

Gams, H. (1966): Erzpflanzen der Alpen. – Jb. Ver. Schutz Alpenpfl. Alpentiere, 31:65-73, 2 Abb.

## Erzpflanzen der Alpen

Von *Helmut Gams*, Innsbruck

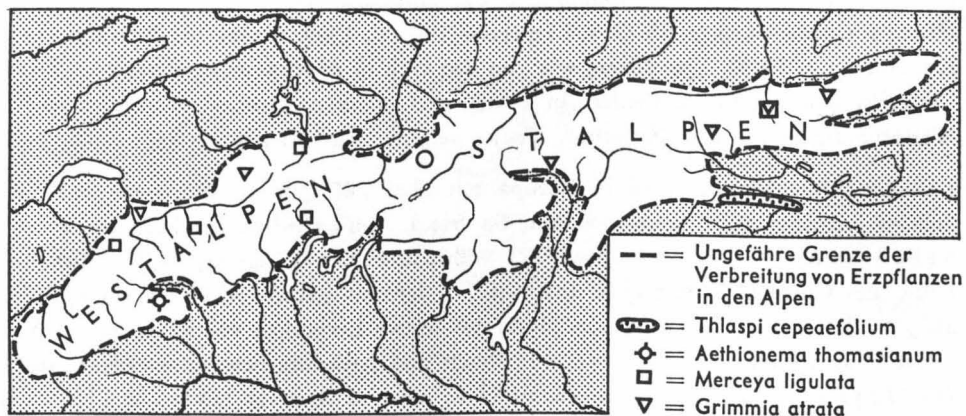
**E**rzpflanzen oder Schwermetallpflanzen (*plantae aerariae vel chalcophilae*) sind Pflanzen, die besonders regelmäßig bis ausschließlich auf Unterlagen wachsen, welche die als „Spurenelemente“ allgemein verbreiteten Schwermetallelemente Eisen, Kupfer und Zink und weniger verbreitete, wie Nickel und Blei, in größeren Mengen enthalten, besonders in Form von Karbonaten (Spaten), Sulfiden (Kiesen) und durch Oxydation solcher entstehenden Sulfaten (Vitriolen); die weiter gegen deren Gifteinwirkungen weniger empfindlich als andere Pflanzen sind; ja solche Verbindungen in größeren Mengen speichern können. Aus anderen Erdteilen werden auch für Silber- und Gold-Lagerstätten bezeichnende Blütenpflanzen genannt, wie die nordamerikanische Polygonacee *Eriogonum ovalifolium* und das australische Geißblatt *Lonicera confusa* (ältere Literatur darüber bei O. v. Linstow 1924 u. 1929, neuere bei Baumeister, Krause u. a. 1958). Von diesen, wie von den auch in Alpengewässern häufigen Eisenbakterien und anderen besonders in eisen- und manganreichen Gewässern lebenden Wasserpflanzen (wie der Wassernuß, *Trapa natans*), wird hier abgesehen.

Erzholde Blütenpflanzen sind in Europa seit über 200 Jahren, Erzmoose und Erzflechten seit über 150 Jahren bekannt. So hat Linné's Schweizer Zeitgenosse Albrecht von Haller (1708—1777) während seiner Tätigkeit als Gründer und Leiter des Göttinger Botanischen Instituts bei der mit seinem Schüler Cropp 1738 als „Iter hercynicum“ beschriebenen Harzreise an den Erzgruben von Klausthal mehrere solche Pflanzen gefunden, und zwei von ihnen sind nach ihm benannt worden: *Arabis Halleri* L. = *Cardaminopsis Halleri* Hayek und *Armeria Halleri* Wallroth. Besonders oft untersucht worden sind die „Galmeipflanzen“ (*plantae calaminariae*) von den an Zinkblende reichen Erzböden zwischen Harz, Ardennen und Limburg (A. S. L. Lejeune 1811—1813, Aug. Schulz 1912, Schwickerath 1931, H. Schubert 1954, Schwanitz und Hahn 1954, Heimans 1961).

