukkzession in unterschiedlichen Stadien und in Abhängigkeit von diversen Umweltfaktoren (v. a. Bodenbeschaffenheit, Feuchtigkeit, Lichtverhältnisse), zu dokumentieren und damit die Datenbasis für die Untersuchung der Vegetationstypen auf schwermetallhaltigen Böden zu verbessern

2. Die Untersuchungsgebiete

2.1 Geographische Lage

Die Halden der Bergbaue, die im Rahmen dieser Studien untersucht wurden, liegen einerseits in den Wölzer Tauern (Niedere Tauern, Zentralalpen) und andererseits in den Eisenerzer Alpen (Nordalpen).

Fig. 1 zeigt die geografische Lage der Untersuchungsgebiete. Details zu den einzelnen Haldenstandorten sind Tab. 1 sowie Fig. 5–6 zu entnehmen.

Fig. 1: Die Untersuchungsgebiete: Die Punkte markieren ihre Lage in Österreich. I: Walchengraben bei Öblarn (Wölzer Tauern), II: Eisenerzer Ramsau (Eisenerzer Alpen).

The investigated areas: The dots mark their position in Austria. I: Walchengraben bei Öblarn (Wölzer Tauern), II: Eisenerzer Ramsau (Eisenerzer Alpen).

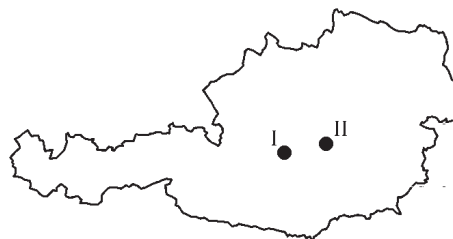




Fig. 2: Blick hangaufwärts auf die Abraumhalde W2. [Foto B. Emmerer, Jul. 1998]
View upwards the slope of the waste heap W2.



Fig. 3: Blick auf die SW-Flanke der Abraumhalde W3 im Walchengraben. Die Vegetationsaufnahmen stammen aus dem Haldenbereich im oberen, rechten Viertel des Fotos. Der bis zur Forststraße reichende Teil der Halde im unteren, linken Fotoviertel ist durch Hangversteilung im Zuge des Straßenbaues in Bewegung geraten und ± vegetationslos. [Foto B. Emmerer, Jul. 1998]
View of the waste heap W3 in the "Walchengraben". The relevés originate from the heap area on the upper, right side on the photo. Due to a steep incline caused by the roadworks, the part of the heap close to the forest road in the lower, left side on the photo is on the move and free from vegetation.





Fig. 4: Blick auf die Schlackenhalde E1 in der Eisenerzer Ramsau. [Foto P. Trinkaus, Sept. 1998]
View of the slag heap E1 in the Eisenerzer Ramsau.

2.1.1 Die Niederen Tauern – Teil Wölzer Tauern

Die Wölzer Tauern liegen südlich des Ennstales zwischen den Orten Irnding und Stein an der Enns und des Paltentales. Die östliche Begrenzung bildet die Pölstal – Triebener Tauern Furche. Hier schließen südöstlich die Seckauer Tauern an die Wölzer Tauern an. Die Rottenmanner Tauern im Nordosten nehmen eine geologische und morphologische Sonderstellung ein, da die Affinität zu Teilen der Seckauer Tauern größer ist als zu den Wölzer Tauern, zu denen sie naturräumlich gerechnet werden müssen. Die Muralpen bilden die Südgrenze (St. Peter/Kammersberg – Oberwölz – Salchau – Hoheggersattel – Oberzeiring). Im Westen trennen das Großsölketal, der Sölkpass und das Katschtal die Wölzer Tauern von den Schladminger Tauern (LIEB 1991).

Die höchste Erhebung in den Wölzer Tauern ist die Rettelkirchspitze (2475 m) nordwestlich von Oberwölz.

Der Walchengraben liegt im Südosten von Öblarn und ist vom Ennstal aus direkt über den Ort erreichbar. Er verläuft erst in SE-Richtung bis an die NE-Ausläufer des Gumpenecks heran, dann unter den N- und E-Abhängen des Hirschecks bis zur Eglitztalhütte. Die E-Flanken des Grabens stellen die westexponierten Hänge der Gipfel Karlspitz (1848 m), Unterkarspitz (1982 m), Dornkarspitz (2050 m), Steinkarspitz (1992 m) und Mörsbachspitz (2020 m) dar. Von der Eglitztalhütte taleinwärts teilt sich der Walchengraben in das östlich gelegene Ramertal und das westlich davon liegende Englitztal.

2.1.2 Die Eisenerzer Alpen

Die Eisenerzer Alpen liegen östlich der Niederen Tauern und werden von diesen durch das Palten-Liesing-Tal getrennt. Die nördliche Grenze zu den Ennstaler Alpen folgt der Enns bis Admont und weiter der Linie Kaiserau – Klinkerhütte – Mödlingerhütte – Johnsbach – Neuburgsattel – Radmerbach – Hieflau. Im Osten schließen jenseits der Tiefenlinie Erzbach – Präbichl – Vordernberger Bach das Hochschwabmassiv und die steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen an.





Die höchste Erhebung in den Eisenerzer Alpen ist das Göbeck (2214 m) NW von Trofaiach.

Die Eisenerzer Ramsau liegt im Westen von Eisenerz an den S-Abhängen des Kaiserschildes zwischen dem Plöschkogel und dem Ochsenkogel im Südwesten und den Ausläufern des Kragelschinken im Süden.

Tab. 1: Die Lage der untersuchten Halden in den beiden Bergbaugebieten samt geografischen Daten und Nummern der Vegetationsaufnahmen
Localities of the investigated waste heaps with geographical data and numbers of relevés

Halden-Nr.	Geografische Daten	Veg.-Aufn. Nr
WALCHENGRABEN		
Halde W1	47°25'45"N / 14°04'20"E. Ausgedehnte Abraumhalde wenige Meter S eines verfallenen Gebäudes ober dem Weg am orografisch linken Hang des Wolfegggrabens, ca. 1100 m.	10
Halde W2	47°25'40"N / 14°04'E. Halde mit Zonierung der Vegetation in Blockschutt-, Pionier- und Waldstreifen einige 100 Meter E der Bergkreuzkapelle an den Hängen des Walchengrabens SE Öblarn, ca. 1250 m.	11, 12, 13, 14, 15
Halde W3	47°25'50"N / 14°04'25"E. SW-exponierte Abraumhalde über einem Forstweg in einem Seitengraben des Neudeggbach-Grabens, ca. 1500 m.	16, 17, 18, 19, 20
EISENERZER RAMSAU		
Halde E1	47°30'30"N / 14°48'55"E. Leicht geneigte Kupfererz-Schlackenhalde in lichtem Fichtenforst am orografisch linken Hang über dem Halsbach, an der N-Flanke des Ochsenbodens, ca. 1400 m.	64, 65, 66, 67
Halde E2	47°30'20"N / 14°48'55"E. Kupfer-Schlackenhalde mit Erosionsrinne am orografisch linken Hang über dem Kaltenbach, an der NE-Flanke des Ochsenbodens, ca. 1470 m.	68, 69, 70
Halde E3	47°30'40"N / 14°49'45"E. Kupfer-Schlackenhalde in dichtem Fichten-Jungwald orografisch rechts neben dem Zufluss zum Halsbach, am E-Abhang vom Schnepfenboden.	71, 72, 73

2.2 Geologische Verhältnisse

Bei vegetationskundlichen Untersuchungen auf Abraumhalden ist die Kenntnis der Faktoren wie die Lage der Vererzungen, Erzführung und Ganggesteine erforderlich, um die als Ausgangsmaterial für die Bodenbildung in Frage kommenden Gesteine abschätzen und damit unter anderem auf mögliche Schwermetallbelastungen schließen zu können.

2.2.1 Die Niederen Tauern – Teil Wölzer Tauern

2.2.1.1 Grundzüge der tektonischen Verhältnisse

Die Großstruktur des zentralen Teils der Niederen Tauern, der Wölzer Tauern, ist durch ein Abtauchen unter die Grauwackenzone im Norden und die Gurktaler Decke im Süden gekennzeichnet.

Das nur schwach metamorphe Altpaläozoikum der Ennstaler Phyllite ist vielfach lokal auf mesozoisches Kristallin der Wölzer Glimmerschiefer alpidisch überschoben. Bei der Überschiebungszone zwischen den tektonischen Großeinheiten handelt es sich nicht nur um scharfe Grenzflächen. Hier sind einerseits Elemente des wahrscheinlichen Permo-



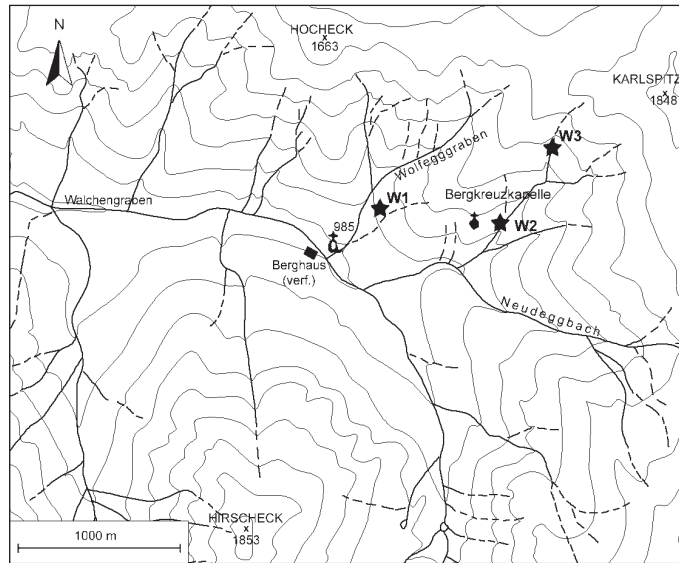


Fig. 5: Übersicht über die Lage der untersuchten Halden im Walchengraben (verändert nach ÖK 1 : 50.000 Blatt 128).
 Overview of the location of the investigated waste heaps in the Walchengraben (modified after ÖK 1 : 50.000 sheet 128).

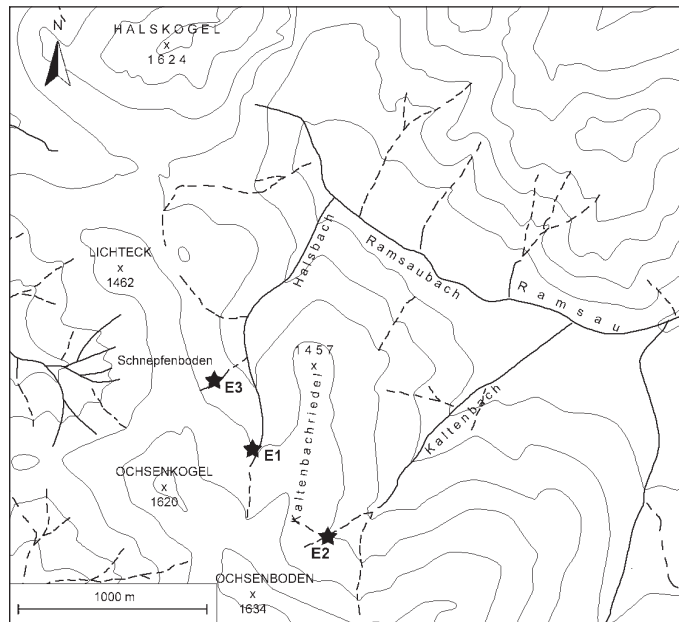


Fig. 6: Übersicht über die Lage der untersuchten Halden in der Region Eisenerzer Ramsau (verändert nach ÖK 1 : 50000 Blätter 100, 101).
 Overview of the location of the investigated slag heaps in the region Eisenerzer Ramsau (modified after ÖK 1 : 50.000 sheets 100, 101).





mesozoikums (Rannachserie und Gumpeneckmarmor) in verschiedenen randnahen Positionen im Kristallin der Wölzer und Rottenmanner Tauern eingeschuppt. Andererseits wurden altkristalline Späne tektonisch in die Grauwackenzone eingeschleppt. Im Süden taucht das Wölzer Kristallin steil unter die Gurktaler Decke. Hier findet man Kohlenstoff-Granatglimmerschiefer, die unter der Wucht der alpidisch überschobenen Gurktaler Decke wesentlich stärker verfaltet und verschuppt sind als die tieferen, entfernteren Teile der Wölzer Tauern (TOLLMANN 1977).

Überblick über die am geologischen Aufbau beteiligte Einheiten

Der größte Teil der Wölzer Tauern wird von der Wölzer Glimmerschieferserie aufgebaut, die nach Westen bis in die Schladminger Tauern, nach Nordosten bis in die Rottenmanner Tauern reicht. Östlich des Pölstales dominiert sie den südwestlichsten Teil der Triebener Tauern. Hauptkomponenten der Serie sind phyllitische oder grob- bis mittelkörnige Glimmerschiefer. Lokal können dazu feinkörnige Quarzite oder Lagen mit geringer Karbonat- und gelegentlich Hornblendeführung auftreten. Im Bau der Wölzer Glimmerschiefer integriert sind graphitische Schiefer und Kieselgesteine, die meist in Verbindung mit Calcit führenden Grüngesteinen, braunen, tonigen, oft bänderigen Kalken stehen (SCHNEEWEISS & SCHÖNSWETTER 1999).

