

Zur Flora und Vegetation über schwermetallhaltigem Substrat im Ostalpenraum - Eine Übersicht

Wolfgang PUNZ

In Fortführung früherer Arbeiten wird eine Zusammenfassung floristischer und vegetationskundlicher Literaturangaben zu Schwermetallstandorten im Ostalpenraum vorgestellt. Der einschlägige Wissensstand sowie anstehende Fragestellungen werden kurz diskutiert.

PUNZ W., 1991: Flora und vegetation covering metalliferous substrates in the Eastern Alps - a review.

Based on earlier papers, a revised and extended list of those metalliferous sites in the Eastern Alps (Austria and bordering regions) for which floristic data are available is presented. Problematical floristic, phytosociological and ecophysiological points are discussed.

Keywords: Eastern Alps, heavy metal, metallophytes, mine vegetation.

Einleitung

Das wissenschaftliche Interesse an Pflanzen, welche über schwermetallhaltigem Substrat zu wachsen vermögen („*plantae aerariae vel chalcophilae*“; GAMS 1966), kann bereits seit dem 16. Jahrhundert (CAESALPINO und THALIUS, zitiert bei BROOKS 1987 bzw. ERNST 1974a) nachgewiesen werden. Die letzten Jahrzehnte haben auch auf diesem Forschungsgebiet eine entsprechend reichhaltige Literatur hervorgebracht, von welcher hier nur einige ausgesprochene Überblicksarbeiten - so LINSTOW (1929), KRAUSE (1958), LÖTSCHERT (1969), ANTONOVICS et al. (1971), ERNST (1974a, 1990), GAMS (1975), PROCTOR & WOODELL (1975), KINZEL (1982), SCHLEE (1986), BROOKS (1987) und BAKER (1987) - genannt seien.

Angesichts des bisher Gesagten nimmt es wunder, daß für Österreich bzw. den Ostalpenraum, insgesamt „reich an armen Lagerstätten“ (LECHNER et al. 1964, HOLZER 1966), die seit vorrömischer Zeit abgebaut werden (KIRNBAUER 1968), nur einige Lokalitäten (eingeschlossen die „klassischen“ Serpentinstandorte in Steiermark und Niederösterreich) hinsichtlich ihrer Vegetation als ausführlich,

*Publ.Nr. 84 der Projektgruppe Stadtökologie der ÖAW
Ing. Friedrich PUNZ zum 70. Geburtstag gewidmet

und wenige mehr als überhaupt dokumentiert bezeichnet werden können, was besonders für den kristallinen (zentralalpinen) Bereich gilt.

Die vorliegende Arbeit beabsichtigt, in Fortschreibung verschiedener früherer Dokumentationen (PUNZ 1988b, 1989a, 1991a, b, c; PUNZ et al. 1990a [Tirol]; PUNZ et al. 1990b [Steiermark]; ZECHMEISTER & PUNZ 1990 [Moose]) die vorhandenen (dem Autor verfügbaren) Angaben zu dem genannten Themenkreis zusammenzufassen. Für bisher erhaltene Angaben sagt der Autor ebenso Dank wie für allfällige neue Hinweise zwecks Weiterführung dieser Dokumentation.

Standortsübersicht

In Tab. 1 (vgl. auch die korrespondierende Abb. 1) sind all jene bisher aus der Literatur bekannten Schwermetall-Standorte zusammengefaßt, zu welchen floristische bzw. vegetationskundliche Daten vorliegen. Hierbei wurden nur solche Angaben berücksichtigt, für welche zuverlässig ein schwermetallhaltiges Substrat angenommen werden konnte. Rein floristische Angaben ohne genaue Standortcharakteristik wurden ebenso wie solche ohne Hinweis auf entsprechenden (also schwermetallhaltigen) Untergrund nicht berücksichtigt. Vereinzelt wurden benachbarte Standorte unter einem zusammengefaßt. Die geographischen Koordinaten wurden häufig selbst an Hand der Originalarbeiten rekonstruiert, was bisweilen eine geringe Unschärfe bedingen mag. Um den Literaturteil nicht zu überlasten, wurden unter Verzicht auf Vollständigkeit nur Erstbeschreibungen sowie wesentlich erscheinende Zusammenfassungen bzw. Revisionen angeführt.

Versucht man, den im Substrat „dominierenden“ Streßfaktor zu klassifizieren, was auf Grund der im Regelfall auftretenden Mehrfachvererzung nur selten sauber durchzuführen ist, ergibt sich folgende Zuordnung der Standorte in Tab. 1:

„Galmei“ (also Zink/Blei): 1-9, 11-19, 21-31, 36-37, 43-46, 52, 56-60, 62-64, 66-67, 83-87, 98, 100-102;

„Kupfer“: 10, 20, 32-35, 53-55, 61, 69, 81-82, 99;

„Serpentin“: 38-39, 41, 47-49, 51, 68, 70-80, 88-97;

„Eisen“: 40, 42, 50;

„Antimon“: 65;

„Chrom“: 68.

Ergebnisse

Vegetation

Das Standardwerk von ERNST (1974a) ordnet alle europäisch-vestsibirischen Schwermetallgesellschaften der Klasse der *Violetea calaminariae* (Kennarten: *Silene vulgaris*, *Minuartia verna*) zu (in gleicher Weise noch ERNST 1990). Von den meisten Autoren (vgl. hierzu etwa HORVAT et al. 1974, PIGNATTI & PIGNATTI 1977, NIKLFELD 1979) werden jedoch die Serpentinegesellschaften teils den Festuco-Brometea, teils den Asplenetea angeschlossen. Für Galmeistandorte beschreibt ERNST zwei Schwermetallgesellschaften (*Violetum dubyanae*, *Thlaspietum cepaeifolii*) aus dem kalkalpinen Bereich; demgegenüber schlagen MUCINA & PUNZ (in pr.) eine größere Zahl von Gesellschaften vor (darunter auch solche für silikatisches Substrat). Diese können großteils den Thlaspietea, teilweise den Asplenetea, nicht jedoch den Violetea zugeordnet werden.