Hauptvertreter dieses „*Violetum calaminariae*“ sind neben der erwähnten Grasnelke (*Armeria Halleri* bzw. *elongata*) einige echte Nelkengewächse (Formen von *Silene cucubalus* = *inflata* und *Minuartia verna*), Kreuzblütler (*Cardaminopsis Halleri* und *Thlaspi alpestre* var. *calaminare* L. e. j.) und ein Stiefmütterchen (*Viola calaminaria* L. e. j., früher meist als Rasse von *V. lutea*, jetzt mehr als solche von *V. tricolor* ssp. *alpestris* bewertet). Obgleich alle diese Formenkreise auch in den an Erzböden nicht armen Alpen ver-

treten sind, wo Haller nach seiner Rückkehr in die Heimat 1753—1764 als Bergwerksdirektor tätig war, scheint keiner dieser Formenkreise in den Alpen Erzrassen hervorgebracht zu haben.

Wohl die einzigen erzholden Blütenpflanzen der Alpen sind zwei auf kleine Südalpengebiete beschränkte dickblättrige, schötchenfrüchtige Kreuzblütler: *Aethionema thomasianum* ist von dem Waadtländer Jacques Gay (1786—1864) von den Eisengruben bei Cogne in den Grajischen Alpen 1845 beschrieben und nach dem Mitentdecker Emanuel Thomas aus einer floristisch sehr interessierten Bergbauernfamilie von Fenalet bei Bex benannt worden. Dessen Großvater Pierre Thomas und dessen Sohn Abraham (1740—1824) sind schon von Haller als Waldhüter bestellt und in die Kenntnis der Alpenflora eingeführt worden. Abraham Thomas war ebenso mit dem Walliser Chorherren Laurent-Joseph Murith (1742—1818), dessen Namen bis heute die Walliser Naturforschende Gesellschaft trägt, wie mit dem Waadtländer Pfarrer J. Fr. Th. Gaudin, Verfasser einer mehrbändigen Schweizer Flora (1828 bis 1833), befreundet, Emanuel u. a. mit den Pionieren der Gletscherforschung Jean de Charpentier und Louis Agassiz. Die nach ihm benannte Crucifere ist außer von Cogne nur noch aus dem algerischen Atlas bekannt geworden.



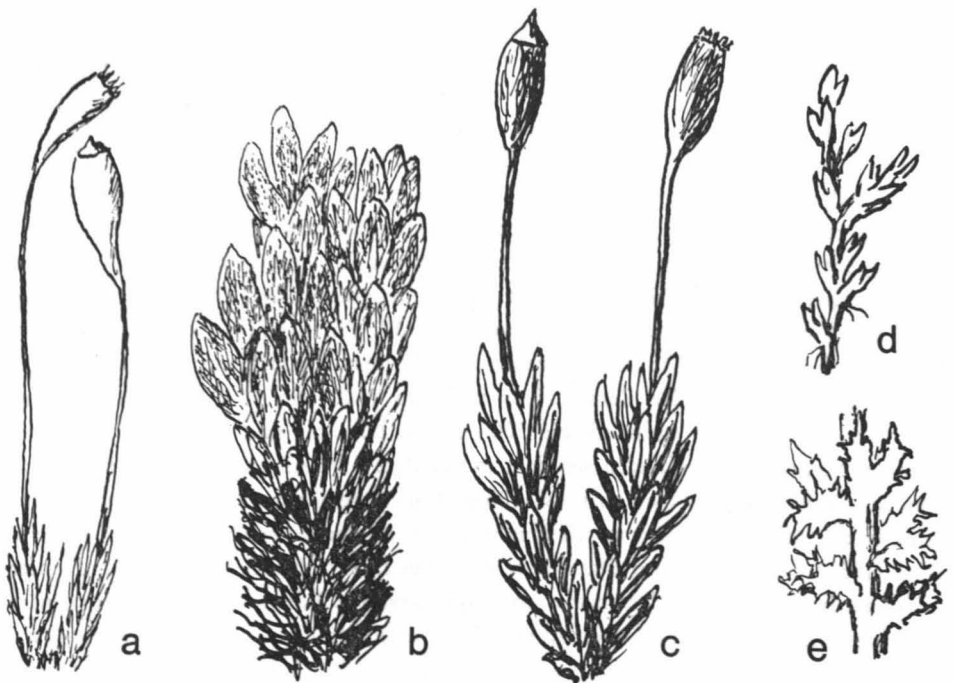
Das Hauptverbreitungsgebiet von Erzpflanzen in den Alpen und Fundorte von 4 Arten

