

Beitrag zur Substratspezifität von *Mielichhoferia*-Arten in der Schweiz, Bedeutung von Kupfervorkommen an den Standorten

Hansruedi Felix¹
Meylania 76 (2025): 45-50

Zusammenfassung

Es stellt sich die Frage, ob Erzmoose (Kupfermoose) kupferhaltige Standorte als ökologische Nische nutzen oder ganz andere Standortfaktoren wie Feuchtigkeit oder pH für ihre Anwesenheit wichtig sind. Aus vergangenen Jahrhunderten bieten sich in der Schweiz eine grosse Anzahl kleiner, stillgelegter Kupferbergwerke mit ihren Abraumhalden als kupferbelastete Standorte an. Eine Auswahl dieser kupferbelasteten Standorte wurde nach Kupfermoosen abgesucht. In dieser Arbeit soll zudem untersucht werden, ob bekannte *Mielichhoferia*-Fundstellen kupferhaltige Böden aufweisen.

Die Auswertung der 97 bekannten *Mielichhoferia*-Fundorte ergab, dass die Mehrzahl der Funde an Standorten unabhängig von Kupferbergwerken oder ohne offensichtliches Vorhandensein von Kupfermineralien erfolgte. Einzig die Aussage, dass *Mielichhoferia*-Arten an feuchten, felsigen, kalkarmen Stellen vorkommen, ist möglich. Der Besuch von 82 ehemaligen Kupferbergwerken ergab ausserdem nicht, dass *Mielichhoferia*-Arten dort gehäuft vorkommen: Nur bei drei Kupferminen und fünf Waschplätzen für die Kupferanreicherung waren *Mielichhoferia*-Arten nachweisbar.

Abstract

Contribution to the substrate specificity of *Mielichhoferia* species in Switzerland, significance of copper in the substrate

The question arises whether ore mosses (copper mosses) use copper-rich sites as an ecological niche, or whether different site factors such as moisture or pH are important for their presence. In Switzerland, a large number of small, disused copper mines with their spoil heaps present copper-contaminated sites dating back to past centuries. A selection of these copper-contaminated sites was searched for copper mosses. In addition this study aimed to investigate whether known *Mielichhoferia* locations feature copper-rich soils.

A review of record information of 97 known *Mielichhoferia* sites revealed that the majority of findings occurred at locations independent of copper mines or without any obvious presence of copper minerals. The only consistent observation was that *Mielichhoferia* species occur in moist, rocky, calcareous-poor places.

Furthermore, visits to 82 former copper mines did not indicate a frequent presence of *Mielichhoferia* species: They were detectable only at three copper mines and five sites used for copper ore concentration.



¹ Moosbrunnenweg 6, CH-4419 Lupsingen

Einleitung

Erz- oder Kupfermoose sind Moose, die auf erz- beziehungsweise kupferhaltigen Böden vorkommen. Nur in 6 von 100 im Vorfeld des Projektes konsultierten Publikationen zu solchen Moosen wurde der Erz- resp. Kupfergehalt im Oberflächen- oder Porenwasser bestimmt. In 20 der erfassten Publikationen wurde der Gesamtgehalt an Kupfer im Untergrund bestimmt. In 80 dieser Publikationen wurde einfach angenommen, der Kupfergehalt sei hoch, da es sogenannte Kupfermoose hat. Eine gute, allerdings etwas ältere Übersicht über die Literatur findet sich bei Tyler (1990). Eine neuere Arbeit beleuchtet das Vorkommen von metall-toleranten Moosen (De Beer et al. 2023). Die Autoren analysierten Bodenproben im Umfeld von Moosfunden auf den Metallgehalt und verglichen die Resultate mit Literaturangaben. Eine Liste der insgesamt konsultierten Publikationen kann beim Autor angefordert werden.