Flora

Als echte „Erzpflanzen“ (etwa im Sinn von GAMS 1966; vgl auch ANTONOVICS et al. 1971) über Galmeiböden - also (Höhere) Pflanzen, welche im Gebiet ausschließlich auf Schwermetallstandorten vorkommen - können Arten wie *Thlaspi rotundifolium* ssp. *cepaeifolium* (welches offenbar auf das Gebiet von Raibl sowie die erzführenden Schotter der Gailitz bis Arnoldstein beschränkt ist; vgl. hierzu die Ausführungen von MELZER 1965, 1969, 1973), *Viola tricolor* subsp. *subalpina* var. *raiblensis* (vgl. LAUSI & CUSMA VELARI 1986), allenfalls vielleicht *Alyssum wulfenianum* (vgl. REEVES & BROOKS 1983) gelten. Die sogenannten „Serpentinophyten“ (als solche gelten beispielsweise *Notholaena marantae*, *Sempervivum pittonii*, *Asplenium cuneifolium* und *adulterinum*) sind wohl sinngemäß hier anzuschließen (vgl. WENDELBERGER 1974, GAMS 1975).

Zu den häufigsten, auf Galmei- und Kupferstandorten vorkommenden Pflanzen zählen Caryophyllaceen (häufigste Gattungen: *Silene*, *Minuartia*, *Dianthus*), Poaceen (*Poa*, *Festuca*, *Agrostis*, *Avenella*) und Brassicaceen (*Cardaminopsis*, *Cardamine*, *Arabis*, *Thlaspi*, *Biscutella*) sowie Farne und Coniferen; daneben sind u.a. Lamiaceen (*Thymus*), Scrophulariaceen (*Scrophularia*, *Linaria*), Rubiaceen (*Galium*), Campanulaceen, Violaceen (*Viola*) und Saxifragaceen zu nennen (vgl. auch PUNZ 1991c). Einen Überblick über ophiolithophile Taxa geben WENDELBERGER (1974), GAMS (1975), BROOKS (1987).

Ergänzende Befunde

Das bloße Vorkommen von Pflanzen auf schwermetallkontaminierten Substraten

stellt fraglos bereits einen Beweis für deren Resistenz dar. Experimentell nachgewiesen ist eine solche an Höheren Pflanzen von Galmei/Kupferstandorten im Ostalpenraum jedoch nur für wenige Arten (die meisten Befunde für *Silene vulgaris*; daneben für *S. rupestris* und *alpestris*, *Agrostis schraderana*, *Cardaminopsis halleri*, *Linaria alpina*, *Minuartia verna*, *Rumex acetosella*, *Saxifraga stellaris*, *Taraxacum officinale*, *Tussilago farfara*, *Viola dubyana*; vgl. REPP 1963, ERNST 1965, RÜTHER 1967, SISSOLAK 1985, ULRICH 1989a und unpubl., PUNZ et al. 1990a, MAD 1990). ULRICH (1989b) konnte darüber hinaus unterschiedliche Resistenzstrategien („accumulator“ vs. „excluder“) bei *Silene vulgaris* - Ökotypen verschiedener Kupfer- und Galmei-Standorte - nachweisen. Anatomisch-histochemische Untersuchungen von SIEGHARDT (1985a,b, 1987, 1989) weisen auf die Bedeutung der Endodermis bei der Aufnahmevermeidung

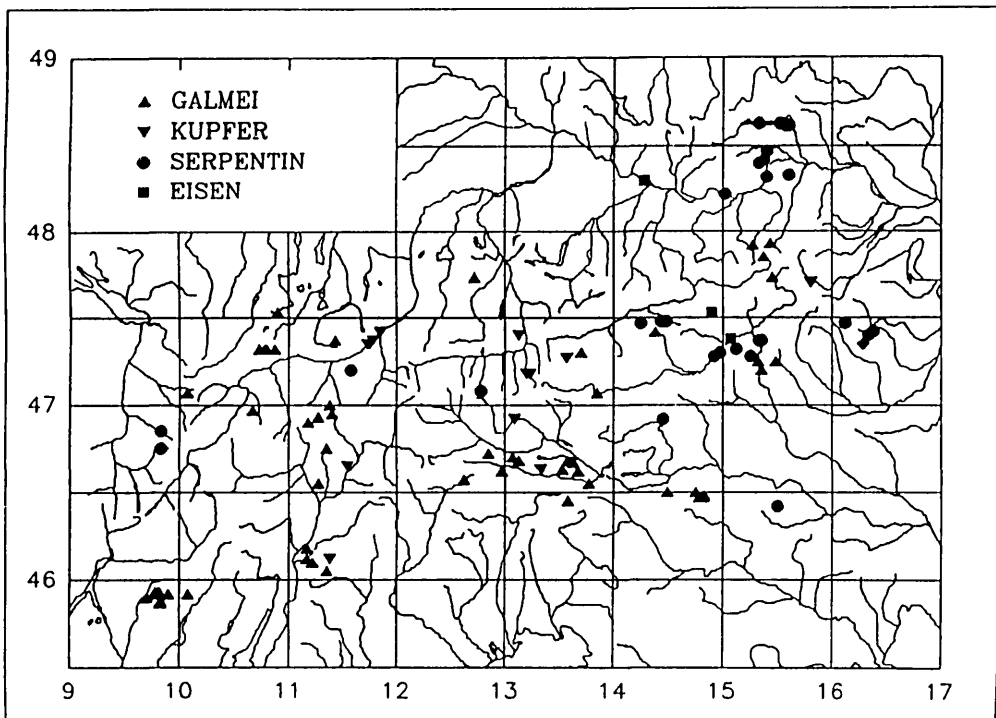


Abb. 1: Schwermetallstandorte im Ostalpenraum, zu welchen floristische bzw. vegetationskundliche Angaben vorliegen. Dargestellt ist das „dominierende“ Schwermetall im Substrat. Vergleiche Tab. 1 und den Text.

(„avoidance“), sowie die Rolle von Oxalatkristallen (*Silene vulgaris*) und Amboßhaaren (*Erysimum sylvestre*) für die Deposition der aufgenommenen Schwermetalle hin. Zu ökologischen und physiologischen Aspekten der Serpentinpflanzen vgl. PROCTOR & WOODSELL (1975), MUNTEAN (1976, 1977), KINZEL (1982), BROOKS (1987). Einen allgemeinen Überblick über mögliche Reaktionsmechanismen von Metallophyten gibt u.a. SCHLEE (1986).