Die andere Erzcrucifere hat „Kärntens Haller“ Franz Xaver von Wulfen (1728—1805) bei den Blei- und Zinkgruben von Raibl in den Karnischen Alpen entdeckt „in Valle Rablensi copiose prope fodinas calaminarias unter der Vitriolwand“ und als *Iberis cepeaeefolia* beschrieben. Heute wird sie als ssp. *cepeaeefolium* (Wulf.) Rouy et Fouc. zu der weitverbreiteten Kalkgeröllpflanze *Thlaspi rotundifolium* (Bild im Jahrbuch 1940) gestellt. Sie scheint ganz auf Zink und Blei führende Karbonatgesteine beiderseits der Karnischen Hauptkette (zwischen Kärnten-Osttirol und

Slovenien-Friaul) beschränkt zu sein. Alle Angaben aus Westtirol und den Westalpen beziehen sich wohl auf eine andere, vorwiegend neutrale, nicht erzführende Böden bewohnende Unterart, die zuerst von J. G a y aus den Westalpen beschrieben worden ist: sp. *corymbosum* (G a y) G a u d i n.

Zu diesen beiden Blütenpflanzen kommt eine größere Zahl chalkophiler Moose und Flechten. Ihre „Erzliebe“ beruht teils auf ihrer besonderen Widerstandsfähigkeit gegen Kupfer und Schwefelsäure, teils auf ihrer Fähigkeit, besonders Eisenverbindungen in größeren Mengen zu speichern. Der zuerst bekannt gewordene Fundort von Erzmoosen überhaupt und auch von mehreren Erzflechten ist das Kupferbergwerk der Schwarzwand (1600—1800 m Höhe) bei Hüttschlag in Großarl in den Salzburger Tauern. Dort hat der Salzburger Oberbergrat M a t h i a s M i e l i c h h o f e r (1772—1847, also ein Zeitgenosse G a y s und G a u d i n s) 1814 zwei nah-verwandte Arten oder Unterarten einer Laubmoosgattung entdeckt, die von mehreren Moosforschern nach ihm benannt worden sind, von F u n c k 1817 als *Weissia Mielichhoferiana*, von B r i d e l 1826 als *Oreas Mielichhoferi*, von H ü b e n e r 1833 als *Apiocystis Mielichhoferi*, von H o r n s c h u c h 1831 unter den heute gültigen Namen *Mielichhoferia nitida* (Funck) H o r n s c h u c h und *elongata* H o r n s c h u c h. Treffend beschreibt sie z. B. R a b e n h o r s t 1848 als Polster, die bei ersterer  $\frac{1}{2}$ —3 cm, bei der zweiten 3—10 cm hoch werden und „freudig-grüne, unterhalb verfilzte Rasen in Felsnischen und Höhlungen besonders in Kupfer, Schwefel und Eisen führendem Gestein“ bilden. Daß diese am längsten bekannten Kupfer- oder richtiger Vitriolmoose nicht nur auf Kupferkies und Pyrit, sondern ebenso auch auf Alaunschiefer wachsen, hat schon 1876 W. Ph. S c h i m p e r mitgeteilt und habe auch ich wiederholt in den Schweizer und Tiroler Zentralalpen und in Norwegen beobachtet. Sie sind in den Zentralalpen zwischen 1600 und 3000 m recht verbreitet, gehen in den Südalpen mehrfach bis 500—300 m hinunter und sind auch wiederholt über der Schneegrenze gefunden worden, so auf dem Silvrettahorn bis 3200 m und auf dem Theodulhorn von V a c c a r i bis 3480 m. Eine erste genauere physiologische Untersuchung der *Mielichhoferia* vom Originalstandort an der Schwarzwand von W a l t e r U r l (1956) ergab, daß ihre Blattzellen eine viel höhere Konzentration von Kupfersulfat als irgendwelche andere bisher darauf untersuchte Pflanzenzellen ertragen, nämlich bis zu 0,1 mol oder etwa 2% und erst durch hypertonische Lösungen von  $\frac{1}{2}$ —1 mol getötet werden, während andere Moose kaum über 1/1000% Kupfersulfat (etwas mehr Zink-, Chrom- und Mangansulfat) vertragen. Die Unterart *elongata* erwies sich als noch kupferresistenter als *nitida*. Schon 1853 kannte der Hallenser Moosforscher C. M ü l l e r bereits ein Dutzend *Mielichhoferia*-Arten, die meisten aus Südamerika, wo 1910 der hervorragende Moosgeograph T h e o d o r H e r z o g auf den bolivianischen Anden nicht weniger als 22 Arten gefunden hat, davon 13 in 4000—4700 m Höhe und 12 zu meist von B r o t h e r u s als neue Arten beschriebene, die meisten, wie er mir mündlich mitgeteilt hat, ebenfalls von Erzböden. Die gegen 100 bisher bekannte Arten umfassende Gattung ist höchst wahrscheinlich in Südamerika entstanden und hat über die Anden mit unseren beiden Unterarten sowohl das nördlichste Skandinavien wie die mittel- und südeuropäischen Gebirge erreicht.