Ohne Analysen auf Kupfer können wir davon ausgehen, dass sogenannte Kupfermoose den Kontakt mit kupferhaltigem Gestein oder Porenwasser ertragen. Quantitative Untersuchungen könnten Wechselwirkungen aufzeigen. Daneben müssten auch der Gehalt an anderen Ionen (u.a. Calcium, Phosphat) und der pH bestimmt werden. Da die Mittel für solche Abklärungen nicht zur Verfügung standen, entstand ein Projekt, das sich an die Fragen der Bedeutung von Kupferionen für Kupfermoose herantastet. Zwei Abklärungen erfolgten:

- Auswertung der Angaben zu den bekannten *Mielichhoferia*-Fundorten in der Schweiz
- Vorhandensein von *Mielichhoferia*-Arten an Standorten mit bekannter Kupferbelastung.

Es wurde entschieden, nur *Mielichhoferia*-Arten (*M. mielichhoferiana* (Funck) Loeske und *M. elongata* (Hoppe & Hornsch. ex Hook.) Hornsch.) zu berücksichtigen, da diese im Vergleich zu anderen Kupfermoosen wie *Scopelophila ligulata* (Spruce) Spruce relativ häufig vorkommen.

Vorgehensweise

Bei ehemaligen Erzminen kann von einer Metallbelastung der Umgebung (Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden) ausgegangen werden. In der Schweiz gab es vom 15. Jahrhundert bis anfangs 20. Jahrhundert zahlreiche kleinere Bergwerke. Umfangreiche Daten stellt die Schweizerische Landestopografie online zur Verfügung (map.geo.admin.ch: menu: geokatalog/Natur und Umwelt/ Geologie/Metallrohstoffe). Kupferminen sind mit einem dunkelgelben Viereck dargestellt. Beim Anklicken des Vierecks erscheinen Objektinformationen mit Koordinaten und Literaturzitaten. So konnten 145 Kupferminen herausgefiltert werden, davon wurden 82 für einen Besuch ausgewählt. Nicht besucht wurden 63 Kupferminen, da schon aufgrund der erwähnten Literatur feststand, dass von diesen ehemaligen Minen heute nichts mehr zu sehen ist (Stolleneingang verschüttet, fehlende Abraumhalde oder keine Erzmineralien beim Stolleneingang). Einige Minen konnten aus Sicherheitsgründen nicht besucht werden (Steinschlag, Zugang nur mit Kletterei), dies betrifft v.a. ehemalige Minen im Gebiet Sesvenna im Unterengadin und weglose Bergketten im Grenzgebiet Uri/Graubünden. Im Umfeld der 145 Kupferminen fanden sich 102 Minen mit anderen Erzen, häufig Eisenminen, aber auch Manganminen. Von diesen wurden 52 besucht,

sie können als eine Art Kontrolle dienen, also zur Antwort beitragen, ob Kupfermoose nur bei Kupferminen vorkommen. Informationen über die insgesamt 247 Minen in der Vorauswahl (145 Kupferminen und 102 andere Minen in der Umgebung) sind auf Anfrage beim Autor erhältlich. Insgesamt wurden also 134 Minen besucht. Diese liegen hauptsächlich in den Kantonen Tessin, Wallis und Graubünden. Bei den Begehungen wurden die Minen auf das Vorhandensein von Spuren des Kupfer- bzw. Metallabbaus, der Aufbereitung, dem Vorhandensein von kupfer- bzw. metallhaltigem Gestein und dem Vorhandensein von *Mielichhoferia*-Arten untersucht. Aufgrund der Literaturangaben musste davon ausgegangen werden, dass in den meisten ehemaligen Minen nur geringfügige Kupfermengen (z.B. wenig mächtige Schicht) vorhanden sind. Im Gelände war das Vorhandensein von Kupfer am einfachsten erkennbar, wenn die Mineralien Azurit (blau) oder Malachit (grün) sichtbar waren. Es gibt in der Schweiz rund 90 verschiedene Kupfermineralien, sie kommen aber mit wenigen Ausnahmen nur in kleinen Konzentrationen vor. Eine Ausnahme bildet z.B. der relativ häufige Chalkopyrit (Kupferkies), er kann messinggelb, mit Stich ins Grüne, bunt angelaufen oder schwarz sein. Da andere Mineralien ebenfalls so aussehen können, war Chalkopyrit als Erkennungsmerkmal für Kupfer aber ungeeignet.