Diskussion

Resümierend kann zur Flora und Vegetation auf Schwermetallstandorten im Ostalpenraum festgehalten werden, daß die vorliegenden Daten und Untersuchungsergebnisse noch keineswegs ein geschlossenes Bild ergeben. Einerseits kann - von wenigen Ausnahmen abgesehen (s.o.) - kaum von echten „Erzpflanzen“ (vgl. GAMS 1966) bzw. Metallophyten gesprochen werden. (Das Gesagte gilt für das besprochene Gebiet, den Ostalpenraum, wogegen eine große Zahl von Endemismen für großflächige natürliche Schwermetallstandorte, etwa in Süd-Zentralafrika, außer Frage stehen [vgl. ERNST 1974a, MALAISSE cit. BAKER 1987]). Terminologisch ist zum Begriff der „Metallophyten“ zu ergänzen, daß ANTONOVICS et al. (1971) unter Verweis auf DUVIGNEAUD & DENAYER-DE SMET (1963) und LAMBINON & AUQUIER (1964) die „Metallophyten“ („eumetallophytes“ und „local metallophytes“, insgesamt Pflanzen, die nur auf kontaminierten Böden vorkommen) den „Pseudometallophyten“ (Taxa, welche im gleichen Gebiet sowohl auf kontaminierten wie auf nicht-kontaminierten Böden vorkommen) gegenüberstellen. Die auf der vorgenannten Terminologie basierende Auffassung von BAKER (1987) „metallophytes and pseudometallophytes achieve resistance by a true tolerance strategy resulting from population differentiation, whereas accidentals probably avoid the effects of metal stress“ erscheint konzeptuell klar; ob diese Unterscheidung auch in der Praxis durchgehend anwendbar ist, muß angezweifelt werden. Nur am Rande sei hier angemerkt, daß das LEVITTSche Streßkonzept (1972) zwar in der Literatur häufig zitiert, nur selten jedoch terminologisch konsequent verwendet wird; es darf an die Feststellung von ERNST (1974b) erinnert werden, „daß die Trennung zwischen avoidance und tolerance ... für Pflanzen mineralischer Extremstandorte nicht praktikabel“ ist.

Für Mitteleuropa ist die Annahme auch nur einzelner Glazialrelikte unter den Schwermetallpflanzen umstritten (Paläoendemismus- vs. Neoendemismus-Hypothese; zur Diskussion vgl. ANTONOVICS et al. 1971, ERNST 1974a, BAKER 1987). Für einen beträchtlichen Teil all jener Arten, welche auf Schwermetallstandorten wachsen, dürfte gelten, daß der - durch das toxische Substrat verursachte - Selektionsdruck sowohl Ausbildung wie auch Erhaltung schwermetalltoleranter („stenominerotrophischer“; vgl. ERNST 1990) Populationen („Chemo-Ökotypen“)

innerhalb von „euryminerotrophischen“ Arten bewirkt (MCNEILLY 1979, BAKER 1987). Zumindest vereinzelt gilt auch, daß die Schwermetallresistenz durch vesikulär-arbuskuläre Mykorrhiza (mit-)bedingt wird (u.a. BROWN & WILKINS 1985). Die ursprünglich von ANTONOVICS et al. (1971) verworfene konstitutionelle Schwermetall-Toleranz (also eine fehlende Populationsdifferenzierung bei vorhandenem Schwermetallstreß bzw. vorhandener Schwermetallresistenz) muß heute allerdings zumindest für einzelne Gattungen bzw. Arten angenommen werden (vgl. REEVES & BAKER 1984, FIEDLER 1985, BAKER 1987).

Während die Bedeutung anderer Faktoren als des erhöhten Schwermetallgehalts für Galmeistandorte noch wenig untersucht wurde (vgl. die Angaben bei BAKER 1987), wird für den Pflanzenwuchs auf ophiolithischem Substrat bereits allgemein akzeptiert, daß die spezifische Serpentinvegetation das Resultat eines Zusammenspiels zahlreicher Faktoren ist (MUNTEAN 1977, KINZEL 1982, BROOKS 1987); die Hyperakkumulation von Nickel durch Serpentinpflanzen ist hierbei ein auffälliges, wenngleich nicht obligatorisches Phänomen, welches sich möglicherweise mehrfach parallel herausgebildet hat, jedoch deutliche Schwerpunkte in bestimmten systematischen Gruppen (z.B. Brassicaceae mit *Alyssum* und *Thlaspi*) zeigt (BROOKS 1987, BAKER 1987). Auf Grund der uneinheitlichen Resistenzmechanismen (beispielsweise „accumulators vs. excluders“; vgl. BAKER 1981) ist die Hyperakkumulation von Schwermetallen bei Pflanzen auf Galmei- (und Kupfer-) Substrat jedoch kein einheitliches Charakteristikum. Allerdings ist auch hier kaum zweifelhaft, daß bestimmte Familien (u.a. Caryophyllaceen, Brassicaceen, Poaceen) - offensichtlich auf Grund ihrer physiologischen Eigenschaften, ihres „Physiotypus“ (vgl. KINZEL 1982) - eine gewisse „Prädisposition“ zum Überleben auf schwermetallreichen Standorten (vgl. die „Serpentinfreudigkeit“ einzelner Taxa; WENDELBERGER 1974) besitzen dürften. In diesem Zusammenhang erscheint auch die Beobachtung bemerkenswert, daß einzelne Gattungen gleichermaßen Serpentin- wie auch Galmei- bzw. Kupferböden besiedelnde Arten aufweisen.

Für den Ostalpenraum darf zusammenfassend festgehalten werden, daß taxonomische wie soziologische Klassifikation der Schwermetallvegetation teils ungenügend, teils revisionsbedürftig erscheint (eine solche Revision der Serpentinvegetation ist in Bearbeitung; JUSTIN, in pr.). Ebenso liegen ergänzende ökologische, physiologische und anatomische Befunde, insbesondere zur Galmei- und Kupfervegetation, nur vereinzelt vor. Um mit den Worten von BAKER (1987) zu schließen: „There is no doubt that we still have a poor understanding of the mechanisms of metal tolerance ... [and] that metal tolerance in plants will continue to intrigue all those plant scientists attempting to understand the nature and scale of plant adaptation to the environment and will remain an evolutionary paradigm par excellence“.