Mit unseren *Mielichhoferien* oft, z. B. an der Schwarzwand vergesellschaftet sind zwei andere, sehr viel seltene Laubmoose mit matt-dunkelgrünen bis schwärzlichen, stumpfen Blättern. *Merceya ligulata* (Spruce 1845) Schimper 1876 (= *Scopelophila ligulata* Mitten) gehört einer sowohl auf den asiatischen wie auf den amerikanischen Gebirgen vertretenen Verwandtschaft an, die sowohl zu den Pottiaceen wie zu den Encalyptaceen Beziehungen aufweist. Sie ist besonders an ihrem dichten, violettbraunen Wurzelfilz kenntlich, in welchem braune Brutkörper gebildet werden, durch welche sich die Art in Europa ausschließlich vermehrt. Sie wurde an der Schwarzwand 1840 von Schimper, in den Pyrenäen 1845 von Spruce entdeckt, später auch im Kaukasus und in Nordamerika. Aus den Alpen ist sie bisher nur von etwa 6 Fundorten, in Großarl, in der Mittel- und Südschweiz (im Reusstal 1919 von mir gefunden) und in Savoyen, in 600—1960 m Höhe, bekannt. Aus Tirol und Nordeuropa liegen noch keine Funde vor.



Erzmoose der Alpen: a) *Mielichhoferia nitida* (Funck) Hornschuch, b) *Merceya ligulata* (Spruce) Schimper, c) *Grimmia atrata* Mielichhofer ex Hornschuch, d) *Gymnocolea acutiloba* (Kaalaas) K. Müller, e) *Cephaloziella phyllacantha* (Massal. et Carest.) K. Müller.  
a), b) und c) ungefähr 9mal, d) 20mal, e) 80mal vergrößert.

Die ähnlich chalkophile *Grimmia* (einzige Art der Untergattung *Streptocolea* Hagen) *atrata* Mielichhofer ex Hornschuch = *Dryptodon atratus* (Mielichhofer) Limpr. ist von ihrem Autor auch schon 1814 an der Schwarzwand entdeckt worden und auf sulfidführendem Silikatgestein in Süd- und Nordeuropa weiter verbreitet, auch aus Japan bekannt. In den Zentral-Alpen reicht ihr Areal von den Niederen und Hohen Tauern durch die Tiroler und Schweizer Zentralalpen bis

Hochsavoyen. Während *Mielichhoferia* und *Merceya* vorwiegend Felsspalten besiedeln, wächst diese trocken krausblättrige *Grimmia*, wie die meisten Arten der großen Gattung, mehr an feuchten Wandflächen in kleinen schwärzlichen Polstern, sehr oft neben *Mielichhoferia*, wie der hervorragende norwegische Moosforscher I n g e b r . H a g e n schreibt, hauptsächlich „auf Eisen- und Kupfergängen, und es scheint, daß ein gewisser Metallgehalt zu ihrem Gedeihen erforderlich ist“. Die alpinen Fundorte liegen in 1600 bis 2660 m, die meisten skandinavischen in 900—1300 m Höhe, ein Fund in den Ardennen in nur 130 m. Es fällt auf, daß aus den an Kupfer- und anderen Schwermetallerzen so reichen Umgebungen von Schwaz und Kitzbühel bisher noch keine Erzmoose bekannt geworden sind. Daß sie nahezu den gesamten nördlichen und südlichen Kalkalpen zu fehlen scheinen, kommt wohl daher, daß die dortigen Erze größtenteils nicht sulfidisch, sondern vorwiegend oxydisch und weniger sauer sind.