Die Beschaffung der Informationen zu den der *Mielichhoferia*-Fundstellen in der Schweiz gestaltete sich einfach. Die Datenbank «Swissbryophytes» ist so ausgelegt, dass durch Abfragen eine Tabelle mit Moosen und gewünschten Parametern (v.a. Standortangaben) erstellt werden kann. Von den in Swissbryophytes registrierten 97 Fundstellen wurden 45 besucht. Nicht besucht wurden Standorte ohne exakte Koordinaten und solche, wo nicht von einer hohen Kupferbelastung ausgegangen werden konnte (Wiesen, Waldboden).

Ergebnisse

Bei 23 von 82 besuchten Standorten ehemaliger Kupferminen (Tabelle 1, Abb. 1 - 3) waren Spuren des Kupferbergbaus deutlich erkennbar, dort waren Azurit (blau) und/oder Malachit (grün) sichtbar (Abb. 4). An 59 besuchten Standorten waren diese bei den Mineralien nicht sichtbar, trotz gegenteiliger Literaturangaben waren die Standorte überwachsen oder verschüttet. Einige Kupfervorkommen beschränkten sich auf unzugängliche Stollen weit im Berg, mangels Licht sind dort auch keine Moose zu erwarten. Bei den 52 weiteren Minen (z.B. Mangan- oder Eisenminen) waren in keinem Fall *Mielichhoferia*-Arten vorhanden, auch wenn ähnliche Umweltbedingungen herrschten (feucht, Abraumhalden mit Schlamm).

Insgesamt lassen sich die 97 *Mielichhoferia*-Funde in der Schweiz (Tabelle 2, Stand Januar 2025) wie folgt aufteilen: 53 auf Gestein (Gneis, Granit, allgemein als «Fels» bezeichnet), 15 auf Schiefer, 3 im Umkreis von Kupferminen, 5 auf Kupferwaschplatz (Schlamm), für 21 Standorte konnten keine Angaben zum Substrat eruiert werden.

Bei den besuchten 47 Fundorten handelte es sich nur in wenigen Fällen um ehemalige Kupferminenstandorte (Tabelle 2). Da keine Analysen erfolgten, kann die Anwesenheit von Kupfer nicht ausgeschlossen werden. Gross können die Konzentrationen nicht sein, da auf dem Boden höhere Pflanzen und/oder Moose gut gediehen.

Tabelle 1. Besuchte Kupferminen, bei denen Spuren des Kupferabbaus, der Kupferaufbereitung und/oder Kupfermineralien sichtbar waren.

Standort	Aussehen	<i>Mielichhoferia</i> vorhanden
BE, Guttannen, Rotlau	Abraumhalden, Stollen eingestürzt	nein
GL, Glarus Nord, Mürtschenalp	Schotter	ja
GR, Andeer, Gruoba	diverse Stollen	ja
GR, Filisur, Surmin	Abraumhalde	nein
GR, Affeier, Cava de Metal	Stollen mit Ausgang in Felswand	nein
GR, Surses, Gruba	Abraumhalden	nein
GR, Tinizong, Colm da Bovs	grosse Abraumhalde	nein
GR, Trun, Alp Nadel	Breiter, abfallender Schacht, Wasser fliesst heraus	nein
GR, Müstair, Val Döss dals Cnops	Abraumhalden mit Gras überwachsen	nein
GR, Zillis, Taspegn	schlammiger Boden bei Stolleneingang	ja
GR, Zillis, Tischatsch	Schlamm auf ehemaligem Waschplatz	ja
GR, Vättis, Gnapperkopf	verschüttet, keine Abraumhalde	nein
VS, Grimentz, Baicollion	kahle Abraumhalde	nein
VS, Chandolin, Mines du Waschsee	Abraumhalden, Mulden	ja
VS, Waschsee	Schlamm auf ehemaligem Waschplatz	ja
VS, St-Luc, Garboula	Abraumhalde, Mulde	nein
VS, St-Luc, Tignousa inférieur	Abraumhalde	nein
VS, Zinal, La Lé/Vichiesso	Stolleneingänge, grosser erdiger Vorplatz (Waschplatz)	ja
VS, Verbier, Col des Mines	Kupferadern sichtbar, erdgefüllte Mulden (ehemaliger Waschplatz)	ja
VS, Orsières, L'Amône	Abraumhalde	nein
VS, Binn, Feldbach	zugeschüttete Stollen	nein
VS, Binn, Lengenbach	grosse Abraumhalde	nein
VS, Turtmann, Kaltenberg	grosse, feuchte Abraumhalden	ja