Tabelle 1

Lokalität	latNxlongE	Autor(en)
001 Mte. Castello	4554 0942	ERNST 1965, 1974a
002 Cma. di Grem	4555 0950	ERNST 1965, 1974a
003 Mte. Secco	4555 0954	Ernst 1974a
004 Cma. di Menna	4556 0947	ERNST 1965, 1974a
005 Pzo. Arera	4556 0948	MARCHETTI 1956, ERNST 1965, 1974a, PUNZ 1990
006 Mte. Golla	4556 0949	ERNST 1974a
007 Presolana	4555 1005	ERNST 1974a
008 Faedo	4611 1110	PUNZ 1988a
009 Terlan	4633 1116	PUNZ 1988a, PUNZ & WIESHOFFER 1989
010 Pfundererberg	4639 1133	GAMS 1966, 1972, PUNZ & WIESHOFFER 1989, VITEK & KIEHN 1990
011 Cave del Predil	4627 1335	STUR 1857, ERNST 1965, 1974a, MELZER 1965, RASCIO 1977, LEITA et al. 1988, LAUSI & CUSMA VELARI 1986
012 Arnoldstein	4633 1341	ERNST 1965, 1974a, MELZER 1965, 1969, 1973, 1974, AICHINGER 1971, PUNZ 1988a
013 Polinik	4637 1258	ERNST 1974a
014 Bleiberg	4637 1340	ERNST 1965, 1974a, MELZER 1973, 1974, HORAK 1979, MAIER et al. 1981, PUNZ 1988a
015 Tschekelnock	4638 1332	ERNST 1974a
016 Koflergraben	4640 1338	PUNZ 1988a
017 Reißkofel	4641 1308	ERNST 1965, 1974a
018 Jauken	4642 1304	ERNST 1965, 1974a, MELZER 1965
019 Lumkofel	4643 1251	ERNST 1965, 1974a, MELZER 1973
020 Großfragant	4657 1301	HARTL & SAMPL 1977, WITTMANN, TÜRK & BREUSS 1989
021 Terce	4628 1447	ERNST 1974a
022 Crna/Pecnik-Peca	4628 1449	ERNST 1974a
023 Hochobir	4630 1429	ERNST 1974a, PUNZ 1991a

024 Petzen	4630 1445	MELZER 1965, 1968, ERNST 1974a
025 Obernberg/Brenner	4700 1123	PUNZ 1988a
026 Gafllunatal	4704 1004	GRABHERR unveröff.
027 Rauchberg	4719 1047	ERNST 1974a
028 Gafleintal	4719 1048	PUNZ 1988a
029 Wanneck	4719 1052	ERNST 1965, 1974a
030 Kastenalm	4722 1126	PUNZ 1988a
031 Biberwier	4732 1054	ERNST 1965, 1974a
032 Tofereralm	4710 1311	SISSOLAK 1984, 1985
033 Schwarzwand	4710 1313	POELT 1955, URL 1956, STUMMERER 1970, SAUKEL 1980, SISSOLAK 1983, 1984
034 Mitterberg	4640 1330	ERNST 1974a
035 Hochkönig/Hochkail	4724 1308	REPP 1963, STUMMERER 1970, ERNST 1974a, MUTSCH 1980, ULRICH unveröff.
036 Inzeller Kienberg	4744 1243	ERNST 1974a
037 Arzberg	4715 1529	ERNST 1974a, MELZER 1988, PUNZ et al. unveröff.
038 Kraubath	4717 1455	EGGLER 1955, BRAUN-BLANQUET 1961, ERNST 1974a, NIKLFELD 1979
039 Kirchkogel/Traföb	4722 1520	PREISSMANN 1885, EGGLER 1954, MAURER 1961, 1966, NIKLFELD 1979
040 Leoben	4723 1504	PUNZ 1987a, b, 1989b, c, PUNZ et al. 1986
041 Lärchkogel/Triebe	4729 1429	LÄMMERMAYER 1926, ERNST 1974a
042 Erzberg/Eisenerz	4732 1454	GÖHLERT 1927, 1928
043 Kohlanger/Frein	4744 1527	PUNZ & ENGENHART 1988
044 Galmeikogel	4751 1522	PUNZ & ENGENHART 1988
045 Brandmauer	4755 1516	PUNZ & ENGENHART 1988
046 Schwarzenberg	4756 1526	PUNZ & ENGENHART 1988
047 Redlschlag	4724 1620	EGGLER 1954
048 Kienberg/Bernstein	4725 1622	EGGLER 1954
049 Kl.Plischa/Bernst.	4725 1623	MAURER 1966
050 VOEST/Linz	4818 1417	PUNZ 1987a, b
051 Gurhofgraben	4819 1524	KRETSCHMER 1930, KRAPPEN-BAUER 1967