In die Grundmasse der Glimmerschiefer sind verschiedene Marmore (und Amphibolite) eingeschaltet. Dabei können verschieden Typen unterschieden werden: Der Brettsteinmarmor im weiteren Sinn stellt den grobkristallinen, weißen oder bläulich-weiß gebänderten, dolomitfreien Marmortyp dar. Ihm äquivalent ist der Sölker Marmor am Nordrand der Niederen Tauern. Hiervon abzutrennen sind die feinkörnigen Typen des Gumpeneckmarmores und seiner Äquivalente.

Die Ennstaler Phyllite werden als Fortsetzung der Grauwackenschiefer des Paltentales gedeutet und gehören demnach zur Nördlichen Grauwackenzone. Ihre Hauptgesteine sind Serizitphyllite, quarzitische Phyllite mit Einschaltungen von Graphitphylliten, Graphitquarziten und Grüngesteinen.

Im Raum Sölk – Walchen geht die Zone der Wölzer Glimmerschiefer im Süden mit einer von erzführenden Serizitquarziten, Serizitphylliten („Serizitschiefer“) und diaphthoritischen Glimmerschiefern markierten Bewegungsbahn, in deren Nähe auch die Kieslagerstätte des Walchengrabens bei Öblarn liegt, in die nördlich davon anschließenden Ennstaler Phyllite über (UNGER 1969, EBNER 1997). Im engeren Lagerstättenbereich treten gegen Norden zu mächtige Grünschieferzüge und vereinzelt Hornblendenschiefer auf, wobei letztere ebenfalls im Bereich der Ennstaler Phyllite liegen.

2.2.1.2 Das Bergbauggebiet Walchengraben bei Öblarn

Die Kieslagerstätte Walchen zählt zu den größten Kieslagern der Ostalpen. Nach gefügekundlichen Untersuchungen liegt sie in dynamisch rekristallisierten Wölzer Glimmerschiefern, wobei es durch die alpidische Überschiebung zu einer intensiven Phyllonitisation kam.

Detaillierte geologische Aufnahmen von UNGER (1969) zeigen im Bereich des Walchengrabens eine Wechselfolge von zum Teil graphitischen oder quarzitischen Ennstaler Phylliten, Grünschieferzügen und unterschiedlich mächtigen, erzführenden Branden. Diese Abfolge wird von Störungszonen durchschlagen. Bei den Branden handelt es sich meistens um durch Eisen braun gefärbte Serizitschiefer bis Serizitquarzite mit Schwefel-Ausblühungen.

Die Erze selbst sind sehr komplex und enthalten vorwiegend die Mineralien Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, silberhaltiges Fahlerz, Arsenkies und Antimonit. An Gangarten sind Quarz, Siderit bis Ankerit und Kalzit zu erwähnen. In den Oxidationszonen treten Azurit, Malachit und vor allem große Mengen Limonit auf.





Während am Beginn der Bergbautätigkeit im Walchengegraben hauptsächlich auf Kupferkies und die Edelmetalle abgebaut wurde, war in der letzten Abbauperiode nur der Schwefelkies von Bedeutung (WEBER & SCHROLL 1997, UNGER 1968, 1969).

2.2.2 Die Eisenerzer Alpen

2.2.2.3 Grundzüge der geologischen Verhältnisse

Die den Nordalpen zuzurechnenden Eisenerzer Alpen haben sowohl Anteil an den Nördlichen Kalkalpen als auch an der Grauwackenzone.

Zu ersteren zählt geologisch nur die Kaiserschildgruppe, in der triadische Kalkgesteine und auch Dolomit auftreten. Der Reiting besteht aus Devonkalken und bildet, vergleichbar mit dem Kaiserschild, einen mächtigen, verkarsteten Kalkstock. Der Hauptkamm der Eisenerzer Alpen (Dürrenschöberl, Lahngangkogel, Spielkogel, Blaseneck, Leobner, Zeiritzkampel, Wildfeld, Eisenerzer Reichenstein) gehört der Grauwackenzone an, die in den Eisenerzer Alpen ihre größte Breite erreicht. Sie besteht aus Karbonatablagerungen aus älterer erdgeschichtlicher Zeit, aber auch aus Blaseneckporphyroid (alternative Schreibweise: Blasseneckporphyroid), dem Produkt eines kurz dauernden, sauren Vulkanismus (FLÜGEL 1984).

2.2.2.4 Die Grauwackenzone und ihre Verzerrungen im Gebiet der Eisenerzer Alpen

Die Grauwackenzone zieht sich zwischen den Zentralalpen im Süden und den Nördlichen Kalkalpen im Norden. Westlich von Innsbruck sind nur einzelne Schollen von Äquivalenten der Grauwackenzone erhalten. Von Innsbruck ostwärts erstreckt sie sich fast durchgehend bis ins Semmeringgebiet. Die Länge dieser zusammenhängenden Zone beträgt etwa 330 km, ihre maximale Breite 25 km. Zwischen Schladming und Admont und vor allem E des Hochschwab Massivs weist sie z.T. nur eine Breite von weniger als 10 km auf (BECK-MANAGETTA & MATURA 1980). Sie besteht überwiegend aus paläozoischen, mäßig metamorphen Gesteinen und umfasst vor allem Tonschiefer, selten Sandsteine und nur vereinzelt Grauwacke. Teils und lokal sehr bedeutend sind auch basische und saure Vulkanite und Karbonatgesteine am Aufbau beteiligt.

Im Raum der Eisenerzer Alpen können innerhalb der Grauwackenzone zwei große alpidische Decken unterschieden werden:

Die Veitscher Decke (untere Grauwackendecke) besteht ausschließlich aus unterem und oberem Karbon. Sie setzt östlich der Enns bei Döllach erstmals mit einem Karbonatlappen fensterförmig ein. Weiter gegen Osten hin reiht sich eine Kette von Karbonatgesteinen an der Überschiebungsfläche gegen das Muralpen-Kristallin an.

Die Norische Decke setzt als obere Grauwackendecke über dem Karbon bei Lassing als Fortsetzung der westlich davon gelegenen einheitlichen Grauwackenzone gegen Osten hin ein. Sie besteht hauptsächlich aus Grauwackenschiefer und Grünschieferzügen. Ab dem Blaseneck nordöstlich von Gaishorn ist nach Osten hin Blaseneckporphyroid aufgelagert, der sich bis in die Gegend des Johnsbachtales zieht. Über diesem folgt unter Zwischenschaltung von Polsterquarziten und Radschiefern der kalkführende Zeiritzzug. Nördlich davon stellt sich nun bis zum Kalkalpenrand bei Johnsbach, Radmer und dem Kaiserschild-Südrand eine komplizierte Schuppen- und Faltenfolge aus Schiefern, Porphyroid und Kalk ein. Im Raum südwestlich von Eisenerz transgredieren die Präbichlschichten über einen Schuppenbau aus Schieferkalk- und Kalkserien.

Die Norische Decke der östlichen Grauwackenzone enthält zahlreiche Siderit-Ankerit-Verzerrungen („Rohwand“). Das bekannteste Beispiel hierfür ist der Steirische Erzberg, auf welchen an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden muß, da es sich um eine Eisenerz-Lagerstätte handelt. Gelegentlich sind diese Verzerrungen jedoch mit einer starken Kupfererzföhrung verbunden, so im Gebiet Radmer und bei Johnsbach. Vorkommen





mit Dominanz von Buntmetallen ohne Bindung an Eisenvererzungen sind in der östlichen Grauwackenzone ausgesprochen selten.

Die Eisenerzer Grauwackenzone wird von einer Reihe von Bruchlinien durchzogen, von denen besonders die Paltenstörung, der Bruch östlich von Vordernberg und die Walder Störung erwähnt werden sollen. Im Bereich des Finstergrabens südlich von Radmer an der Stube wurde früher eine sog. Radmerstörung angenommen. Nach einer Neueinstufung liegt in diesem Gebiet aber eine normale, ungestörte, aufsteigende Schichtfolge vor (FLÜGEL 1984, HIESSLEITNER 1931, TOLLMANN 1985).

2.3 Historisches über den Bergbau in den Untersuchungsgebieten

2.3.1 Walchengraben bei Öblarn

Im Jahr 1432 dürfte das Schmelzwerk bereits in vollem Betrieb gestanden sein. Schon zwei Jahre später wird eine Schmelzhütte verzeichnet. In den folgenden rund 150 Jahren wird unter wechselnden Betreibern in der Walchen abgebaut und neue Stollen getrieben. Der Beginn des 18. Jh. wird als Blütezeit des Bergbaues im Walchengraben angesehen. Danach werden noch zwei weitere Stollen angeschlagen, bevor 1802 vom damaligen Besitzer Graf Batthyány der Konkurs angemeldet wird. Schließlich wird der Bergbau erneut verkauft und wenige Jahre später als nicht mehr abbauwürdig aufgelassen. Nach einigen erfolglosen Versuchen erfolgt schließlich 1891 die Wiederinbetriebnahme als Schwefelkiesbergbau, der 1922 wieder eingestellt wird, da keine großen Erzmengen aufgeschlossen werden konnten und das Vorkommen kostspielige Neuinvestitionen erfordert hätte. Erst der erhöhte Erzbedarf 1938 bewirkt die Wiederaufnahme der Arbeiten, wobei allerdings keine Neuaufschlüsse geschaffen, sondern nur Gewaltigungsarbeiten durchgeführt wurden. Bis zum Jahr 1942 ist die in den vergangenen Jahren vollständig verbrochene Grube wiederbefahrbar hergestellt, es werden geologische Aufnahmen gemacht, aber kein Material gefördert. 1958 erfolgt die Stilllegung des Bergbaues und Einstellung des Grubenbetriebes (nach UNGER 1968).

2.3.2 Eisenerzer Ramsau

Die Region der Eisenerzer Alpen wurde im Rahmen des Projektes „Kulturlandschaftsforschung – Modul: Bergbaufolgelandschaften“ (KATTER & al. 2000, EMMERER & al. 2003) hinsichtlich ihrer bergbaulichen und siedlungsgeschichtlichen Vergangenheit näher untersucht. Nach Ausführungen von KLEMM (1998) zeigt die archäologische Fundlandschaft im Untersuchungsgebiet Eisenerzer Alpen, dass der seit dem Spätneolithikum, vor allem in der Bronzezeit und in der Urnenfelderzeit so wichtige Rohstoff Kupfer im gesamten Gebiet der Eisenerzer Alpen „im großen Stil“ bergmännisch gewonnen und weiterverarbeitet wurde. Für die nachfolgende Eisenzeit gibt es derzeit weder ausreichende Anhaltspunkte für eine intensive Besiedlung noch für eine Kupfergewinnung und -verarbeitung. Datierbare Ausgrabungen von Schmelzofenresten aus der Zeit um 200 n. Chr. beweisen, dass bereits die Römer Eisenerzbergbau am Steirischen Erzberg betrieben haben (KIRNBAUER 1968). Kupfer und Eisen wurden bis in die Neuzeit an mehreren Orten im Gebiet der Eisenerzer Alpen gewonnen. Die Kohlplätze, archäologisch eventuell seit der Urgeschichte, historisch zumindest seit dem Mittelalter nachweisbar, sind Relikte eines bedeutenden Wirtschaftszweiges in der Bergbauregion.

Der erste prähistorische Kupferschlackenfund aus der Eisenerzer Ramsau wurde im Jahr 1991 gemeldet. Davor waren bereits Fundstellen prähistorischer Kupferverhüttung aus den Regionen Gaishorn (Gemeinde Gaishorn am See), Neuburg (Gemeinde Radmer und Johnsbach), Gschaidegger (Gemeinde Johnsbach) und im Gebiet beiderseits der Palten bekannt. Neben den bronzezeitlichen Kupferschlackenhalde wurden in der Eisenerzer Ramsau auch Kupferschmelzplätze und Kohlenmeiler gefunden und montanarchäologisch untersucht (KLEMM 1998).





2.4 Klimatische Verhältnisse

2.4.1 Die Niederen Tauern – Teil Wölzer Tauern

Information über die klimatischen Verhältnisse in den Niederen Tauern können SCHNEEWEISS & SCHÖNSWETTER (1999) sowie WAKONIGG (1978) entnommen werden und sind auch in EMMERER & HAFELLNER (2003) zusammenfassend dargestellt.

Die Abraumhalden an den Abhängen des Walchengrabens liegen in der von WAKONIGG (1978) als obere Berglandstufe auf der Nordseite der Niederen Tauern bezeichneten Klimalandschaft. Die Zone umfasst den Bereich zwischen der oberen Siedlungsgrenze in 1200 bis 1300 m und der Waldgrenze in 1700 bis über 1800 m. Die Lage nördlich des Alpenhauptkammes äußert sich im Vergleich zur Südseite in wesentlich vermehrter Niederschlagstätigkeit und Bewölkung. Die Sonnenscheindauer weist zwei Minima im Spätherbst und Frühjahr bis Frühsommer sowie Maxima im Winter und Frühherbst auf. 50% Sonnenscheindauer werden nur im Herbst erreicht, im Frühsommer sind es kaum über 40%. Bei 140 bis 170 Niederschlagstagen fallen 1200 bis 1700 mm, wobei sich besonders der Sommer durch häufig längere Regenperioden auszeichnet. Entsprechend ist die Dauer der Schneebedeckung mit 150 bis 200 Tagen je nach Seehöhe lange.