Während die genannten Laubmoose innerhalb ihrer Familien recht isoliert dastehen und mit ihrer stark zerrissenen Verbreitung offenbar recht alt sind, machen die wenigen als erzielend bekannten Lebermoose, die durchwegs zarte, dunkelgrüne bis schwärzliche Überzüge hauptsächlich auf Erzschlackenböden bilden, einen viel jüngeren Eindruck, besonders dadurch, daß sie durchwegs auf sauren Torfböden weiterverbreiteten Arten so nahe stehen, daß sie manche Bryologen nur als Unterarten dieser bewerten. Alle bisher aus Europa bekannten unterscheiden sich von ihren weiterverbreiteten Verwandten durch spitzere Blattzipfel, die bei den *Cephaloziellen* zudem schärfer gezähnt sind.

Der besonders auf nacktem Torf zwischen Nadelbinsen (*Trichophorum caespitosum*) auf den mittel- und nordeuropäischen Gebirgen weitverbreiteten, häufigen *Gymnocolea inflata* (H u d s.) D u m. steht als Bewohnerin trockeneren Erzschatz *Gymnocolea acutiloba* (K a a l.) K. M. nahe. Der Norweger K a a l a s hat sie 1901 als *Jungermannia*, S t e p h a n i 1909 als *Pleuroclada*, S c h i f f n e r 1910 als *Lophozia*, K. M ü l l e r 1911 unter dem heute gültigen Namen beschrieben. Sie ist auf nordeuropäischen Erzböden weitverbreitet, in den Alpen bisher nur aus den Hohen Tauern, Südtirol (Ortlergebiet, Gröden, Pfunderer Berg) und dem Montafon in 600—1600 m Höhe bekannt. Selbst habe ich sie 1965 bei dem in 1500 m Höhe gelegenen Lorenzen-Kupferstollen am Pfunderer Berg im Eisacktal gefunden. Gegen Kupfersulfat fand sie W. U r l sehr viel weniger resistent als *Mielichhoferia*, dagegen recht resistent gegen Chrom- und Vanadylsulfat. Noch viel zarter, geradezu mikroskopisch klein und leicht zu übersehen sind die beiden zuerst 1880/82 von den italienischen Moos- und Flechtenforschern M a s s a l o n g o (1852—1928) und C a r e s t i a von Erzböden der Lombardischen Alpen beschriebenen, von S p r u c e 1882 wegen der scharf gesägten Lappen als Sektion (von S c h i f f n e r 1895 als Gattung) *Prionolobus* zu *Cephalozia*, von J ö r g e n s e n 1934 als Sektion *Prionellae* und von K. M ü l l e r 1957 als Gruppe *Phyllacanthae* zu *Cephaloziella* gestellten Arten oder Unterarten: *Cephaloziella phyllacantha* (M a s s. et C a r e s t.) K. M. (= *Prionolobus spinifolius* J ö r g.) ist bisher nur von wenigen Orten der Südwestalpen (Ribasso, Prov. Novara, bei St. Luc im Eifschtal 1900 m mit *Mielichhoferia* 1956 von P. F i n t a n G r e t e r entdeckt), des Sächsischen Erzgebirges (Zinnstollen bei Annaberg) und SW-Norwegens bekannt; die nah verwandte, formenreiche *C. massalongoi* (S p r.) K. M. (= *Cephalozia dentata* M a s s. et C a r. non R a d d i,

*Prionolobus massalongoi* Schiffner, einschl. *C. aeraria* [Pears.] Macv., *compacta* [Jörg.] K. M. u. a.) von mehreren Orten der Süd- und Zentralalpen (von der Lombardei bis Nord- und Osttirol, Großarl), in Westeuropa von der Iberischen Halbinsel bis Schottland, vom Erzgebirge und von Skandinavien, in den Alpen zwischen 1600 und 2400 m. Beide sind mit der auf sehr verschiedenen Böden über den größten Teil der Nordhalbkugel in vielen Formen verbreiteten *C. starkei* (Funk) Schiffner (= *bysacea* [Roth] Warnst.) so nahe verwandt, daß sie wohl als relativ junge Abkömmlinge dieser gelten können. Auch einige Arten der Lebermoosgattung *Marsupella* sind oft mit den Erzmoosen vergesellschaftet, scheinen aber keine eigentlichen Erzrasen ausgebildet zu haben.