052 Ridnaun	4656 1116	PUNZ 1988a
053 Knappenberg	4742 1548	PUNZ & ENGELHART unveröff.
054 St. Gertraudi	4725 1151	PUNZ & WIESHOFFER 1989
055 Falkenstein	4721 1144	EGG & ATZL 1951, PUNZ & WIESHOFFER 1989
056 Pflerschthal	4657 1124	PUNZ & WIESHOFFER 1989
057 Rabenstein/Sarnt.	4645 1121	PUNZ & WIESHOFFER 1989
058 Cinque valli	4603 1121	PUNZ & WIESHOFFER 1989
059 Doss le Grave	4607 1110	PUNZ & WIESHOFFER 1989
060 Schneeberg	4654 1111	PUNZ & WIESHOFFER 1989, PUNZ et al. 1990a
061 Hermdelehof	4607 1123	PUNZ & WIESHOFFER 1989
062 Nogare	4606 1113	PUNZ & WIESHOFFER 1989
063 Ramingstein	4704 1351	PUNZ & ENGELHART 1990
064 Schladming	4718 1342	PUNZ & ENGELHART 1990
065 Schlaining	4721 1617	PUNZ & ENGELHART unveröff.
066 Rabenstein/Frohn.	4715 1519	MELZER 1988, PUNZ et al. unveröff.
067 Zinkenkogel	4725 1423	MELZER 1979
068 Sommergraben	4718 1458	HASL 1925, ULRICH unveröff.
069 Seekaralm	4716 1334	KLUG unveröff.
070 Windischfeistritz	4625 1530	HASL 1925, LÄMMERMAYER 1926
071 Hochgrößen	4728 1415	HASL 1925, LÄMMERMAYER 1926
072 Ochsenkogel	4719 1507	HASL 1925
073 Großglockner	4705 1247	ZOLLITSCH 1927, GAMS 1936
074 Ochsenkopf/Parpan	4645 0950	BRAUN-BLANQUET 1964
075 Totalp/Davos	4651 0950	CAFLISCH und EGGER, beide cit. KINZEL 1982; LANDOLT et al. 1976, GIGON 1983
076 Elsenau/Friedberg	4728 1607	LÄMMERMAYER 1926, MUNTEAN 1977
077 Gabraungraben	4722 1521	LÄMMERMAYER 1928, ZIMMERMANN cit. MUNTEAN 1977
078 Hirt	4655 1427	LÄMMERMAYER 1928
079 Petalgraben	4729 1426	LÄMMERMAYER 1926
080 Waldkogel	4717 1515	LÄMMERMAYER 1930
081 Ringenwechsel	4722 1147	PUNZ 1990
082 Koglmoos	4721 1145	PUNZ 1990
083 Tegestal	4719 1044	PUNZ 1990
084 Tösens	4658 1040	PUNZ 1990
085 Arera	4555 0948	MARCHETTI 1956, PUNZ 1990

086 Alpe Grem	4553 0950	PUNZ 1990
087 Peroli bassa	4552 0950	PUNZ 1990
088 Ispertal	4813 1501	POBER 1985
089 Meidling im Tale	4820 1536	POBER 1985
090 Trastallberg	4824 1520	POBER 1985
091 Kl. Heinrichschlag	4825 1522	POBER 1985
092 Zwettler Leiten	4828 1524	POBER 1985
093 Bründlleiten	4837 1536	POBER 1985
094 Bründlberg	4838 1531	POBER 1985
095 Mühlradl	4838 1533	POBER 1985
096 Steinegg	4837 1534	POBER 1985
097 Wattental	4712 1135	GAMS 1958
098 Deutschfeistritz	4712 1521	WETTSTEIN 1885
099 Guggenberg	4638 1320	THYSEN & POELT 1958
100 Comelico	4634 1237	STUR 1856
101 Kreuzen	4641 1335	PUNZ 1991a
102 Stopa	4629 1450	PUNZ 1991a

Tabelle 1: Standorte von Schwermetallvegetation im Ostalpenraum; vergleiche die Abbildung. Angegeben sind: Nummer des Standorts; Name der Lokalität; geographische Lage (Breite und Länge in Grad und Minuten in Form einer vierstelligen Zahl, bezogen auf Greenwich); Autor(en).

Dank

Ich danke

Herrn cand. phil. Alexander SEIDEL für die Erlaubnis zur Benutzung seines Digitalisierungs-Programms sowie für seine Hilfe bei Digitalisierung und Ausdruck der Karte,

allen KollegInnen, die mich durch einschlägige Hinweise und Informationen bei dieser Dokumentation unterstützt haben,

der Österreichischen Akademie der Wissenschaften,

Herrn Univ.-Prof. Dr. Karl BURIAN.

Literatur

AICHINGER E., 1971: Geologische Zeiger. Carinthia II Sonderh. 28, 331-344.

- ANTONOVICS J., BRADSHAW A. D. & TURNER R. G., 1971: Heavy metal tolerance in plants. *Adv. Ecol. Res.* 7, 1-85.
- BAKER A. J. M., 1981: Accumulators and excluders - strategies in the response of plants to heavy metals. *J. Plant Nutrition* 3, 643-654.
- BAKER A. J. M., 1987: Metal tolerance. *New Phytol.* 106 (Suppl.), 93-111.
- BRAUN-BLANQUET J., 1961: Die inneralpine Trockenvegetation. Fischer, Stuttgart.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964: Pflanzensoziologie. Springer, Wien.
- BROOKS R. R., 1987: Serpentine and its vegetation. Croom Helm, London and Sydney.
- BROWN M. T. & WILKINS D. A., 1985: Zinc tolerance of mycorrhizal *Betula*. *New Phytol.* 99, 101-106.
- DUVIGNEAUD P. & DENAYER-DE SMET S., 1963: Cuivre et vegetation au Katanga. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.* 93, 93-231.
- EGG E. & ATZL A., 1951: Die Schwazer Bergwerkshalden. *Schlern-Schriften* 85, 136-145.
- EGGLER J., 1954: Vegetationsaufnahmen und Bodenuntersuchungen von den Serpentinegebieten bei Kirchdorf in Steiermark und bei Bernstein im Burgenland. *Mitt. naturw. Ver. Steiermark* 84, 25-37.
- EGGLER J., 1955: Ein Beitrag zur Serpentinvegetation in der Gulsen bei Kraubath in Obersteiermark. *Mitt. naturw. Ver. Steiermark* 85, 27-72.
- ERNST W., 1965: Ökologisch-soziologische Untersuchungen in den Schwermetallpflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen. *Abh. Landesmus. Naturkunde Münster* 27, 1-54.
- ERNST W., 1974a: Schwermetallvegetation der Erde. Fischer, Stuttgart.
- ERNST W., 1974b: Mechanismen der Schwermetallresistenz. *Verh. Ges. f. Ökologie* 1974, 189-197.
- ERNST W. H. O., 1990: Mine vegetation in Europe. In: SHAW A. J. (ed.), Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. CRC Press Boca Raton Florida, 21-37.
- FIEDLER P. L., 1985: Heavy metal accumulation and the nature of edaphic endemism in the genus *Calochortus* (Liliaceae). *Am. J. Bot.* 72, 1712-1718.