Die Tabellen 2–4 enthalten klimatologische Daten der Messstation St. Nikolai im Sölketal, welche den untersuchten Haldenstandorten im Walchengraben am nächsten liegt und der Seehöhe annähernd entspricht.

Tab. 2: Durchschnittliche Niederschlagsmengen [mm] seit 1895 (Quelle: Hydrographischer Dienst in Österreich 1998)
Average rainfall [mm] since 1895 (origin of data: Hydrographischer Dienst in Österreich 1998)

Messstelle	Monatsmittel												Jahresmittel
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
St. Nikolai i. Sölketal (1120 m)	19	5	115	64	76	177	199	121	197	114	55	57	1199

Tab. 3: Monatsmittel der Temperatur [° C] seit 1896 (Quelle: Hydrographischer Dienst in Österreich)
Average temperature per month [° C] (origin of data: Hydrographischer Dienst in Österreich 1998)

Messstelle	Monatsmittel												Jahresmittel
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
St. Nikolai i. Sölketal (1120 m)	-3,6	-0,5	-1,6	4,7	8,5	12,2	13,5	13,1	9,2	5,1	-1,7	-3,6	4,5

Tab. 4: Schneeverhältnisse Winter 1997/98 (Quelle: Hydrographischer Dienst in Österreich) Schneebedeckung = Periode mit Schneedecke, die mindestens für einen Tag unterbrochen ist
Snow conditions, winter 1997/89 (origin of data: Hydrographischer Dienst in Österreich 1998)

Messstelle	Schneebedeckung [Beginn–Ende]	Anz. d. Tage mit Schneebedeckung	größte Schneehöhe [cm]
St. Nikolai i. Sölketal (1120 m)	15.10.–20.04	150	136

2.4.2. Eisenerzer Alpen

Vergleichbar mit den Niederen Tauern werden auch die Eisenerzer Alpen nach Norden hin gegen westliche bis nordwestliche Witterungseinflüsse abgeschirmt, wodurch in





dieser Region die Niederschläge und Schneemengen nicht so ergiebig sind wie in den nördlich vorgelagerten Gebirgsstöcken des Toten Gebirges und der Ennstaler Alpen. Innerhalb der Eisenerzer Alpen nehmen die Niederschläge von W nach E ab.

Obleich das Untersuchungsgebiet Eisenerzer Ramsau inmitten der Eisenerzer Alpen liegt, ist die Klimasituation in den Tallagen um Eisenerz mit der Eisenerzer Ramsau, sowie dem Seitental Radmer eine eigenständige. Das Klima der Talböden wird als mäßig kalt, mäßig sommerwarm und leicht ozeanisch beeinflusst beschrieben. Die Durchlüftung ist relativ günstig, wodurch die Inversionsgefahr gering ist. Das Gebiet ist relativ nebelarm (Eisenerz etwa 25 Tage), nur an den Hängen nimmt die Zahl der Tage mit Nebel rasch zu. (WAKONIGG 1978, LUIS 2004).

Klimatologischen Daten sind den Tabellen 5–7 zu entnehmen.

Tab. 5: Durchschnittliche Niederschlagsmengen [mm] 1951–1970 (WAKONIGG 1978)
Average rainfall [mm] since 1895 (origin of data: Hydrographischer Dienst in Österreich 1998)

Messstelle	Monatsmittel												Jahresmittel
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Eisenerz (737 m)	75	73	76	92	127	170	200	163	95	98	78	92	1339

Tab. 6: Monatsmittel der Temperatur [° C] 1951–1970: (WAKONIGG 1978)
Average temperature per month [° C] (origin of data: Hydrographischer Dienst in Österreich 1998)

Messstelle	Monatsmittel												Jahresmittel
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Eisenerz (737 m)	-2,8	-1,3	2,1	6,9	11,5	15,1	16,5	15,8	13,1	8,2	3	-1,6	7,2

Tab. 7: Schneeverhältnisse Winter 1950/51–1969/70: (WAKONIGG 1978). Schneebedeckung = Periode mit Schneedecke, die mindestens für einen Tag unterbrochen ist
Snow conditions, winter 1997/89 (origin of data: Hydrographischer Dienst in Österreich 1998)

Messstelle	Schneebedeckung [Beginn–Ende]	Anz. d. Tage mit Schneebedeckung	größte Schneehöhe [cm]
Eisenerz (737 m)	11.11.–20.04.	103	69

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 Zellgift ist. 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 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen ÖK 1 : 50000.





3.2 Aufnahme- und Analysemethoden

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 REICHELT & WILMANN (1973) vorgeschlagenen Weise erweitert.

Skala	Deckung
5	> 75–100%
4	> 50–75%
3	> 25–50%
2b	Individuenzahl beliebig, > 15–25%
2a	Individuenzahl beliebig, > 5–15%
2m	> 50 Individuen, Deckung < 5%
1	1–5%
+	< 1%
R	Ganz vereinzelt, meist nur ein Exemplar

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt FISCHER (1994), die der Moose FRAHM & FREY (1992) bzw. ROTH (1904, 1905) und jene der *Poblia*-Arten SHAW (1981). Die Benennung der Flechten richtet sich nach WIRTH (1995). Die Namen der Pflanzengesellschaften werden nach GRABHERR & MUCINA (1993), 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.

Die Fotos wurden von der Erstautorin (Figs. 2–3) bzw. von Herrn Trinkaus (Fig. 4) im Jahr 1998 aufgenommen.

3.3 Auswertung

Die Eingabe der Vegetationsaufnahmen und die Zeigerwertberechnung erfolgten im Programm HITAB 5. Die Berechnung der mittleren Zeigerwerte erfolgte ohne Gewichtung nach dem Deckungsgrad. Die Auswertung der Vegetationsaufnahmen und Erstellung der Diagramme wurden mit Hilfe von MS Excel 2000 vorgenommen. Die Übersichtskarten der Untersuchungsgebiete wurden nach den amtlichen Österreichischen Karten im Programm Adobe Photoshop 5.0 gezeichnet.

4. Ergebnisse

Die Vegetation auf den untersuchten Haldenstandorten kann in die zwei folgenden Einheiten gegliedert werden:

- Abraumhalden im Walchengraben – (Ober-)montane Fichtenwälder
- Schlackenhalden in der Eisenerzer Ramsau – Von Flechten und Moosen dominierter Vegetationstyp auf Lichtungen in montanen Fichtenwäldern





4.1 Die Abraumhalden im Gebiet Walchengraben

4.1.1 Charakterisierung der Haldenstandorte

Aus der Zeit des Schwefel- und Kupferkiesabbaues im Walchengraben (15. Jhd. bis in die Nachkriegszeit) sind heute noch mehrere Abraumhalden, Stollenmundlöcher und Gebäudereste erhalten, die sich vom Talboden auf ca. 980 m an den Abhängen des Karlspitz bis in eine Höhe von ca. 1500 m hinauf ziehen. Für die vegetationskundlichen Untersuchungen wurden die Halden W1, W2 und W3 ausgewählt (Fig. 5).

Halde W1: Die großflächige Halde W1 liegt hangaufwärts an einer Forststraße und weist eine Neigung von ca. 25° auf. Sie wird von einem kleinen Steig durchschnitten, der sich von der darunter liegenden Forststraße in den darüber anschließenden Fichtenforst zieht.

Im Boden findet man rostig verwittertes, grusiges, feines Gesteinsmaterial und, vermischt mit grobem Haldenschutt mit einem Durchmesser von 10–30 cm.

Die Haldenvegetation zeichnet sich durch eine lockere Bestockung mit 8–10 Jahre alten Gehölzen wie *Betula pendula*, *Picea abies*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*, *Populus tremula* und *Salix caprea* aus. Sie ist durch die Vegetations-Aufnahme Nr. 10 repräsentiert.

Halde W2: Diese Abraumhalde ist umgeben von Fichtenforst und zeichnet sich durch eine Zonierung in hangabwärts verlaufende, 2–8 m breite aneinandergrenzende Vegetationsstreifen aus (Fig. 2).

Im Bereich des „Pionierstreifens“, knapp unter der Haldenoberkante besteht der Skelettanteil des Bodens aus Grobkies und Schieferplättchen mit 2–7 cm Durchmesser. Schutt mit bis zu 13 cm Durchmesser ist kaum vorhanden. Das Feinmaterial kann als sandiger bis schluffiger Lehm bezeichnet werden. Die Durchwurzelung reicht bis in eine Tiefe von ca. 20 cm. Ausnahmsweise werden auch stärkere Wurzeln gebildet, die auch tiefer in die ausgebleichte Schicht eindringen. Der Boden am Mittelhang des „Pionierstreifens“, zwischen Wald- und Blockschuttstreifen ist bis in eine Tiefe von 10 cm rotbraun, darunter stößt man auf gröberes Material und stärkeres Wurzelwerk. Im Gegensatz zum „Pionierstreifen“ knapp unter der Kuppe ist hier kein ausgebleichter Horizont ausgebildet.

Profilbeschreibung der oberen 30 cm (aus dem Bereich des Pionierstreifens)
Description of a soil profile

Profiltiefe	Horizontbeschreibung
0–8 cm	Verbraunter Horizont mit hohem Skelettanteil, Durchwurzelung
8–10 cm	Rotbrauner Horizont mit hohem Skelettanteil, Durchwurzelung
10– cm	Bleicher, grau-weißer Horizont, Durchwurzelung

Schwermetallgehalte aus Mischproben der obersten Bodenschichten
Content of heavy metals from composite samples of the upper soil layers

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
10,2	746	174	782	3,75	4770

Die Vegetation dieser Halde bildet charakteristische, gut voneinander abgegrenzte, parallel zur Fallinie verlaufende Streifen. An eine Zone mit Blockschutt, die mit Ausnahme von gut entwickelten Krustenflechten-Überzügen auf den Gesteinstrümmern vegetationslos ist, schließt eine grasreiche Pionierzone an (Veg.-Aufn. 13–15), die wiederum an einen Fichtenforst-Streifen (Veg.-Aufn. 11, 12) grenzt. In diesem tritt verstärkt Säbelwuchs auf, der darauf hindeutet, dass der Untergrund noch nicht völlig zur Ruhe gekommen ist.





Halde W3: Die Flanken sind SW- bis W-exponiert und fallen mit 30–35 ° bis zu einer an ihrer Basis vorbeiführenden Forststraße ab. Risse im Erdreich lassen auf Materialbewegungen an den Haldenflanken schließen (Fig. 3).

In Bezug auf die Korngrößen wurde der Boden im bewachsenen Bereich der Halde genauer untersucht. Eine Grabung ist mit „leichtem Werkzeug“ nur bis in eine Tiefe von 35 cm erfolgreich. Hier stößt man auf Schieferplatten. Der Skelettanteil des Bodens besteht aus Feinschutt und größeren Blöcken mit 15–30 cm Durchmesser, die teilweise mit feinerem Material und kleinen rostigen Schieferplättchen (2–10 cm Durchmesser) überdeckt sind. Die Durchwurzelung reicht bis in eine Tiefe von ca. 25 cm.

Profilbeschreibung der oberen 35 cm
Description of a soil profile

Profiltiefe	Horizontbeschreibung
0–7 cm	Verbraunter, rostroter Horizont, mit hohem Skelettanteil, Durchwurzelung
7–25 cm	Hell- bis rostbrauner Horizont, mit hohem Skelettanteil (größer als in der Schicht darüber), Durchwurzelung
25–35 cm	Rostbrauner Horizont, mit weiterer Zunahme des Skelettanteils
35– cm	Schieferplatten, kaum feineres Material dazwischen

Schwermetallgehalte von Mischproben der obersten Bodenschichten
Content of heavy metals from composite samples of the upper soil layers

Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]
12,4	1020	177	888	2,59	2740

Vegetation: Die Abraumhalde ist nur auf ihrer Plateaufläche licht bewaldet (Veg.-Aufn. 19). Die Flanken weisen nur teilweise eine lückige Vegetationsdecke auf (Veg.-Aufn. 16–18, 20). Eine Fläche, die in ihrer Ausdehnung etwa zwei Drittel der SW-Flanke einnimmt, ist gänzlich unbewachsen. Grund dafür dürfte ein intensiv bewegter Untergrund bei relativ starker Hangneigung (ca. 35 °) sein. Diese Bewegungen sind auch im angrenzenden, bewachsenen Haldenteil anhand von Rissen im Erdreich erkennbar. Ein völliges Abrutschen wird hier möglicherweise durch den, wenn auch sehr spärlichen Bewuchs verhindert.

Am orografisch rechten Rand der konvex gewölbten Halde W3, fällt die Haldenflanke relativ steil zu einem kleinen Bach hin ab. Bedingt durch reichlich Sickerwasser hat sich hier, am orografisch linken Ufer des Baches, eine Vegetation mit Quellflurcharakter entwickelt. Von den Gefäßpflanzen dominiert *Saxifraga stellaris* und auch einige Laubmoose (z.B. *Pohlia andalusica*, *Pohlia elongata*, *Oligotrichum hercynicum*) sind in größerer Menge vorhanden. Diese Vergesellschaftung wurde von den Autoren auch auf Abraumhalden alpiner Bergbaue (Zinkwand, Giglerbaue, Seekar) gefunden und ist an anderer Stelle (EMMERER & HAFELLNER 2003) detailliert beschrieben.