Länger bekannt und vielleicht auch stammesgeschichtlich älter als die Erzmoose sind die Erzflechten, haben doch solche schon die Deutschen J. G. Gmelin (1703—1755) und G. H. Weber (1752—1828) und die Schweden E. Acharius (1757—1839, einer der ersten Flechtensystematiker) und G. Wahlberg (1780—1851) beschrieben. Es sind durchwegs Krustenflechten auf vorwiegend eisenreichem, teilweise auch kupfer- und zinnhaltigem Silikatgestein, die aus diesen Eisenverbindungen in solcher Menge aufnehmen und zu Eisenhydroxyd oxydieren, daß sie mehr oder weniger rostrot bis dunkelbraun werden.

Drei besonders in der subalpinen und alpinen Stufe der meisten höheren Gebirge weit verbreitete Arten bilden meist nur wenige Zentimeter große, rostrote Krusten: *Lecidea silacea* Ach. 1794, von der Wahlberg 1826 treffend schreibt: „*Hab. in lapidibus scopulisque ferrugine correptis*“ (bewohnt rostzerfressene Steine und Felsen), die noch weiter, bis über die Schneegrenze verbreitete *Lecidea dicksonii* (Gmel.) Ach. (= *melanophaea* Fr.) und das mit beiden oft vergesellschaftete *Rhizocarpon oederi* (Web. 1775) Koerber 1855. *Lecidea silacea* hat 1—1½ mm breite, *L. dicksonii* ½—¾ mm breite und *Rhizocarpon oederi* unter ⅓ mm breite, schwarze Apothezien. Die Sporen der letzten Art sind vier-, die der beiden andern einzellig. Noch weiter verbreitet, häufiger und zumeist auch größer als diese Rostflechten sind einige *Lecidea*-Arten, deren nicht selten 1—2 dm große Lager anfänglich hellgrau gefärbt sind und nur später, auch nicht immer, durch Oxydation von Eisenverbindungen rostig werden. Die von der subalpinen Stufe bis über die Schneegrenze verbreitetste und auffälligste dieser Arten ist *Lecidea lapicida* Ach. 1798 mit deutlich gefeldertem Lager und 1—2 mm großen Apothezien. Fast ebenso häufig ist *L. confluens* (Web.) Ach. mit nicht gefeldertem, weniger oft rostig werdendem Lager und etwas kleineren Apothezien.

Zu den bekanntesten, besonders auch auf Kupfer- und Zinnerzen gefundenen Krustenflechten gehören weiter zwei dunkel-rotbraune Arten der durch vielsporige Schläuche in kleinen, lange eingesenkt bleibenden Apothezien ausgezeichneten Gattung *Acarospora*, die A. H. Magnusson in großen Monographien (1924—36) ausführlich behandelt hat: die schon 1803 von Wahlberg aus Schweden als „*pulchra species*“ beschriebene *Acarospora sinopica* (Wahlb.) Koerb. mit rosettigem, d. h. am Rand etwas strahlendem Lager und die ähnliche, kaum rosettige, weniger häufige und weniger hoch steigende *A. montana* Magn. Nach diesen haben Hilitzer 1923, Schade 1933