- GAMS H., 1936: Die Vegetation des Großglocknergebietes. Abh. Zool.-Bot. Ges., Wien 16, 1-79.
- GAMS H., 1958: Das Pflanzenleben des Wattentales. Schlern-Schriften 165, 49-57.
- GAMS H., 1966: Erzpflanzen der Alpen. Jb. Ver. Schutz Alpenpfl. 31, 65-73.
- GAMS H., 1972: Zur Pflanzendecke um Klausen. Schlern 46, 395-398.
- GAMS H., 1975: Vergleichende Betrachtung europäischer Ophiolith-Floren. Veröff. Geobot. Inst. ETH Rübel 55, 117-140.
- GIGON A., 1983: Welches ist der wichtigste Standortsfaktor für die floristischen Unterschiede zwischen benachbarten Pflanzengesellschaften? Verh. Ges. f. Ökologie (Festschrift Ellenberg) XI, 145-160.
- GÖHLERT F., 1927: Flora des Erzberges. Diss. Univ. Wien.
- GÖHLERT F., 1928: Die Flora über Eisenkarbonat. Biologia generalis 4, 333-336.
- HARTL, H. & SAMPL, H., 1977: Untersuchungen zum „Kupfermoos“ *Gymnocolea acutiloba* (KAALAAS) K. MÜLLER in der Großfragant, Mölltal, Kärnten. Carinthia II 167/87, 239-242.
- HASL F., 1925: Die Flora der Serpentinberge Steiermarks. Diss. Univ. Wien.
- HOLZER H., 1966: Erläuterungen zur Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich. In: Erläuterungen zur Geologischen und zur Lagerstätten-Karte 1:1.000.000 von Österreich. Geol. B.A. Wien, 29-65.
- HORAK O., 1979: Untersuchungen zur Bleiaufnahme der Pflanze. Die Bodenkultur 30, 120-126.
- HORVAT I., GLAVAC V. & ELLENBERG H., 1974: Vegetation Südosteuropas. Fischer, Stuttgart.
- KINZEL H., 1982: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. Ulmer, Stuttgart.
- KIRNBAUER F., 1968: Historischer Bergbau I & II. In: Österreichischer Volkskundeatlas (3.Lfg.), 1-70.
- KRAPFENBAUER A., 1967: Eine autökologische Studie eines Serpentinstandortes im Dunkelsteiner Wald. Cbl. ges. Forstwesen 84, 207-230.
- KRAUSE W., 1958: Andere Bodenspezialisten. In: RUHLAND W. (ed.), Handbuch der Pflanzenphysiologie IV, Springer Berlin, 755-806.

- KRETSCHMER L., 1930: Die Pflanzengesellschaften auf Serpentin im Gurhofgraben bei Melk. Verh. Zool.-Bot. Ges. 80, 163-208.
- LAMBINON J. & AUQUIER P., 1964: La vegetation des terrains calaminaires de la Wallonie Septentrionale et de la Rhenanie Aixoise. Natura mosana 16, 113-130.
- LÄMMERMAYER L., 1926: Materialien zur Systematik und Ökologie der Serpentinflora. I. Neue Beiträge zur Kenntnis der Flora steirischer Serpentine. Sitzg. Ber. Österr. Akad. Wiss., Math. naturw. Kl. I. 135, 369-407.
- LÄMMERMAYER L., 1928: Weitere Beiträge zur Flora der Magnesit- und Serpentinböden. Sitzg. Ber. Österr. Akad. Wiss., Math. naturw. Kl. I. 137, 825-859.
- LÄMMERMAYER L., 1930: Neue floristische Ergebnisse der Begehung steirischer Magnesit- und Serpentinlager. Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 80, 83-93.
- LANDOLT E., GIGON A. & CAFLISCH P., 1976: Vegetation auf Silikat, Karbonat und Serpentin in den Zentralalpen bei Davos (Exkursionsführer). Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel, Zürich.
- LAUSI D. & CUSMA VELARI T., 1986: Caryological and morphological investigations on a new zinc violet. Studia geobotanica 6, 123-129.
- LECHNER K., HOLZER H., RUTTNER A. & GRILL R., 1964: Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich 1:1.000.000. Geol. B.A. Wien.
- LEITA L., DE NOBILI M. & SEQUI P., 1988: Content of heavy metals in soils and plants near Cave del Predil, Udine, Italy. Agrochimica 32, 94-97.
- LEVITT J., 1972: Responses of plants to environmental stresses. Academic Press London New York.
- LINSTOW O. v., 1929: Bodenanzeigende Pflanzen. Abh. Preuß. Geol. Landesanstalt N.F. 114.
- LÖTSCHERT W., 1969: Pflanzen an Grenzstandorten. Fischer, Stuttgart.
- MAD R., 1990: Untersuchungen an schwermetallbelasteten Wurzeln von *Silene vulgaris* (MOENCH) GARCKE. Diss. Univ. Wien.
- MAIER R., PUNZ W., SIEGHARDT H., DOMSCHITZ E., NAGL A., WIENER S., KULHANEK A. & MÜHLEBNER W., 1981: Zur Ökologie einiger Pflanzen auf den schwermetallhaltigen Halden in Bleiberg/Kärnten. Carinthia II 171/91, 201-222.