4.1.2 Charakterisierung des Vegetationstyps

4.1.2.1 Ökologische Standortpräferenzen vorhandener Arten

(nach: FRAHM & FREY 1992, OBERDORFER 1994, WIRTH 1995)

Arten auf Lehmböden: *Avenella flexuosa*, *Baeomyces rufus*, *Calluna vulgaris*, *Cladonia fimbriata*, *Cladonia furcata*, *Dibaeis baeomyces*, *Picea abies*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*.





Arten auf Rohhumus: *Avenella flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Cladonia bellidiflora*, *Cladonia squamosa*, *Placynthiella oligotropha*, *Placynthiella uliginosa*, *Trapeliopsis granulosa*, *Vaccinium vitis-idaea*.

Pionierpflanzen: *Calluna vulgaris*, *Cladonia fimbriata*, *Picea abies* (Pionier auf Magerweiden), *Rumex acetosella*.

Arten auf offenen Böden: *Cladonia fimbriata*, *Pohlia andalusica*.

Arten an feuchten Standorten: *Baeomyces rufus*, *Cladonia bellidiflora*, *Cladonia gracilis*, *Cladonia squamosa*, *Placynthiella oligotropha*, *Placynthiella uliginosa*, *Pogonatum urnigerum*, *Pohlia andalusica*, *Polytrichum commune*.

Magerkeitszeiger: *Avenella flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Cladonia squamosa*, *Rumex acetosella*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*.

Arten mit breiter ökologischer Amplitude: *Cladonia coniocraea*, *Cladonia furcata*, *Cladonia gracilis*.

4.1.2.2 Familienspektrum der Gefäßpflanzen

Im Kreisdiagramm (Fig. 7) sind jene fünf Familien dargestellt, welche die häufigsten Artennennungen aufweisen. Die Prozentangaben stellen die Anzahl der Artennennungen in der jeweiligen Familie in Bezug auf sämtliche Artennennungen innerhalb der (ober-)montanen Fichtenwälder (Tab. 8, Aufnahmen Nummer 10–20) dar und beziehen sich auf die Baum-, Strauch- und Krautschicht.

In „Übrige“ (16%) wurden folgende Familien unter Angabe des jeweiligen Prozentanteils an allen Artennennungen zusammengefasst.

Caryophyllaceae	2,6%	Campanulaceae	1,3%
Saxifragaceae	2,6%	Dryopteridaceae	1,3%
Thelypteridaceae	2,6%	Juncaceae	1,3%
Asteraceae	1,3%	Onagraceae	1,3%

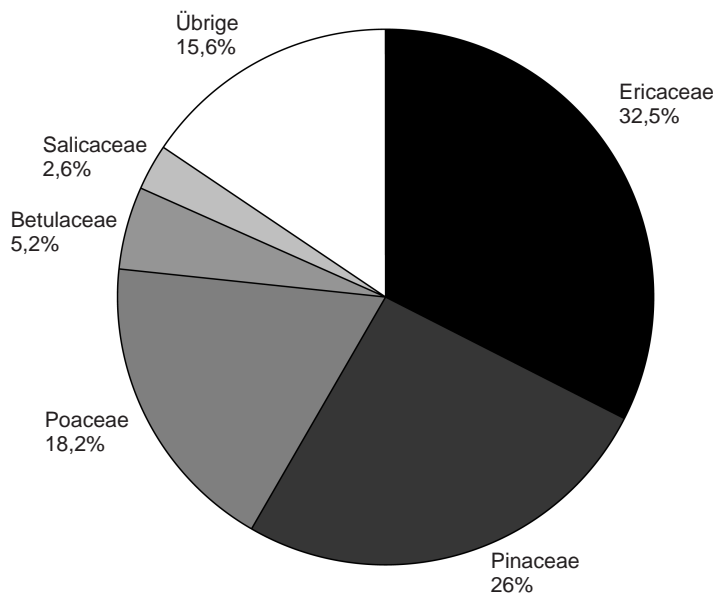


Fig. 7: Familienspektrum der Gefäßpflanzen – Walchengraben.
The spectrum of vascular plant families – Walchengraben.





Tab. 8: Montane Fichtenwälder (*Piceetalia excelsae*) auf den untersuchten Abraumhalden im Walchengraben
 Montane spruce forest (*Piceetalia excelsae*) on the investigated waste heaps in the Walchengraben

fortlaufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aufnahme-Nr.	15	14	13	16	17	10	20	18	19	12	11
Datum:	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998	18.07.1998
Seehöhe [m]:	1250	1250	1250	1500	1500	1100	1500	1500	1500	1250	1250
Exposition:	S	S	S	SW	SW	W	SW	SW	SW	S	S
Neigung [°]:	25	25	25	30	30	25	35	35	10	25	25
Fläche [m²]:	5	5	10	6	9	100	4	9	100	300	150
Veg.höhe Baumschicht [m]:	-	-	-	-	-	-	-	-	15	12	10
Deckung-Baumschicht [%]:	-	-	-	-	-	-	-	-	50	60	80
Deckung-Strauchschicht [%]:	1	5	-	-	-	32	-	-	5	5	35
Deckung-Krautschicht [%]:	11	16	22	22	10	6	25	60	90	47	20
Deckung-Kryptogamen [%]:	14	13	8	7	11	13	15	15	15	9	18
Gesamtdeckung [%]:	25	30	30	30	20	45	40	70	98	50	60
Datenzahl:	16	14	16	12	8	25	19	12	28	28	18
Artenzahl:	16	13	16	12	8	24	19	12	27	27	16

Schicht

O.-KA											
Blechnum spicant	K								r		
Rhytidiadelphus loreus	M								+		
O.-DA											
Avenella flexuosa	K	1	+	2a	2b	1	r	+	1	1	1
Calluna vulgaris	Z	1	2a	r	+	1	+	1	3	1	+
Picea abies	S	+	1				2a			1	1
Picea abies	1									2b	3
Thelypteris limbosperma	K									r	+
Luzula luzuloides	K										+
Calamagrostis villosa	K									r	
Calypogeia trichomanis	M										+
KI.-KA											
Vaccinium myrtillus	Z	r	r	1	+	+		1	1	4	3
Vaccinium vitis-idaea	Z	r						1		1	+
Pleurozium schreberi	M									1	+
Begleiter											
Cladonia macilenta	F	+		r							
Trapeliopsis granulosa	F	1	+	+				+			+
Cynodontium polycarpum	M	+	+							r	
Dicranella heteromalla	M	1	r	+	+	+			+		
Placynthiella uliginosa	F	+	1	1	1	1	2a				
Picea abies	K		+	+	r		1				
Cladonia chlorophaea	F				r			+	r	r	
Polytrichum juniperinum	M							+	r	r	
Pogonatum urnigerum	M							1		r	
Polytrichum commune	M							+	+		
Cladonia furcata	F							+	r	r	
Cladonia bellidiflora	F	+						+	+	+	
Placynthiella oligotropha	F							1	1	+	
Cladonia gracilis	F								+	+	
Dicranum scoparium	M									1	1
Polytrichum formosum	M	+									+
Cynodontium strumiferum	M										+
Lophocolea heterophylla	M										+
Plagiothecium undulatum	M										+
Betula pendula	1									1	+
Cladonia fimbriata	F	+	r	+	+	r		+	r		1
Baeomyces rufus	F		+	+	+		+	r	+		r
Cladonia coniocraea	F		+	+	+		+				r
Dibaeis baeomyces	F	+	1	+	+	1	r	+	1	+	
Larix decidua	S							+			1
Silene rupestris	K	r						1			
Cladonia caespiticia	F			r				r			
Hypnum cupressiforme	M							+			+
Saxifraga stellaris	K							r		r	
Cladonia squamosa	F									+	+
Tetraphis pellucida	M								+		+





Begleiter, die nur in einer Aufnahme vorkommen:

10: *Agrostis capillaris* +, *Barbula unguiculata* (M) +, *Betula pendula* (1) 2a, *Bryum capillare* agg. (M) +, *Bryum pallescens* (M) +, *Cystopteris* sp. r, *Epilobium collinum* r, *Marchantia polymorpha* (M) r, *Pinus sylvestris* (S) +, *Populus tremula* (S) r, *Salix caprea* (S) +. 11: *Larix decidua* (1) 2a, *Plagiothecium curvifolium* (M) +. 12: *Bazzania tricenata* (M) +, *Diplophyllum albicans* (M) +, *Ptilidium pulcherrimum* (M) +, *Cladonia digitata* (F) r. 13: *Betula pendula* r, *Cladonia pyxidata* (F) r, *Larix decidua* +. 14: *Arthrorhaphis grisea* (F) +. 16: *Jamesoniella autumnalis* (M) +, *Pohlia* sp. (M) r. 17: *Pohlia andalusica* (M) r. 18: *Cephaloziella rubella* (M) +. 19: *Arnica montana* +, *Cladonia macroceras* (F) +, *Orthodicranum montanum* (M) +, *Polytrichum piliferum* (M) +, *Plagiothecium laetum* (M) +, *Campanula barbata* r. 20: *Festuca pumila* 1, *Cladonia crispata* (F) +, *Cetraria islandica* (F) +.

Kopfdaten aus der Vegetationstabelle „Montane Fichtenwälder (Piceetalia excelsae)“:
Die Angaben aus dem Tabellenkopf sind in folgender Reihenfolge angegeben: Fortlaufende Nummer/Aufnahme-Nr., Bergbauggebiet, Halde, Datum, Seehöhe, Exposition, Neigung, Fläche, Deckung-Strauchschicht, Deckung-Krautschicht, Deckung-Kryptogamen, Gesamtdeckung, Datenzahl, Artenzahl.

1/15, Walchengraben, W2, 18.07.1998, 1250 m, S, 25°, 5 m², 0 m, 0%, 1%, 11%, 14%, 25%, 16, 16.
2/14, Walchengraben, W2, 18.07.1998, 1250 m, S, 25°, 5 m², 0 m, 0%, 5%, 16%, 13%, 30%, 14, 13.
3/13, Walchengraben, W2, 18.07.1998, 1250 m, S, 25°, 10 m², 0 m, 0%, 0%, 22%, 8%, 30%, 16%, 16%.
4/16, Walchengraben, W3, 18.07.1998, 1500 m, SW, 30°, 6 m², 0 m, 0%, 0%, 22%, 2%, 30%, 12%, 12%.
5/17, Walchengraben, W3, 18.07.1998, 1500 m, SW, 30°, 9 m², 0 m, 0%, 0%, 10%, 11%, 20%, 8%, 8%.
6/10, Walchengraben, W1, 18.07.1998, 1100 m, W, 25°, 100 m², 0 m, 0%, 32%, 6%, 13%, 45%, 25%, 24%.
7/20, Walchengraben, W3, 18.07.1998, 1500 m, SW, 35°, 4 m², 0 m, 0%, 0%, 25%, 15%, 40%, 19%, 19%.
8/18, Walchengraben, W3, 18.07.1998, 1500 m, SW, 35°, 9 m², 0 m, 0%, 0%, 60%, 15%, 70%, 12%, 12%.
9/19, Walchengraben, W3, 18.07.1998, 1500 m, SW, 10°, 100 m², 15 m, 50%, 5%, 90%, 15%, 98%, 28%, 27%.
10/12, Walchengraben, W3, 18.07.1998, 1250 m, S, 25°, 300 m², 12 m, 60%, 5%, 47%, 9%, 50%, 28%, 27%.
11/11, Walchengraben, W2, 18.07.1998, 1250 m, S, 25°, 150 m², 10 m, 80%, 35%, 20%, 18%, 60%, 18%, 16%.

4.1.2.3 Soziologische Eingliederung

Da an den untersuchten Standorten im Walchengraben Charakterarten von Gesellschaften auf Schwermetallstandorten fehlen, können die Aufnahmen keiner der von schwermetallreichen Böden beschriebenen Pflanzengesellschaften (ERNST 1965) zugeordnet werden. Mit weitgehender Sicherheit sind die Aufnahmen dieser Standorte als nicht zuordenbare Gesellschaften der Ordnung Piceetalia excelsae (WALLNÖFER 1993) aufzufassen, wenngleich auch nur wenige Ordnungs-Kennarten enthalten sind (Tab. 8). Aufgrund der vorliegenden Daten über die Bergbautätigkeiten im Walchengraben ist davon auszugehen, dass zumindest die Haldenkomplexe W2 und W3 seit ca. 60–150 Jahren nicht mehr mit frischem Abraummateriale überschüttet wurden, demnach eine ungestörte Vegetationsentwicklung seit mindestens einem halben Jahrhundert angenommen werden kann. Nachdem von typischen Schwermetallzeigern in der näheren Umgebung keine Funde an natürlichen Standorten bekannt sind, Sporen, Samen und Früchte also aus erheblicher Entfernung auf die relativ kleinen Flächen der Halden anfliegen müssen, kann vermutet werden, dass die Zeitspanne für die Entwicklung typischer Schwermetallvegetation nicht ausgereicht hat. Andererseits ist der Samendruck von den umgebenden Fichtenforsten her beträchtlich.