Schlussfolgerungen

- Da die Mehrzahl der *Mielichhoferia*-Funde in der Schweiz an Standorten erfolgte, wo es keinen Hinweis auf das Vorhandensein von Kupfer gibt, kann davon ausgegangen werden, dass Kupferionen kaum ausschlaggebend sind für die Anwesenheit von *Mielichhoferia*-Arten. Vielmehr scheinen andere Faktoren eine Rolle zu spielen.
- Zuweilen werden *Mielichhoferia*-Fundstellen als schwermetallreich bezeichnet, ohne entsprechende Nachweise. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich häufig um eisenhaltige Mineralien handelte. Daraus kann aber nicht geschlossen werden, dass *Mielichhoferia*-Arten auch bei Eisenbergwerken vorhanden sind. In keiner Abraumhalde von bekannten Eisenbergwerken fanden sich *Mielichhoferia*-Arten.
- Das Vorhandensein von Kupferionen scheint das Wachstum von *Mielichhoferia*-Arten nicht zu hemmen, dasjenige anderer Moose und Pflanzen unter Umständen schon. Es ist davon auszugehen, dass *Mielichhoferia*-Arten an feuchten, meist fel-

Tabelle 2. Substratangaben bei 97 bei Swissbryophytes registrierten Funden von *Mielichhoferia*-Arten.

Gemeinde	Angaben zum Standort	Mine?
BE, Lauterbrunnen, 7 Fundstellen	Granit	nein
GL, Glarus Nord, Erzbett Mürtschenalp, 3 Fundstellen	nasses kalkarmes Gestein	ja
GR, Andeer, Gruoba	nasses kalkarmes Gestein	ja
GR, Avers, Bergalgapass, 2 Fundstellen	Gestein (teilweise Schiefer)	nein
GR, Bergün, Tschirnas das Muottas	Gneis	nein
GR, Calanca, Santa Maria	keine Angabe	nein
GR, Davos, Bildjitobel, 13 Fundstellen	keine Angabe	nein
GR, Davos	keine Angabe	nein
GR, Ferrera, Campsut	nasses, kalkarmes Gestein	nein
GR, Klosters, Silvrettahütte	Gneis, Mauerwerk	nein
GR, Klosters, Pischahorn	Gneisfelsspalten	nein
GR, Lumnezia, Schlareins, 4 Fundstellen	Schiefer	nein
GR, Lumnezia, Silgin, 8 Fundstellen	Eisenhaltiges Gestein	nein
GR, Lumnezia, Alp Cavel, 2 Fundstellen	kalkarmes Gestein	nein
GR, Scuol, Clemgiaschlucht	keine Angabe	ja
GR, St. Moritz, Piz Nair, 2 Fundstellen	Schiefer	ja
GR, Surses, Grevasalvas	Gestein	nein
GR, Tujetsch, Rossbodenstock	Eisenhaltiges Gestein	nein
GR, Val Müstair, Piz Cotschen	Gestein	nein
GR, Val Müstair, Wormser Jochhöhe	keine Angabe	nein
GR, Zernez, Bahnhof, 3 Fundstellen	eisenhaltiger Gneis	nein
GR, Zillis, Plan Tischatscha/ Taspegn	Kalkhaltiger Schlamm	ja
TI, Acquarossa, Marogno	Metallreiches Gestein	nein
TI, Faido, 2 Fundstellen	Feuchtes Gestein	nein
TI, Losone, San Rocco, 4 Fundstellen	keine Angabe	nein
TI, Lugano, Colline di Caspera	keine Angabe	nein
TI, Vezia, 6 Fundstellen	Gestein	nein
UR, Göschenen, Ries Chele, 2 Fundstellen	Granit	nein
UR, Gurtmellen, Hinterried, 4 Fundstellen	Granit	nein
UR, Wassen, Sustenloch	feuchtes, kalkarmes Gestein	nein
VS, Grimentz, 3 Fundstellen	feuchtes, metallhaltiges Gestein	nein
VS, St-Luc, Torrent des Moulins, 3 Fundstellen	kalkarmes Gestein	nein
VS, Zinal, Le Vichiesso	feuchte Erde	ja
VS, Chandolin, Waschsee	feuchte bis nasse Erde	ja
VS, Verbiers, Col des Mines	Gestein	ja
VS, Fully, Randonne, 6 Fundstellen	eisenhaltiger Gneis	nein
VS, Fully, Sorniot	Eisenhaltiges Gestein	nein
VS, Martigny, Ravoire	Gneis	nein
VS, Saas Almagell, Egginnerjoch	Gestein	nein
VS, Saas-Almagell, Distelalp	keine Angabe	nein
VS, Turtmann, Kaltenberg-Mine	Erde	ja