- MARCHETTI D. B., 1956: Les „Prealpi Bergamasche“. In: XI. Excursion Phytogeographique internationale Alpes orientales (Guide itineraire), Inst. Bot. dell'Università Firenze, 26-38.
- MAURER W., 1961: Die Moosvegetation des Serpentinegebietes bei Kirchdorf in Steiermark. Mitt. Abt. Zool. u. Bot. Landesmus. Joanneum (Graz) 13, 1-29.
- MAURER W., 1966: Flora und Vegetation des Serpentinegebietes bei Kirchdorf in Steiermark. Mitt. Abt. Zool. u. Bot. Landesmus. Joanneum (Graz) 25, 13-76.
- MCNEILLY T., 1979: Studies on the ecological genetics of heavy metal tolerant plant populations. Aquilo Ser. Zool. 20, 17-25.
- MELZER H., 1965: Neues und Kritisches zur Flora von Kärnten. Carinthia II 155/75, 172-190.
- MELZER H., 1968: Botanisches von der Petzen. Jb. Ver. Schutz Alpenpfl. 33, 69-74.
- MELZER H., 1969: Beiträge zur Flora von Kärnten. Verh. Zool.-Bot. Ges. 108/109, 127-137.
- MELZER H., 1973: Beiträge zur floristischen Erforschung Kärntens. Carinthia II 163/83, 425-439.
- MELZER H., 1974: Beiträge zur Flora von Kärnten und der Nachbarländer Salzburg, Osttirol und Friaul. Carinthia II 164/84, 227-243.
- MELZER H., 1979: Neues zur Flora von Steiermark XXI. Mitt. naturw. Ver. Steiermark 109, 151-161.
- MELZER H., 1988: Neues zur Flora von Steiermark XXX. Mitt. naturw. Ver. Steiermark 118, 157-171.
- MUNTEAN H., 1976: Zur Ökologie von Serpentinstandorten. In: Mitteleuropäische Trockenstandorte in pflanzen- und tierökologischer Sicht. 2. Fachtagung L.Boltzmann Inst. Umweltwissenschaften Naturschutz Graz, 85-92.
- MUNTEAN H., 1977: Vegetation und Ökologie steirischer Serpentinstandorte. Diss. Univ. Graz.
- MUTSCH F., 1980: Schwermetallanalysen an Freilandpflanzen im Hinblick auf die natürliche Spurenelementversorgung und die Schwermetallintoxikation. Diss. Univ. Wien.

- NIKLFIELD H., 1979: Vegetationsmuster und Arealtypen der montanen Trockenflora in den nordöstlichen Alpen. *Stapfia* 4.
- PIGNATTI-WIKUS E. & PIGNATTI S., 1977: Die Vegetation auf Serpentin-Standorten in den nördlichen Apenninen. *Studia phytologica in honorem jubilantis A. O. HORVAT*, 113-124.
- POBER E., 1985: Vorläufiger Bericht über vegetationskundliche Untersuchungen an Ultrabazit- (Serpentin-) Vorkommen im niederösterreichischen Anteil der Böhmisches Masse (südöstliches Waldviertel). *Inst. f. Pflanzenphysiologie (Abt. Veg.kde. Pflanzensoziol.) Univ. Wien*.
- POELT J., 1955: Flechten der Schwarzen Wand in der Großarl. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien* 95, 107-113.
- PREISSMANN E., 1885: Zur Flora der Serpentinberge Steiermarks. *Österr. Bot. Z.* 35, 261-263.
- PROCTOR J. & WOODDELL S. R. J., 1975: The ecology of serpentine soils. *Adv. Ecol. Res.* 9, 255-366.
- PUNZ W., 1987a: Zur Vegetation von Hochofenschlackenhalden. 4. *Österr. Botanikertreffen Wien. Als Ms. vervielfältigt*.
- PUNZ W., 1987b: Zur Ökologie von Pflanzen auf Hochofenschlackenhalden. 8. *Tagung ÖAPP Salzburg. Als Ms. vervielf.*
- PUNZ W. (red.), 1988a: Experimentell-ökologischer Freilandkurs 1987 (MAIER/PUNZ) - Protokoll. *Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien. Als Ms. vervielf.*
- PUNZ W., 1988b: Standorte von Schwermetallvegetation in Österreich. *Symp. Synanthropic Flora and Vegetation V (Martin/CSSR)*, 209-219.
- PUNZ W., 1989a: Vegetation auf Schwermetallstandorten im Ostalpenraum. *Poster 4. Österr. Botanikertreffen Innsbruck*.
- PUNZ W., 1989b: Zur Vegetation von Hochofenschlackenhalden. *Linzer Biol. Beitr.* 21 (1), 211-228.
- PUNZ W., 1989c: Ökologische Untersuchungen auf rekultivierten Hochofenschlackenhalden bei Leoben. *Verh. Zool.-Bot. Ges.* 126, 139-158.
- PUNZ W. (red.), 1990: Experimentell-ökologischer Freilandkurs 1989 (MAIER/PUNZ) - Protokoll. *Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien. Als Ms. vervielf.*

- PUNZ W. (red.), 1991a: Experimentell-ökologischer Freilandkurs 1990 (MAIER/PUNZ) - Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien. Als Ms. vervielf.
- PUNZ W., 1991b: Zur Flora und Vegetation von Schwermetallstandorten im Ostalpenraum. Poster 5. Österr. Botanikertreffen Graz.
- PUNZ W., 1991c: Schwermetallstandorte im Ostalpenraum und ihre Vegetation. Ber. natur.-med. Ver. Innsbruck, in pr.
- PUNZ W. & ENGENHART M., 1988: Zur Vegetation von Blei-Zink-Halden im Raum Mariazell. Mitt. naturw. Ver. Steiermark 118, 173-176.
- PUNZ W. & ENGENHART M., 1990: Zur Vegetation auf Blei-Zink-Halden im Raum Niedere Tauern. Sitzg.ber. Österr. Akad. Wiss., Math. naturw. Kl. I. 198, 1-12.
- PUNZ W., ENGENHART M. & SCHINNINGER R., 1986: Zur Vegetation einer Eisenerzschlackenhalde bei Leoben/Donawitz. Mitt. naturw. Ver. Steiermark 116, 205-210.
- PUNZ W., KOVACS G., MAUTHNER G., SAPELZA, W., ULRICH S. M., WIELÄNDER B. & WIESHOFFER I., 1990[a]: Zur Ökologie und Ökophysiologie der Vegetation im Bereich des Bergbaugebietes St. Martin am Schneeberg im Passeier. Schlern 64, 480-515.
- PUNZ W., SCHINNINGER R., DOMSCHITZ E., HOF I. & TEUSCHL G., 1984: Untersuchungen auf rekultivierten Halden im Raum Leoben/Donawitz. Sitzgs.ber. Österr. Akad. Wiss., math.naturw. Kl. I. 193, 143-159.
- PUNZ W., SCHINNINGER R. & ENGENHART M., 1990[b]: Floristische Bearbeitungen von Schwermetallstandorten in der Steiermark - Eine Übersicht. Mitt. naturw. Ver. Steiermark 120, 291-297.
- PUNZ W. & WIESHOFFER I. (red.), 1989: Experimentell-ökologischer Freilandkurs 1988 (MAIER/PUNZ) - Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien. Als Ms. vervielf.
- RASCIO N., 1977: Metal accumulation by some plants growing on zinc-mine deposits. Oikos 29, 250-253.
- REEVES R. D. & BAKER A. J. M., 1984: Studies on metal uptake by plants from serpentine and non-serpentine populations of *Thlaspi goesingense* HALACSY (Cruciferae). New Phytol. 98, 191-204.