Auftretende Kennarten der Ordnung Piceetalia excelsae Pawłowski in Pawłowski & al. 1928:

Blechnum spicant
Rhytidiadelphus loreus





Auftretende Differenzialarten der Ordnung Piceetalia excelsae Pawłowski in Pawłowski & al. 1928:

Avenella flexuosa
Calamagrostis villosa
Calluna vulgaris
Calyptogeia trichomanis
Luzula luzuloides
Thelypteris limbosperma

Auftretende Kennarten der Klasse Vaccinio-Piceetea Br.-Bl. in Br.-Bl. & al. 1939:

Picea abies
Vaccinium myrtillus
Vaccinium vitis-idaea
 (*Pleurozium schreberi* mit dem Verbreitungsschwerpunkt in dieser Klasse)

4.2 Die Schlackenhalden in der Eisenerzer Ramsau

4.2.1 Charakterisierung der Haldenstandorte

Die prähistorischen Kupfererz-Schlackenhalden im Gebiet der Eisenerzer Ramsau zeichnen sich durch artenarme, von Flechten und Moosen dominierte Gesellschaften aus. Diese Standorte weisen durchwegs eine geringe Flächenausdehnung auf und sind von der umgebenden Vegetation scharf abgegrenzt. Eine Bodenuntersuchung bzw. das Graben eines Profils war auf diesen Schlackenhalden nicht möglich, da es sich um archäologische Bodendenkmäler handelt.

Halde E1: Die Schlackenhalde ist Teil eines Haldenkomplexes aus 4 Schlackenhalden, wobei sich die Bezeichnung „Komplex“ auf den sich heute bietenden Anblick bezieht. Tatsächlich handelt es sich dabei um eine großflächige, zusammenhängende Schlackenaufhäufung, auf welcher sich partiell kein Fichtenforst-Unterwuchs entwickeln konnte bzw. eine ehemals ausgebildete Vegetationsdecke durch eine umstürzende Fichte weggerissen wurde. Letzteres trifft höchstwahrscheinlich auf die Halde E1 zu. Sie ist die markanteste und größte des Komplexes und durch die Veg.-Aufn. 64–67 (Tab. 10) charakterisiert.

Die Grenze zu ihrem Umfeld ist durch einen plötzlichen Wechsel der Vegetationszusammensetzung ganz deutlich zu erkennen. Der obere Bereich ist leicht geneigt (ca. 15 °). Hangabwärts schließt nach einem markanten Abbruch ein steiler Abhang mit lockerem, stark bewegtem Untergrund an. Der Boden der gesamten Halde ist sehr flachgründig, locker, rutscht anscheinend immer wieder nach und ist mit Ausnahme eines Randbereiches an der orografisch linken Haldenseite, sehr gut durchfeuchtet.

Die drei kleineren Halden des Komplexes scheinen in Bezug auf ihren Untergrund trockener und von flacherer Hangneigung zu sein. Die Abgrenzung zur umgebenden Vegetation ist bei diesen kleinen Flächen nicht so exakt möglich.

Von der Schlackenhalde E1 und deren Umfeld liegen umfangreiche Ergebnisse einer Schwermetallanalyse vor (Tab. 9). Die Bodenproben stammen einerseits direkt von der offenen Fläche der Halde, wobei wiederum zwischen Bereichen die von Flechten und Moosen dominiert werden (Veg.-Aufn. 64, 65) und jenen mit höherem Gefäßpflanzenanteil (Veg.-Aufn. 66, 67) differenziert wird. Andererseits wurde ausgehend von den Haldenflächen ein Transekt gelegt und Proben in einer Entfernung von 2–10 m, 150 m und 300 m vom Haldenzentrum genommen.





Tab. 9: Schwermetallanalysen von Bodenproben aus dem Bereich der Halde E1 und ihrem Umfeld. „Halde, kry“ = Haldenfläche, die ausschließlich mit Flechten und Moosen bewachsen ist. „Halde, ph“ = Haldenfläche, auf der auch Gefäßpflanzen wie *Vaccinium myrtillus*, *Saxifraga stellaris* oder *Rumex acetosella* auftreten. „Entf.“ = Entfernung des Ortes der Probenahme zur offenen Haldenfläche.
Analyses of heavy metal in the sample of the soil on the slag heap E1 and in its surroundings. „Halde, kry“ = heap area with lichens and mosses only. „Halde, ph“ = heap area, with vascular plants, as e.g. *Vaccinium myrtillus*, *Saxifraga stellaris* or *Rumex acetosella*, occurring beside the lichens and mosses.

Probe	Standort	Fe [%]	Cu [mg/kg]	Zn [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb[mg/kg]
12	Halde, kry	7,58	16100,0	86,1	89,9	0,56	49,2
13	Halde, kry	5,52	24800,0	167,0	60,7	0,47	28,9
14	Halde, kry	6,55	29000,0	176,0	65,5	0,49	23,7
15	Halde, ph	8,12	4500,0	68,1	93,4	0,36	68,4
16	Halde, ph	8,99	3980,0	64,2	84,1	0,28	65,0
17	Halde, ph	8,85	4150,0	67,6	90,0	0,29	68,3
18	2–10 m Entf	6,49	2650,0	48,2	73,2	0,38	102,0
19	2–10 m Entf	6,97	9680,0	87,8	81,7	0,43	62,1
20	2–10 m Entf	6,27	6740,0	76,0	72,0	0,43	74,8
21	150 m Entf	5,38	36,8	54,6	25,4	0,21	43,3
22	150 m Entf	4,25	602,0	53,5	22,6	0,22	85,1
23	150 m Entf	3,82	19,5	47,2	20,3	0,19	89,2
24	300 m Entf	2,96	146,0	48,5	17,1	0,32	96,0
25	300 m Entf	4,20	23,3	45,0	21,6	0,24	69,0
26	300 m Entf	4,26	598,0	50,8	26,1	0,28	74,8

Parallel zu diesen Bodenprobenanalysen wurden auch Regenwürmer auf ihren Schwermetallgehalt hin untersucht. Eine über den Bodengehalt hinausgehende Anreicherung von Schwermetallen konnte bei *Dendrobaena attemsi* (untersucht wurden subadulte und adulte Individuen) für die Elemente Blei, Zink und Cadmium nachgewiesen werden, wobei die höchsten Akkumulationsfaktoren bei Cadmium gefunden wurden. Auch Blei wurde sehr stark angereichert. Bei Kupfer und Eisen wurde im Regenwurmgewebe deutlich geringere Gehalte nachgewiesen als im Boden (EMMERER & al. 2003).

Die Vegetation des oberen Haldenbereiches ist in den Veg.-Aufnahmen 64–67 zusammengefasst und kann allgemein als moosreich charakterisiert werden (siehe auch Fig. 4). Im unteren, stark geneigten Teil findet man im Zentrum der Halde eine ca. 3 m² große Fläche, die zu 100 % mit *Nardia scalaris* und *Polytrichum formosum* bedeckt ist. Dazwischen sind wenig *Vaccinium myrtillus*, *Rumex acetosella* und *Saxifraga stellaris* und ein *Rhododendron ferrugineum*-Strauch eingestreut. In diesem Bereich scheint der Untergrund trotz der starken Neigung durch die Vegetationsdecke gut verfestigt zu sein.

Die Vegetation auf den drei weiteren Flächen des Haldenkomplexes ist nicht durch eigene Aufnahmen repräsentiert. Sie unterscheiden sich schon auf den ersten Blick von E1 durch das Fehlen größerer bemooster Flächen und einen größeren Anteil an Flechten und Gefäßpflanzen. Im Zentrum der Halden findet man *Vaccinium myrtillus* (wenig vital, teilweise blattlos), Sämlinge und Jungwuchs von *Picea abies*, *Rumex acetosella*, *Cetraria islandica*, *Cladonia furcata* in großen Lagern und *Dicranum scoparium*. Im Randbereich der Halden am Übergang zur umgebenden Vegetation treten zusätzlich noch *Maianthemum bifolium*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum formosum* und *Atrichum tenellum* auf.





Das Umfeld des Haldenkomplexes ist ein bodensaurer Fichtenforst mit vereinzelt Lärchen und einer extrem artenarmen Strauch- und Krautschicht. Die gesamte Gegend dürfte früher zur Brennholzgewinnung für die Schmelzöfen vollkommen entwaldet worden sein.

Liste der Arten im Unterwuchs des umgebenden Fichtenforstes, die auf den Haldenflächen nicht oder nur vereinzelt (*) anzutreffen sind:

Strauchschicht: *Picea abies*, *Rubus idaeus*, *Sorbus aucuparia*.

Krautschicht: *Avenella flexuosa**, *Blechnum spicant*, *Calamagrostis arundinacea*, *Dryopteris filix-mas*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Homogyne alpina*, *Huperzia selago*, *Luzula luzuloides*, *Luzula sylvatica*, *Lycopodium annotinum*, *Melampyrum sylvaticum**, *Oxalis acetosella*, *Vaccinium myrtillus**, *Veratrum album*.

Halde E2: An drei Seiten bildet ein dichter Fichten-Jungwald die Haldengrenze. Am unteren Rand der Fläche verläuft ein kleiner Bach. Ein durch die Fläche führender Wildwechsel dürfte die Ursache für die Bildung der Erosionsrinne gewesen sein, welche die Halde der Länge nach durchzieht. Über diese Rinne wird laufend Haldenmaterial ausgeschwemmt, wodurch sich die Erosionsfläche vergrößert.

Der Boden der Haldenfläche ist mäßig feucht bis trocken. In den Randbereichen scheint der Untergrund vor allem durch die in der Veg.-Aufn. 69 aufgezählten Arten recht gut stabilisiert zu sein. Auf den mehr zentral gelegenen Flächen sind lockere, rutschende Bereiche zu erkennen. Grobblöcke mit 8–15 cm Durchmesser findet man ausschließlich in der Erosionsrinne. Auf der übrigen Haldenfläche dominiert Material mit geringeren Korngrößen.

Bodenprofilbeschreibung an einem durch die Erosionsrinne freigelegten Abbruch
Description of a soil profile

Profiltiefe	Horizontbeschreibung
0–5 cm	Rotbraunes, feinerdereiches, toniges Material, vermischt mit feinsten Schieferplättchen, keine sichtbaren Schlacken
5–n cm	Bleiches, graues, toniges Feinmaterial

Die charakteristischen Ausprägungen der Haldenvegetation wurden mit jeweils einer Vegetations-Aufnahme belegt. Ein baumfreier Haldenbereich liegt orografisch rechts neben der Erosionsrinne und zieht sich bis in den unteren Teil der Halde, wo er schließlich mit einer von *Rumex acetosella* dominierten Zone in den Bachufersaum übergeht. Durch den starken Moosbewuchs erinnert diese Fläche stark an die oben Halde E1 (Veg.-Aufn. 68). Den oberen Bereich der Halde, im Grenzbereich zum umgebenden Fichtenforst prägen unter anderem ca. 1 m hohe Fichten (Veg.-Aufn. 69). Eine von *Rumex acetosella* dominierte Ausprägung des Haldenbewuchses wurde mit der Veg.-Aufn. 70 dokumentiert.

Der untere Haldenrand ist stark durch den vorbeifließenden Bach beeinflusst. Hier hat sich ein krautreicher Ufersaum unter anderem mit *Deschampsia caespitosa*, *Equisetum palustre*, *Equisetum sylvaticum*, *Dryopteris filix-mas*, *Athyrium filix-femina*, *Hypericum maculatum*, *Petasites albus*, *Rumex acetosella*, *Epilobium* sp. und *Mentha longifolia* entwickelt.

Halde E3: Diese Schlackenhalde liegt inmitten eines relativ dichten Fichten-Jungwaldes. Die Fläche selbst ist jedoch baumfrei. Im unteren Drittel durchquert ein Wildwechsel die Halde. Dadurch ist die Mooschicht in diesem Bereich aufgerissen und Rohboden, vermischt mit Schlacken und Schieferplättchen, kommt an die Oberfläche (Veg.-Aufn. 72). Eine großflächig geschlossene Moosdecke lässt für die restlichen Haldenfläche auf einen stabilen Untergrund schließen.





An der Bodenoberfläche liegen vereinzelt größere Schlacken und Schieferplatten mit 8 bis 20 cm Durchmesser, sowie kleinere, kantige Steine mit 1–5 cm Durchmesser. Besonders im Bereich des Wildwechsels ist erkennbar, dass sich unter der Mooschicht eine 2–3 cm mächtige Schicht mit schluffig-tonigem Feinmaterial angesammelt hat, die sich mit dem Moos vom darunterliegenden Erdreich abheben lässt. Unter diesem Feinmaterial liegt eine Schicht mit höherem Skelettanteil (Schieferplättchen und Schlacken bis 3 cm Durchmesser).

Die Vegetation ist mit den Aufnahmen 71–73 belegt. Der Fichten-Jungwald im Umfeld dieser Schlackenhalde ist ausschließlich mit ca. 10 m hoher *Picea abies* bestockt. An den lichtereren Stellen hat sich moosreicher Unterwuchs mit *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Gentiana asclepiadea*, *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* und *Plagiothecium undulatum* entwickelt.