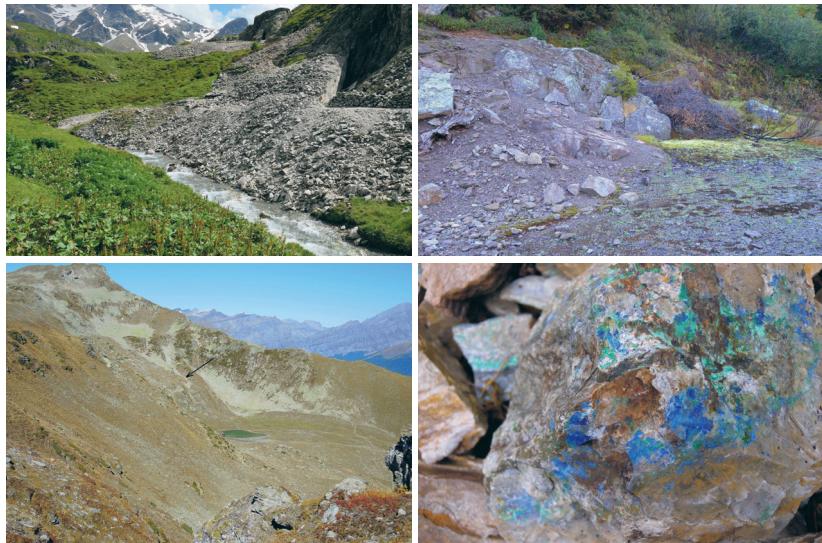


Abb. 1. Taspegn Zillis (GR). 2. Mürtschen(GL). 3. Waschsee-Mine (VS) 4. Gruoba bei Andeer (GR), Malachit, Azurit.

sigen und kalkarmen Standorten vorkommen. Auf kupferhaltigen Böden können *Mielichhoferia*-Arten überleben, die meisten anderen Moose haben da eher Mühe. - Insgesamt war das Projekt, *Mielichhoferia*-Arten bei Kupferminen zu suchen, interessant. Die Suche führte an viele alpine Standorte, die nicht zu den üblichen Wanderzielen gehören. Eindrücklich war auch die Lage der Minen. Es ist erstaunlich, mit welchem Aufwand in vergangenen Jahrhunderten Bergbau betrieben wurde. Dies ist augenfällig, wenn man die damaligen mit heutigen Bergwerken vergleicht.

Dank

Ein grosser Dank geht an Heike Hofmann für die Bereitstellung der Moosfundorte in der Schweiz (über «Swissbryophytes») und die Durchsicht eines ersten Entwurfes dieser Arbeit. Thomas Kiebacher möchte ich ganz herzlich für die wertvollen Hinweise und Anregungen danken, die er mit grosser Geduld anbrachte.

Literatur

Tyler G. 1990. Bryophytes and heavy metals: a literature review. *Botanical Journal of the Linnean Society* 104: 231-253.

De Beer D., Van Acker K. & Ceulemans T. 2023. *Leptodontium gemmascens*: a metal-tolerant moss or a pure metallophyte? *Field Bryology* 129: 8-13.



Copyright: © 2025 Die Autorinnen/Autoren. Dies ist ein frei zugänglicher Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY 4.0) verbreitet wird. Diese erlaubt die uneingeschränkte Nutzung, Verbreitung und Vervielfältigung in jedem Medium, sofern der ursprüngliche Autor, die Quelle und die Lizenz genannt werden (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).