bis 35 und K l e m e n t 1935—60 einen besonders für Erzschlackenhalde n bezeichnenden Flechtenverein *Acarosporium sinopicae* benannt. Zu seinen häufigsten und auffallendsten Gliedern gehört neben den drei erstgenannten Rostflechten die etwas weniger streng an Sulfiderze gebundene und nur in der unteren Rinde eisenspeichernde *Lecanora epa-nora* A c h. mit lebhaft hellgelbem, durch schwarzes Vorlager ähnlich wie bei den Landkartenflechten marmorierten Lager und 1—2 mm großen rotbraunen Apothezien mit oft gekerbtem Rand. Besonders üppig habe ich sie auf den Kupfer-, Zink- und Bleierz enthaltenden Wänden der Mündung des verlasenen Lorenzenstollens am Pfunderer Berg gefunden. Mit *Acarospora sinopica* und weiteren *Acarospora*-, *Lecanora*- und *Lecidea*-Arten wächst sie auch in Menge auf der durch ihre Kupfermoose so bekannt gewordenen Schwarzwand in Großarl. Von ihr hat J. P o e l t 1955 noch zwei anscheinend kupferliebende Krustenflechten neu beschrieben: *Rhizocarpon furfurosum* M a g n. et P o e l t mit kleinem, schurfigem hellbraunem Lager und unter 1/2 mm großen schwarzen Apothezien und eine var. *cuprigenum* P o e l t der in der subalpinen und alpinen Stufe so weitverbreiteten Blutaugenflechte *Haematomma ventosum* (L.) M a s s. mit zerstreut-gefeldertem Lager und bis 2 mm breiten, roten Apothezien.

Die meisten Erzflechten sind noch weiter verbreitet als die Mehrzahl der Erzmoose, so daß sich ihre Ausbreitungsgeschichte noch schwerer beurteilen läßt; nicht zuletzt auch deswegen, weil die Gattungen *Lecidea*, *Lecanora*, *Rhizocarpon* und *Acarospora* noch viel artenreicher als z. B. *Mielichhoferia* und *Cephalaziella* sind und die Verbreitung der großenteils schwer unterscheidbaren Arten noch weniger bekannt ist. Auch die Physiologie der Aufnahme von Eisen- und anderen Schwermetallverbindungen aus dem Gestein ist noch so gut wie unbekannt. Es scheint nicht ausgeschlossen, daß daran, wie bei der Aufnahme von Stickstoffverbindungen, auch Bakterien beteiligt sind, die anscheinend mit viel mehr Flechten vergesellschaftet sind, als bisher bekannt ist. Einige Analysen von Erzflechten geben L a n g e und Z i e g l e r, L e R o y und K o k s o y. Auf die Verwendung von Erzflechten und anderen Erzpflanzen bei der Erzsuche haben u. a. N o r d h a g e n in Norwegen, T k a l i t s c h in Rußland, L e R o y und K o k s o y in Nordamerika aufmerksam gemacht.