4.2.2 Charakterisierung des Vegetationstyps

4.2.2.1 Ökologische Standortpräferenzen vorhandener Arten

(nach: FRAHM & FREY 1992, OBERDORFER 1994, WIRTH 1995)

Arten auf sandig-steinigen Lehmböden: *Cladonia furcata*, *Melampyrum pratense*, *Oligotrichum hercynicum*, *Picea abies*, *Rumex acetosella*, *Saxifraga stellaris*, *Vaccinium myrtillus*.

Art auf Sandböden: *Pohlia nutans*.

Art auf offenen Böden: *Pohlia andalusica*.

Arten an feuchten Standorten: *Jungermannia obovata*, *Nardia scalaris*, *Pohlia andalusica*, *Polytrichum commune*, *Saxifraga stellaris*.

Pionierpflanzen: *Picea abies* (Pionier auf Magerweiden), *Rumex acetosella*.

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

Magerkeitszeiger: *Rumex acetosella*.

4.2.2.2 Familienspektrum der Gefäßpflanzen

Im Kreisdiagramm (Fig. 8) sind jene fünf Familien dargestellt, welche die häufigsten Artnennungen aufweisen. Die Prozentangaben stellen die Anzahl der Artnennungen in der jeweiligen Familie in Bezug auf sämtliche Artnennungen von Gefäßpflanzen innerhalb des von Flechten und Moosen dominierten Vegetationstyps in Tabelle 10 dar.

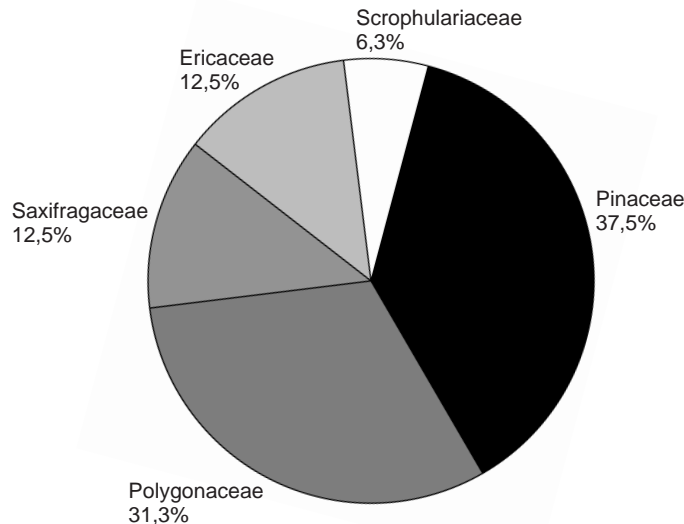


Fig. 8: Familienspektrum der Gefäßpflanzen – Eisenerzer Ramsau.
The spectrum of vascular plant families – Eisenerzer Ramsau.





Tab. 10: Pogonatum urnigeri auf den untersuchten Schlackenhalden in der Eisenerzer Ramsau
 Pogonatum urnigeri on the investigated slag heaps in the Eisenerzer Ramsau

fortlaufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aufnahme-Nr.	67	66	69	70	64	65	72	73	68	71
Datum:	09.09.1998	09.09.1998	09.01.1998	09.09.1998	09.09.1998	09.09.1998	12.10.1998	12.10.1998	09.09.1998	12.10.1998
Seehöhe [m]:	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1360	1360	1400	1360
Exposition:	NE	NE	SE	SE	NE	NE	NE	NE	SE	NE
Neigung [°]:	15	15	15	20	10	15	15	15	20	15
Fläche [m²]:	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Deckung-Strauchschicht [%]:	-	-	48	-	-	-	-	-	-	-
Deckung-Krautschicht [%]:	32	42	22	60	-	<1	-	-	-	-
Deckung-Kryptogamen [%]:	45	25	48	25	85	82	45	82	90	97
Gesamtdeckung [%]:	75	65	65	75	85	82	45	82	90	97
Datenzahl:	8	15	7	7	4	8	4	4	3	3
Artenzahl:	8	14	7	7	4	8	4	4	3	3

Schicht											
Ass.-KA											
Nardia scalaris	M	3	1			3	3				2a
Oligotrichum hercynicum	M							+	+		1
O./KI.-KA											
Cephalozia bicuspidata	M										+
Begleiter											
Pogonatum urnigeri-Begleiter											
Polytrichum formosum	M	1	1	+						1	
Dicranum scoparium	M		+	3	+						
Pohlia nutans	M					4	3				
weitere Begleiter											
Pleurozium schreberi	M			+	+	+					
Saxifraga stellaris	K	+	+								
Vaccinium myrtillus	K			2b	2b						
Cladonia furcata	F	+	+	+	1	+	+				
Rumex acetosella	K	3	2a	+	4		+				
Picea abies	K	+	1							+	r
Pohlia andalusica	M	1					3	2b	3	5	
Jungermannia obovata	M							+	2a	3	2a
Cephaloziella sp.	M					2			+	+	

Arten, die nur in einer Aufnahme vorkommen:

64: *Cephalozia bicuspidata* (M) +, *Cladonia* sp. (F) +, *Prilidium pulcherrimum* (M) 1. 66: *Cetraria islandica* (F) 1, *Cladonia rangiferina* (F) r, *Larix decidua* r, *Lophozia obtusa* (M) 2a, *Melampyrum pratense* +. 67: *Scapania* sp. (M) +. 69: *Picea abies* (S) 3.

Kopfdaten aus der Vegetationstabelle „Pogonatum urnigeri“:

Die Angaben aus dem Tabellenkopf sind in folgender Reihenfolge angegeben: Fortlaufende Nummer/Aufnahme-Nr., Bergbauggebiet, Halde, Datum, Seehöhe, Exposition, Neigung, Fläche, Deckung-Strauchschicht, Deckung-Krautschicht, Deckung-Kryptogamen, Gesamtdeckung, Datenzahl, Artenzahl.

- 1/67, Eisenerzer Ramsau, E1, 09.09.1998, 1400 m, NE, 15°, 1 m², 0%, 32%, 45%, 75%, 8, 8.
- 2/66, Eisenerzer Ramsau, E1, 09.09.1998, 1400 m, NE, 15°, 1 m², 0%, 42%, 25%, 65%, 15, 14.
- 3/69, Eisenerzer Ramsau, E2, 09.09.1998, 1400 m, SE, 15°, 3 m², 48%, 22%, 48%, 65%, 7, 7.
- 4/70, Eisenerzer Ramsau, E2, 09.09.1998, 1400 m, SE, 20°, 1 m², 0%, 60%, 25%, 75%, 7, 7.
- 5/64, Eisenerzer Ramsau, E1, 09.09.1998, 1400 m, NE, 10°, 1 m², 0%, 0%, 85%, 85%, 4, 4.
- 6/65, Eisenerzer Ramsau, E1, 09.09.1998, 1400 m, NE, 15°, 1 m², 0%, <1%, 82%, 82%, 8, 8.
- 7/72, Eisenerzer Ramsau, E3, 12.10.1998, 1360 m, NE, 15°, 1 m², 0%, 0%, 45%, 45%, 4, 4.
- 8/73, Eisenerzer Ramsau, E3, 12.10.1998, 1360 m, NE, 15°, 1 m², 0%, 0%, 82%, 82%, 4, 4.
- 9/68, Eisenerzer Ramsau, E1, 09.09.1998, 1400 m, SE, 20°, 1 m², 0%, 0%, 90%, 90%, 3, 3.
- 10/71, Eisenerzer Ramsau, E3, 12.10.1998, 1360 m, NE, 15°, 1 m², 0%, 0%, 97%, 97%, 3, 3.





4.2.2.3 Soziologische Eingliederung

Aufgrund der Dominanz der Moose in diesen Aufnahmen ist eine soziologische Zuordnung zu einem der von WALLNÖFER (1993) unterschiedenen Vegetationstypen nicht möglich. Stattdessen bietet sich die von HÜBSCHMANN (1986) erarbeitete Synopsis der Moosgesellschaften für eine Klassifikation an.

Auf Basis der vorliegenden Daten über die aktuelle Vegetation können die moosdominierten Aufnahmen zum Pogonatetum urnigeri (Pogonation urnigeri, Polytrichetalia piliferi, Ceratodonton-Polytrichetea piliferi) gestellt werden (Tab. 10). Dabei handelt es sich um eine Pioniermoosgesellschaft auf frischen, meist grundfeuchten, kalkfreien, mineralischen, meist offenerdigen, sandig-lehmigen bis sandig-grusigen Böden.

Auftretende Kennarten der Assoziation Pogonatetum urnigeri Herzog 1943:

Nardia scalaris

Oligotrichum hercynicum

Auftretende Kennart der Klasse Pogonato-Dicranelletea heteromallae Hübschmann 1967 bzw. Ordnung Dicranelletalia Philippi 1956:

Cephalozia bicuspidata

Auftretende, häufige Begleiter in der Assoziation:

Poblia nutans

Polytrichum formosum

Dicranum scoparium

Das ein Pogonatetum urnigeri sich auf Bergbauhalden bei Vorliegen entsprechender Standortbedingungen einstellen kann, davon berichten ZECHMEISTER & PUNZ (1990) in einer Zusammenstellung von Angaben zum Vorkommen von Moosen auf Bergbauhalden (Cu, Pb/Zn). An Kennarten dieser Assoziation kommen auf den von den Autoren bearbeiteten Standorten immer wieder *Oligotrichum hercynicum*, *Pogonatum urnigerum*, *Nardia scalaris* oder *Polytrichum piliferum* vor. Wegen des Vorkommens des „Kupfermooses“ *Mielichhoferia mielichhoferi* an diesen Standorten stellen ZECHMEISTER & PUNZ (1990) eine eigene Subassoziation, das Pogonatetum urnigeri mielichhoferietosum zur Diskussion. *Mielichhoferia mielichhoferi* konnte auf den untersuchten Halden in der Eisenerzer Ramsau nicht gefunden werden.

5. Diskussion

Ähnlichkeiten zwischen der Vegetation der Standorte Walchengraben und Eisenerzer Ramsau ergeben sich dadurch, dass in beiden Fällen Fichtenforste die umgebende Vegetation bilden. So sind die Schlackenhalde durch das Auftreten von *Vaccinium myrtillus* und typischen Moosarten des Fichtenwald-Unterwuchses (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium* und *Polytrichum formosum*) jenen Aufnahmen die im Walchengraben erhoben wurden floristisch sehr ähnlich. *Dicranum scoparium* und *Polytrichum formosum* werden auch als Begleiter des Pogonatetum urnigeri angeführt. Umgekehrt kann auch mit dem Auftreten zahlreicher Flechten und Moose der Gesellschaft Pogonatetum urnigeri auf den Abraumhalden des Walchengrabens ein floristischer Zusammenhang mit den Aufnahmen aus der Eisenerzer Ramsau hergestellt werden (*Cladonia pyxidata* subsp. *chlorophaea*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, *Nardia scalaris*, *Pogonatum urnigerum*, *Polytrichum commune*, *Polytrichum formosum*, *Polytrichum juniperinum*). In beiden Fällen zeichnet sich ein Großteil der erstellten Aufnahmen durch einen hohen Anteil an Begleitarten ohne syntaxonomisch-diagnostischen Wert aus. Für eine konkrete





Ansprache von soziologischen Einheiten fehlen in vielen der hier behandelten Vegetationsaufnahmen entsprechende Kenn- und Differenzialarten.

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 weiters, dass es auf kleinräumigen, nur mäßig belasteten Standorten eher zu einer (stressbedingten) Verschiebung des Artenspektrums einer „natürlichen“ Gesellschaft als zur Etablierung „echter“ Schwermetallgesellschaften kommt. Auch für den Bereich der Niederen 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 ökologischen Standortcharakteristik (Silikatfugengesellschaften) entsprechen, andererseits Arten mit der Potenz zum Ertragen von Schwermetallstress (bzw. der Fähigkeit zur Ausbildung schwermetallresistenter Rassen) bevorzugt vorkommen. Diese Vermutungen werden durch die Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit bestätigt, da auch auf den untersuchten Halden keine typischen Schwermetallgesellschaften im Sinne von ERNST 1965 ausgeschieden werden konnten.

Ein nicht unwesentlicher Unterschied zwischen den Abraumhalden im Walchengraben und den Schlackenhalden in der Eisenerzer Ramsau liegt sicherlich in ihrer Flächenausdehnung. Während sich erstere über viele Quadratmeter erstrecken, sind letztere nur wenige Quadratmeter groß. Ebenso unterscheiden sich die beiden Haldentypen markant in ihrem Substrat. Während auf den Abraumhalden durchwegs Rohböden mit hohem Skelettanteil und geringem Humusgehalt ausgebildet sind, sind die Schlackenhalden deutlich feinerde- und humusreicher. Dieser Unterschied lässt sich neben dem unterschiedlichen Ausgangsmaterial für die Bodenbildung (Schlacke bzw. Gesteinschutt) möglicherweise auch mit dem großen Altersunterschied und somit mit einer unterschiedlich weit fortgeschrittenen Bodenbildung erklären. Auch wenn das genaue Alter der Halden bzw. der Zeitpunkt, ab dem sich auf den Halden nach Ende der Bergbautätigkeit eine Vegetationsdecke ausbilden konnte, nicht bekannt ist, steht fest, dass die Schlackenhalden der Eisenerzer Ramsau ein beträchtlich höheres Alter aufweisen (Datierung nach KLEMM 2003: vermutlich ab der mittleren Bronzezeit) als die letzten Überschüttungen auf den Abraumhalden im Walchengraben (Datierung: Neuzeit).