- REEVES R. D. & BROOKS R. R., 1983: Hyperaccumulation of lead and zinc by two metallophytes from mining areas of Central Europe. *Environmental Pollution A* 31, 277-285.
- REPP G., 1963: Die Kupferresistenz des Protoplasmas höherer Pflanzen auf Kupfererzböden. *Protoplasma* 57, 643-659.
- RÜTHER F., 1967: Vergleichende physiologische Untersuchungen über die Resistenz von Schwermetallpflanzen. *Protoplasma* 64, 400-425.
- SAUKEL J., 1980: Ökologische - soziologische, systematische und physiologische Untersuchungen an Pflanzen der Grube „Schwarzwand“ im Großarlal (Salzburg). Diss. Univ. Wien.
- SCHLEE D., 1986: Ökologische Biochemie. Springer, Berlin.
- SIEGHARDT H., 1985a: Zur Frage der Besiedlung schwermetall-hältiger Abraumhalden in Bleiberg/Kärnten I: *Silene vulgaris* ssp. *glareosa* (JORD.) MARSDEN-JONES & TURILL. *Carinthia* II 175/95, 27-45.
- SIEGHARDT H., 1985b: Zur Frage der Besiedlung schwermetall-hältiger Abraumhalden in Bleiberg/Kärnten II: *Erysimum sylvestre* (CR.) SCOP. *Carinthia* II 175/95, 377-392.
- SIEGHARDT H., 1987: Schwermetall- und Nährelementgehalte von Pflanzen und Bodenproben schwermetallhaltiger Halden im Raum Bleiberg in Kärnten (Österreich) I. krautige Pflanzen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 150, 129-134.
- SIEGHARDT H., 1989: Aufnahme und Transport von Schwermetallen in Pflanzen von einer Bergbauhalde im Raum Bleiberg in Kärnten, Österreich. In: GUTTENBERGER H., BERMAJINGER E. & GRILL D., Reaktionen von Pflanzen auf Streß, Institut für Pflanzenphysiologie Karl-Franzens-Universität Graz, 25-33.
- SISSOLAK M., 1984: Ökophysiologische Untersuchungen von Pflanzen an kupferbelasteten und unbelasteten Standorten im Gebiet von Hüttschlag (Salzburg). Diss. Univ. Wien.
- SISSOLAK M., 1985: Toxizitäts- und Fertilitätsgrenzen gegenüber Kupfer bei einigen Alpenpflanzen von Standorten mit verschiedener Kupferbelastung. *Flora* 17, 377-386.
- STUMMERER H., 1970: Kupfer-Analysen an Pflanzen Cu-reicher Standorte. *Österr. Bot. Z.* 118, 189-193.

- STUR D., 1856: Über den Einfluß des Bodens auf die Vertheilung der Pflanzen. Sitzgs.ber. kais. Akad. Wiss. (Wien), Math. naturw. Cl. 20, 71-149.
- STUR D., 1857: Über den Einfluß des Bodens auf die Vertheilung der Pflanzen. Sitzgs.ber. kais. Akad. Wiss. (Wien), Math. naturw. Cl. 25, 349-421.
- THYSSEN P. & POELT J., 1958: Ein neuer Fund des „Kupfermooses“ *Merceya ligulata* (SPR.) SCHPR. in den Ostalpen. Ber. Bayer. Bot. Ges. 32, 152.
- ULRICH S. M., 1989a: Experimentell-ökologischer Freilandkurs 1988 - Zellphysiologischer Teil. In: PUNZ W. & WIESHOFFER I. (red.), Experimentell-ökologischer Freilandkurs 1988 (MAIER/PUNZ) - Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien. Als Ms. vervielf.
- ULRICH S. M., 1989b: Vergleichende Untersuchungen über Schwermetallresistenz und -aufnahme an verschiedenen Schwermetall-, Serpentin- und Normalökotypen von *Silene vulgaris* (MOENCH) GARCKE. 9. Tagung ÖAPP, Ottenstein.
- URL W., 1956: Über Schwermetall-, zumal Kupferresistenz einiger Moose. Protoplasma 46, 768-793.
- VITEK E. & KIEHN M., 1990: Chromosomenzählungen an *Euphrasia rostkoviana* (Scrophulariaceae) und verwandten Taxa. Flora 184, 31-41.
- WENDELBERGER G., 1974: Die Serpentinpflanzen des Burgenlandes in ihrer pflanzengeographischen Stellung. Wiss. Arb. Bgld. 53, 5-20.
- WETTSTEIN R. v., 1885: Beitrag zur Pilzflora der Bergwerke. Österr. Bot. Z. 35, 151-153 und 198-201.
- WITTMANN H., TÜRK R. & BREUSS O., 1989: Beitrag zur Flechtenflora Kärntens. I: Flechten und Flechtenparasiten der Großfragant (Hohe Tauern, Österreich). Carinthia II 179/99, 451-475.
- ZECHMEISTER H. & PUNZ W., 1990: Zum Vorkommen von Moosen auf schwermetallreichen Substraten, insbesondere Bergwerkshalden, im Ostalpenraum. Verh. Zool.-Bot. Ges. 127, 95-105.
- ZOLLITSCH L., 1927: Zur Frage der Bodenstetigkeit alpiner Pflanzen. Flora 122, 93-158.

Manuskript eingelangt 1991 04 03

Anschrift des Verfassers: Ass.-Prof. Mag. Dr. Wolfgang PUNZ, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, A-1091 Wien, Althanstraße 14.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [128](#)

Autor(en)/Author(s): Punz Wolfgang

Artikel/Article: [Zur Flora und Vegetation über Schwermetallhaltigem Substrat im Ostalpenraum- Eine Übersicht 1-18](#)