## Schrifttum

- Amann, J.: Bryogéographie de la Suisse. — Beitr. z. Kryptogamenfl. d. Schweiz VI, 2, 1928.
- Baumeister, W.: Über den Einfluß des Zinks auf *Silene inflata* Sm. — Ber. D. Bot. Ges. 67, 1954 u. 69, 1956.
- u. andere: Die einzelnen Elemente. Handb. d. Pflanzenphysiol. IV, 1958.
- Hagen, I.: Forarbejder til en norsk Lövmosflora IX. — Norsk Vid. Selsk. Skr. 1909.
- Haller, Albr.: Iter hercynicum. Diss. von Cropp 1738, Neudruck in Opuscula bot., Göttingen 1741.
- Heimans, J.: Taxonomic, phytogeographical and ecological problems round *Viola calaminaria*, the zinc violet. — Publ. Naturk. Gen. Limburg 12, 1961.
- Herzog, Th.: Bryophyten meiner zweiten Reise durch Bolivia. — Biblioth. Bot. 87, 1916 u. 88, 1921.
- Geographie der Moose. Jena 1926.
- Hilitzer, A.: Prispěvky k lišejníkám Šumavy. — Jahrb. Mus. Prag 97 (1923), 1924.
- Jørgensen, E.: Norges Levermoser. — Bergens Mus. Skr. 16, 1934.
- Klement, O.: Prodrómus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. — Beih. 35 zu Feddes Repert. 1955.
- Krause, W.: Ruderalpflanzen und andere Bodenspezialisten. — Handb. d. Pflanzenphysiol. IV, 1958.
- Lange, H. und Ziegler, H.: Über den Schwermetallgehalt von Flechten des *Acarosporium sinopicae* auf mittelalterlichen Erzschlackenhalden des Harz. — Mitt. d. florist. soziol. Arbeitsgem. N. F. 10, 1962.
- Le Roy, L. W. a. Koksoy, M.: The lichens, a possible plant medium for mineral exploration. — Econ. Geol. 57, 1962.
- von Linstow, O.: Die natürliche Anreicherung von Metallsalzen und anderen anorganischen Verbindungen in den Pflanzen. — Beih. 31 zu Feddes Repert. 1924.
- Bodenanzeigende Pflanzen. — Abh. Preuss. Geol. Landesanst. 114, 1929.
- Magnusson, A. H.: Monograph of the genus *Acarospora*. — Göteborgs Vet. Vitt. Handl. 1924, Sv. Vet. Ak. Handl. 1929 u. Rabenh. Fl. IX 5, 1936.
- Massalongo, C. e Carestia: Epatiche delle Alpi Pennine. — N. Giorn. Bot. Ital. 12, 1880.
- Minguzzi, C. e O. Vergnano: Il contenente di nickel nelle ceneri di *Alyssum bertolonii* Desv. — Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. 55, 1948.
- Müller, C.: Deutschlands Moose. Halle 1953.
- Müller, K.: Die Lebermoose Europas. — Rabenh. Fl. 1906—16, 3. Aufl. 1954—57.
- Nordhagen, R.: Nogen interessante jordbunnsindikatorer i Norges flora. — Naturen, Bergen 1930.
- Persson, H.: On the discovery of *Merceya ligulata* in the Azores with a discussion of the so-called copper mosses. — Rev. bryol. et lich. 17, 1948.
- Studies in „Copper mosses“. — J. Hattori bot. Lab. 17, 1956.
- Poelt, J.: Flechten der Schwarzen Wand in der Großarl. — Verh. Zool. Bot. Ges. Wien 95, 1955.
- Poelt, J. u. Ullrich, H.: Über einige chalkophile *Lecanora*-Arten der mitteleuropäischen Flora. — Österr. Bot. Zschr. 111, 1964.



- R a b e n h o r s t, L.: Deutschlands Kryptogamen-Flora II, Leipzig 1948.
- Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich u. d. Schweiz, seit 1890 im Erscheinen, Bearbeitungen der Laubmoose von L i m p r i c h t, der Lebermoose von K. M ü l l e r, Flechten von M a g n u s s o n u. a.
- R e p p, G.: Kupferresistenz des Protoplasmas höherer Pflanzen auf Kupfererzböden. — Protoplasma 57, 1963.
- S a u t e r, A. E.: Laubmoose in Flora d. Herzogt. Salzburg III, Salzburg 1870.
- S c h a d e, A.: Das *Acarosporium sinopicae* als Charaktermerkmal der Flechtenflora sächsischer Bergwerkshalden. — Isis Dresden (1932) 1933 u. (1933/34) 1935.
- S c h a t z, A. l b.: Speculations on the ecology and photosynthesis of the „copper mosses“. — The Bryologist 58, 1955.
- S c h i m p e r, W. P. h.: Synopsis Muscorum Europaeorum. Stuttgart 1876.
- S c h u b e r t, H.: Zur Systematik und Pflanzengeographie der Charakterpflanzen der mitteldeutschen Schwermetallpflanzen. — Wiss. Zeitschr. Univ. Halle 1954.
- S c h w a n i t z, F. u. H. H a h n: Genetische und entwicklungsphysiologische Untersuchungen an Galmeipflanzen. — Zeitschr. f. Bot. 42, 1954.
- S c h w i c k e r a t h, M.: Das *Violetum calamariae* der Zinkböden in der Umgebung Aachens. — Beitr. z. Naturdenkmalpflege 14, 1931.
- T k a l i t s c h, S. M.: Botanische Methoden geologischer Untersuchungen. — Bot. Journal 37, 1952 (russisch).
- U l l r i c h, H. u. K l e m e n t, O.: Icones Lichenum Hercyniae I (*Acarosporium sinopicae*). — Langelsheim (Harz) 1960.
- U r l, W.: Über Schwermetall-, zumal Kupferresistenz einiger Moose. — Protoplasma 46, 1956.
- W u l f e n, F. r. X.: Flora Norica, hsg. von E. Fenzl u. P. Rainer Graf, Wien 1858.