- Wie können sehr alte, womöglich aus der Bronzezeit stammende Schlackenhalden heute noch so deutlich erkennbar sein? Es ist nicht auszuschließen, dass im Bereich der Schlackenflächen, die sich heute deutlich von der umgebenden Vegetation abheben, Erosionsereignisse (z.B. Entwurzeln einer Fichte, wie es für die Fläche E1 vermutet wird) das Abheben einer bereits vorhandenen Humus- und Vegetationsbedeckung verursacht haben könnten. Somit wäre der Beginn einer neuerlichen Sukzession auf den Schlackenflächen in wesentlich jüngerer Vergangenheit anzusetzen. Der Beginn einer Sukzession, die die rezente Vegetation zum Ergebnis hat, liegt vermutlich nicht länger als 50–80 Jahre zurück. Es ist bekannt (ERNST 1975), dass bei Vorliegen von humushaltigen Böden Schwermetalle mit organischen Verbindungen reagieren, somit gebunden vorliegen und auf die Vegetation nicht toxisch wirken. Ein Freilegen der humusarmen, schlackenreichen Schicht durch die Entfernung der schützenden Humusdecke bedeutet für die Besiedler dieser Flächen eine direkte Konfrontation mit den Schwermetallen, da diese in der





Bodenlösung vermehrt in dissoziierter Form vorliegen können und als Ionen für Pflanzen aufnehmbar sind.

- Ein Vergleich der Schwermetallanalyse-Ergebnisse von Mischproben einiger der untersuchten Halden (W2, W3, E1) zeigt eine starke Variabilität hinsichtlich der Konzentrationen der einzelnen Elemente. Vor allem die Halde E1 in der Eisenerzer Ramsau sticht durch markant erhöhte Kupferkonzentrationen in dem Bereich, der ausschließlich mit Flechten und Moosen bewachsen ist, hervor. Die Kupferbelastung ist dort ca. 290× höher als die maximale, gemessene Belastung der Halden im Walchengraben. Die Analysen der Probe der Abraumhalden W2 und W3 hingegen weisen deutlich erhöhte Werte für Arsen, Cadmium und Blei gegenüber der Schlackenhalde E1 auf. Aus den Analyseergebnissen geht allerdings nicht hervor, welcher Anteil des Schwermetallgehaltes nun tatsächlich pflanzenverfügbar ist. Möglicherweise liegt bei den Schlackenhalden aufgrund des höheren Humusgehaltes zwischen den Schlacken (trotz Fehlen der dicken Vegetations-Humusaufgabe) doch ein beträchtlicher Anteil des Kupfers in gebundener Form und damit ohne Giftwirkung auf die Pflanzen vor. Aufgrund der zahlreichen weiteren Umweltfaktoren (v. a. Bodenbeschaffenheit und Ausgangsgestein, Verwitterungsgrad, Feuchtigkeit), die neben der Schwermetallkonzentration auf die Vegetation an den Haldenstandorten wirken, sind jedoch direkte Zusammenhänge zwischen einer Schwermetallbelastung des Bodens und der Vegetationsentwicklung nicht erkennbar.
- Für eine ökologische Betrachtung werden in Fig. 9 die mittleren Zeigerwerte der einzelnen Aufnahmen sowie deren gemittelte Mittelwerte von den Abraumhalden im Walchengraben (1) jenen der Schlackenhalden in der Eisenerzer Ramsau (2) gegenübergestellt. Die Verwendung der gemittelten Zeigerwerte geschah im Bewusstsein, dass die Berechnungen von Mittelwerten bei Zeigerwerten streng statistisch nicht zulässig sind. Da in diesem Zusammenhang ausschließlich ökologische Eigenschaften der Standorte verdeutlicht werden sollen, wurde dennoch auf diese Art der Darstellung zurückgegriffen.
- Die Standortbedingungen werden besonders durch die Licht-, Reaktions-, Stickstoff- und Kontinentalitätszahlen verdeutlicht. Die Ergebnisse dieses Vergleichs lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Die gemittelten Mittelwerte der Vegetations-Aufnahmen der beiden Halden-Typen unterscheiden sich nur marginal von einander. Sieht man sich allerdings die einzelnen Aufnahmen näher an, fällt auf, dass die mittleren Zeigerwerte auf den Schlackenhalden stärkeren Schwankungen unterworfen sind, während sie auf den Abraumhalden kaum streuen (einzelne Ausreißer ausgenommen).

Aufgrund dieser Ergebnisse können die Standorte der Abraumhalden im Walchengraben als halbschattig bis halblüch, sauer, stickstoffarm und frisch bezeichnet werden. Die erhöhten mittleren Reaktions- und Stickstoffzahlen der Aufnahme Nr. 10 sind durch das Auftreten von *Salix caprea* (R7, N7), *Thelypteris limbosperma* (R3, N5), *Hypnum cupressiforme* (R4, N4), *Cladonia caespiticia* (R5, N2) und *Saxifraga stellaris* (R5, N?) begründet.

Bei den Kenngrößen der Schlackenhalden besteht eine Korrelationen zwischen Licht-, Feuchte-, Reaktions- und Stickstoffzahl. Somit kann innerhalb dieses Vegetationstyps zwischen lichtreichen, bodenfeuchten, nur mäßig bodensauren Standorten und solchen an denen halbschattige, bodentrockenere, bodensaure Bedingungen herrschen differenziert werden.

Die Standorte der Schlackenhalden können anhand der Zeigerwertberechnungen als schattig bis licht und trocken charakterisiert werden. Die mittleren Reaktionszah-



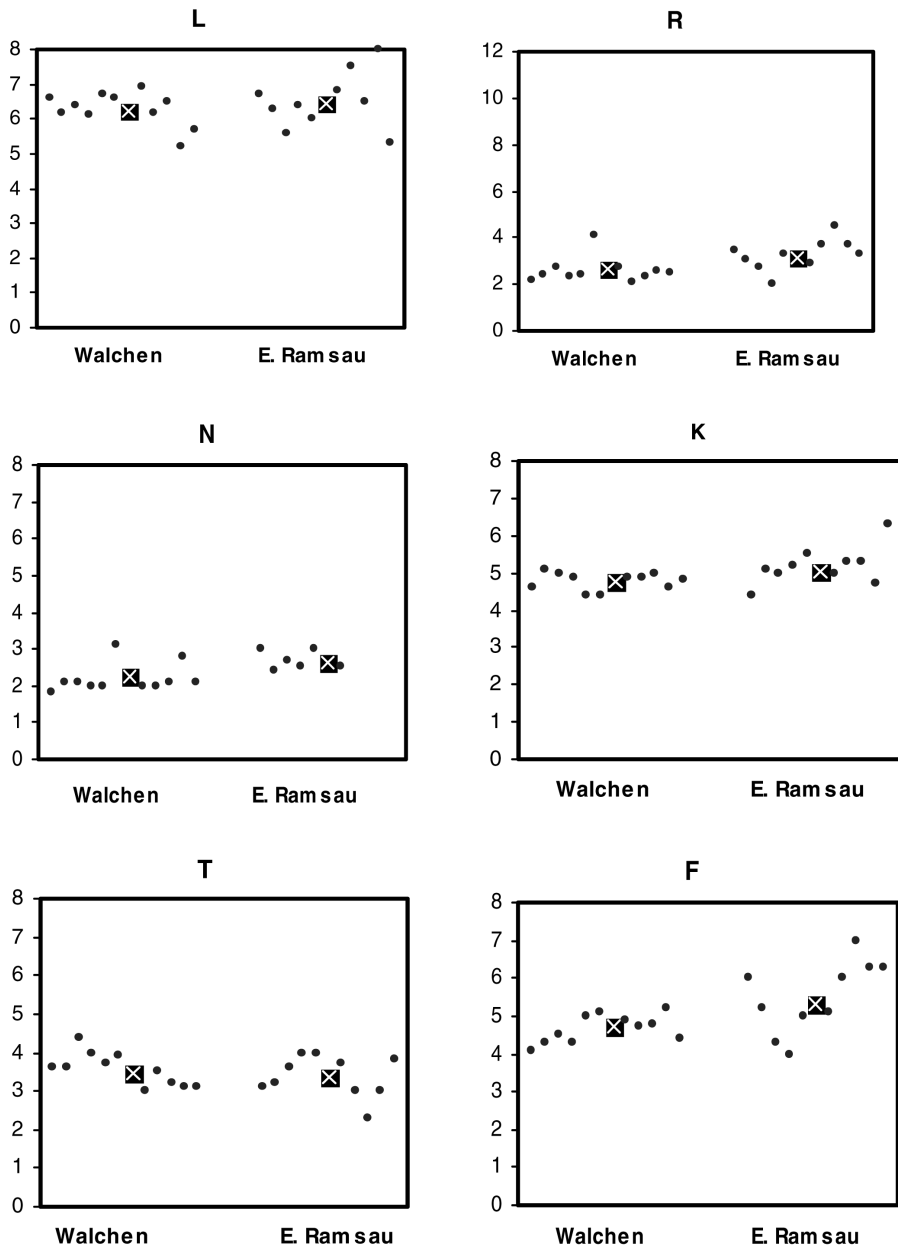


Fig. 9: Ellenberg-Zeigerwerte der Aufnahmen der beiden untersuchten Standorte. • mittlere Zeigerwerte der einzelnen Aufnahmen. ☒ gemittelte Mittelwerte aller Aufnahmen eines Standortes. L Lichtzahl, R Reaktionszahl, N Stickstoffzahl, F Feuchtezahl, T Temperaturzahl, K Kontinentalitätszahl. Ordinate: Zeigerwerte gemäß der 9- (12-)teiligen Skala nach ELLENBERG et al. (1992).

Indicator values after Ellenberg of the relevés of the two investigated areas. • average indicator values of plants of the individual relevés. ☒ averaged average of all relevés of one area. L light, R acidity, N nitrogen, F humidity, T temperature, K continentality, Axis of ordinates: Indicator values of plants according to the 9- (12)-partscale of ELLENBERG et al. (1992).





len weisen starke Schwankungen zwischen 4 und 8 auf. Die mittleren Stickstoffzahlen liegen zwischen 2,4 und 3 und wurden ausschließlich aus den wenigen vorhandenen Gefäßpflanzen ermittelt. Für Flechten und Moose werden von Ellenberg & al. (1992) keine Stickstoffzahlen angegeben und können daher in die Berechnung nicht ebezogen werden.

- 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 Standortfaktoren, insbesondere Bodenbeschaffenheit und Nährstoffhaushalt getroffen werden. Unter den auf den Abraumhalden im Walchengraben gefundenen Arten sind bezüglich des Bodenanspruchs vor allem solche vertreten, die lehmiges Material mit partieller Rohhumusaufgabe bevorzugen. Einige Arten, welche von OBERDORFER (1994) als Magerkeitszeiger bezeichnet werden, lassen auf eine schlechte Nährstoffversorgung an diesen Standorten schließen. Außerdem weisen mehrere feuchtigkeitsliebende Arten auf einen gut wasserversorgten Untergrund hin. Aufgrund der relativen Artenarmut der Schlackenhalden in der Eisenerzer Ramsau lassen sich die Standorte anhand der ökologischen Ansprüche der Arten nicht so gut definieren wie es im Walchengraben möglich ist. Es dominieren vor allem Pflanzen, die sandige bis steinige Lehmböden und feuchte Standorte bevorzugen.
- Eine Gegenüberstellung der Anteile von Gefäßpflanzenarten einerseits und der der Flechten- und Moosarten in den einzelnen Vegetationsaufnahmen unterstreicht die Unterschiede zwischen den „montanen Fichtenwäldern“ und dem „von Flechten und Moosen dominierten Vegetationstyp“ (Fig. 10). In den Aufnahmen der Abraumhalden haben Flechten und Moosen einen Anteil von rund 63 bis 77 % an der Gesamtartenzahl. Die Vegetation auf den Schlackenhalden beinhaltet rund 43 bis 100 % Flechten und Moose, wodurch die soziologische Einordnung nach Moosgesellschaften gerechtfertigt erscheint.
- Ein Vergleich der Familienspektren ergibt folgende Reihung der fünf häufigsten Gefäßpflanzen-Familien nach dem prozentuellen Anteil aller Artennennungen:
Ericaceae (33,3%), Pinaceae (26,2%), Poaceae (18,7%), Betulaceae (5,3%), Salicaceae (2,7%).
Pinaceae (37,5%) Polygonaceae (31,3%), Saxifragaceae (12,5%), Ericaceae (12,5%), Scrophulariaceae (6,3%). – (nur fünf Gefäßpflanzen-Familien in den Aufnahmen vertreten).

Das Auftreten von Arten der Familie der Poaceae im Spitzenfeld der Liste wird bereits von PUNZ (1992) und PUNZ & al. (1994) betont. Von EMMERER & HAFELLNER (2003)

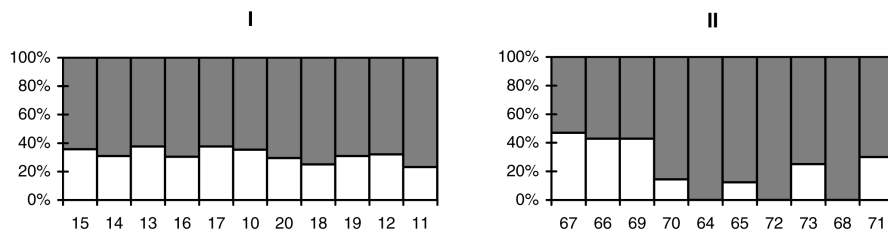


Fig. 10: Prozentanteile der Artenzahlen von Moosen und Flechten (graue Balken) sowie Gefäßpflanzen (weiße Balken). Abszisse: Aufnahmenummern. Ordinate: Prozentanteil der Arten an der Gesamtartenvielfalt der jeweiligen Aufnahme.

The percentage of species numbers of mosses and lichens (gray bars) as well as of vascular plants (white bars). Axis of abscissae: Numbers of relevés. Axis of ordinates: Percentage of the species based on the total species diversity of the respective relevé.





konnten auf den Abraumhalden in den Hochlagen der Niederen Tauern ebenfalls die Poaceae als Familie mit den meisten Artennennungen beobachtet werden. Nach Ansicht von PUNZ & ORASCHE (1995) zeigen die Poaceae Exkluder-Eigenschaften, besitzen somit die Fähigkeit, Schwermetallkonzentrationen im Spross trotz hoher Gehalte im Boden weitgehend konstant und niedrig zu halten. Über die weiteren oben gereihten Familien konnten in der Literatur keine Angaben über eine besondere Bedeutung für die Vegetation bzw. über Schwermetallresistenz-Eigenschaften gefunden werden. Familien wie Caryophyllaceae und Brassicaceae, die nach Punz (1992) auf Schwermetallstandorten besonders häufig vertreten sind, fehlen auf den untersuchten Standorten.

- Häufigste Moose
Zur folgenden Aufzählung muss bemerkt werden, dass in den Aufnahmen ausschließlich bodenbewohnende Moose berücksichtigt sind. Arten auf Gesteinen und Steinplatten fehlen, da diese aus den Aufnahmeflächen ausgespart wurden.

I: *Dicranella heteromala*, *Cynodontium polycarpum*, *Dicranum scoparium*, *Polytrichum formosum*

II: *Pohlia andalusica*, *Nardia scalaris*, *Jungermannia obovata*, *Polytrichum formosum*

- Häufigste Flechten
Aus den oben genannten Gründen sind in den Aufnahmen ebenfalls nur bodenbewohnende Flechten berücksichtigt.

I: *Baeomyces rufus*, *Cladonia coniocraea*, *Cladonia fimbriata*, *Dibaeis baeomyces*, *Placynthiella uliginosa*

II: *Cladonia furcata*

Hier zeigen sich Übereinstimmungen mit Beobachtungen von PUNZ & ORASCHE (1995). Die Autoren berichten von häufigem Auftreten der Gattung *Cladonia* auf Kupfer- und Galmeistandorten.

Weiters ist zu erwähnen, dass die beiden Arten *Saxifraga stellaris* und *Silene rupestris*, welche auch auf den beiden untersuchten Haldenstandorten vorkommen, bereits in der Literatur in Verbindung mit Schwermetallstandorten genannt werden (PUNZ & KOEBER-ULRICH 1993, SISOŁAK 1985, Emmerer & Hafellner 2003)

6. Dank

Die Autoren bedanken sich bei Michal SUANJAK und Heribert KÖCKINGER für die Unterstützung bei der Bestimmung der Moose und bei Anton DRESCHER für die Unterstützung bei der vegetationskundlichen Tabellenarbeit und Kommentare zu früheren Fassungen des Manuskriptes. Joanneum Research hat dankenswerterweise die chemische Analyse der Bodenproben finanziert, die von Mag. Walter GOESSLER am Institut für Chemie der KFU durchgeführt wurden.

7. Literatur

- BAKER A.J.M. 1981: Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals. – J. plant nutrition 3: 643–654.
- BECK-MANAGETTA P. & MATURA A. 1980: Geological Map of Austria 1:1,500,000 (without Quarterly). Modified by W. DEMMER 1991. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- BRAUN-BLANQUET J. 1928: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. – In: SCHÖENICHEN W. (ed.), Biologische Studienbücher 7, 330 pp. – Springer, Berlin.
- EBNER F. 1997: Die Geologischen Einheiten Österreichs und ihre Rohstoffe. – Archiv Lagerstättenforschung Geol. Bundesanstalt 19: 49–229.
- ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W. & PAULISSEN D. 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobot. 18, 258 pp.





- EMMERER B. & HAFELLNER J. 2003: Zur aktuellen Vegetation auf Halden historischer Bergbaue in den Hochlagen der Niederen Tauern (Österreich). – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 133: 37–79.
- EMMERER B., STEINLECHNER E., TRINKAUS P. & GOESSLER 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.
- ERNST W. 1965: Ökologisch-soziologische Untersuchungen der Schwermetall-Pflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluss der Alpen. – Abh. Landesmus. Naturk. Münster Westfalen 27: 1–54.
- ERNST W. 1974: Schwermetallvegetation der Erde. 194 pp. G. Fischer, Stuttgart.
- ESSL F. EGGER G. KARRER G. THEISS M. & AIGNER S. 2004: Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs. 272 pp. – Neuer Wissenschaftlicher Verlag GmbH, Wien.
- FISCHER M.A. (ed.) 1994: Exkursionsflora von Österreich. 1180 pp. E. Ulmer, Stuttgart.
- FLÜGEL H. 1984: Nördliche Kalkalpen und Grauwackenzone. – In: FLÜGEL H.W. & NEUBAUER F. (eds.). Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. Steiermark, 26–44. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- FRAHM J.-P. & FREY W. 1992: Moosflora. 528 pp. E. Ulmer, Stuttgart.
- FRIEDRICH O.M. 1953: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. Eine Einführung zur Karte 1:500000 der Erz- und einiger Mineral-Lagerstätten. – Radex-Rundschau 8: 371–407.
- GRABHERR G. & MUCINA L. (eds.) 1993: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. 523 pp. G. Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- HIESSLEITNER G. 1931: Zur Geologie der Erz führenden Grauwackenzone von Radmer bei Hieflau. – Jahrb. Geol. Bundesanstalt 81: 49–80.
- HÜBSCHMANN A. v. 1986: Prodrömus der Moosgesellschaften Zentraleuropas. – Bryophytorum Biblioth. 32: 1–413.
- Hydrographischer Dienst in Österreich (Hrsg.) 1998: Mitteilungsblatt des hydrographischen Dienstes in Österreich 76. – Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- KINZEL H. 1982: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. 534 pp. – E. Ulmer, Stuttgart.
- KATTER R., EMMERER B., GÜNTHER S., JÖBSTL P., KLEMM S., KOLLMANN G., KREINER D., NICOLINI M., OCENASEK C., POSCH A., PROSKE H., RINESCH CH., SCHMIDT G., STEINER G., STEINLECHNER E., TRINKAUS P. & WEINEK H. 2000: Leitschwerpunkt Kulturlandschaftsforschung: Modul MU7 Bergbaufolgelandschaften – Perspektiven zur Gestaltung und Nutzung von Bergbaufolgelandschaften (2. Arbeitsabschnitt) Bd. 1–5. Joanneum Research, Graz.
- KIRNBAUER F. 1968. Historischer Bergbau I und II. Bergbaue, Schmelzhütten, Hammerwerke und Salinen, Münz- und Prägestätten in der Zeit von 1500 bis 1600. Teil 1. In: Burgstaller E., Österreichischer Volkskundatlas. 1–70. – Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Graz, Köln.
- KLEMM S. 1998: Die archäologische Erforschung der Region Eisenerzer Alpen. – In: KATTER R., DRESCHER-SCHNEIDER R., GÜNTHER S., JÖBSTL P., KLEMM S., KOLLMANN G., KRAMER D., NEINAVIAIE H., NICOLINI M., OCENASEK C., PIRKL H., POSCH A., PROSKE H., RINESCH C., STEINER G., TRINKAUS P. & WEINEK H. Leitschwerpunkt Kulturlandschaftsforschung. Modul MU7 Bergbaufolgelandschaften, Perspektiven zur Gestaltung und Nutzung von Bergbaufolgelandschaften 1. Arbeitsabschnitt. Graz.
- KLEMM S. 2003: Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen, Steiermark. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen zum prähistorischen Kupferbergbau in der Eisenerzer Ramsau. 205 pp. – Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- LARCHER W. 1994: Ökophysiologie der Pflanze. Leben, Leistung und Stressbewältigung der Pflanze in ihrer Umwelt. 394 pp. – E. Ulmer, Stuttgart.
- LIEB G.K. 1991: Eine Gebietsgliederung der Steiermark aufgrund naturräumlicher Gegebenheiten. – Mitt. Abt. Bot. Landesmus. Joanneum Graz 20: 1–30.
- LUIS 2004: Klimaregionen der Steiermark. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 17A, Referat Landes-Umwelt-Informationssystem, <http://www.stmk.gv.at/LUIS/Naturraum/Klima/Klimaregionen/f3.htm>. Version vom 16. 11. 2004.
- MUCINA L., GRABHERR G. & ELLMAUER T. (eds.) 1993a: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I. 578 pp. – G. Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- MUCINA L., GRABHERR G. & WALLNÖFER S. (eds.) 1993b: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III. 353 pp. – G. Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- OBERDORFER E. 1994: Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 1050 pp. – E. Ulmer, Stuttgart.
- PUNZ W. 1992. Schwermetallstandorte im Ostalpenraum und ihre Vegetation. – Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 79: 67–80.
- PUNZ W. 1995: Erzanzeigende Pflanzen im Alpenraum – gibt's die? – Mineralog. Rundschau 2: 11–15.





- PUNZ W. 2001a: Schwermetallakkumulierende und -hyperakkumulierende Pflanzen auf Bergbaustandorten im Ostalpenraum. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 138: 129–136.
- PUNZ W. 2001b: Schwermetallhabitats in den Ostalpen. – Sauteria 11: 231–242.
- 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. – Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl., Abt. I. Biol. Wiss. Erdwiss. 198: 1–12.
- PUNZ W. & KOERBER-ULRICH S. 1993: Resistenzökologische Befunde zu schwermetallbewohnenden Pflanzen im Ostalpenraum. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 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. Österreich 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. Österreich 131: 1–26.
- REPP G. 1963: Die Kupferresistenz des Protoplasmas höherer Pflanzen auf Kupfererzböden. – Protoplasma 57: 643–659.
- ROTH G. 1904: Die europäischen Laubmoose. Band 1. 598 pp. – W. Engelmann, Leipzig.
- ROTH G. 1905: Die europäischen Laubmoose. Band 2. 733 pp. – W. Engelmann, Leipzig.
- SCHNEEWEISS G.M. & SCHÖNSWETTER P. 1999: Feinverbreitung, Ökologie und Gesellschaftsanschluss reliktsicher Gefäßpflanzen der Niederen Tauern östlich des Sölkpasses (Steiermark, Österreich). – Stapfia 61: 1–242.
- SHAW J. 1981: Taxonomic revision of the propaguliferous species of *Poblia* (musci) in North America. – J. Hattori Bot. Lab. 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. – Österr. Bot. Z. 118: 189–193.
- TOLLMANN A. 1977: Geologie von Österreich. Band 1 Die Zentralalpen. 765 pp. – Deuticke, Wien.
- TOLLMANN A. 1985: Geologie von Österreich. Band 2 Außerzentralalpiner Anteil. 706 pp. – Deuticke, Wien.
- UNGER H.J. 1968: Der Schwefel- und Kupferkiesbergbau in der Walchen bei Öblarn im Ennstal. – Arch. Lagerstättenforschung Ostalpen 7: 2–52.
- UNGER H.J. 1969: Detaillierte geologische Aufnahme des Walchengrabens bei Öblarn (Ennstal) und des Niederöblarner Grabens bis zum Ernestine-Stollen. – Arch. Lagerstättenforschung Ostalpen 9: 131–139.
- URL W. 1956: Über Schwermetall-, zumal Kupferresistenz einiger Moose. – Protoplasma 46: 768–793.
- WAKONIGG H. 1978: Witterung und Klima in der Steiermark. 473 pp. – Technische Universität Graz.
- WALLNÖFER S. 1993: Vaccinio-Piceetea. – In: MUCINA, L., GRABHERR, G. & WALLNÖFER, S. (eds.). Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III: 281–337. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- WEBER L. & SCHROLL E. 1997: Kieslagerstätte Walchen/Öblarn. – Arch. Lagerstättenforschung 19: 325–325.
- WIRTH V. 1995: Flechtenflora: Bestimmung und ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. 661 pp. – E. Ulmer, Stuttgart.
- ZECHMEISTER H. & PUNZ W. 1990: Zum Vorkommen von Moosen auf schwermetallreichen Substraten, insbesondere Bergwerkshalden im Ostalpenraum. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 127: 95–109.

