© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich **131** (1994): 1-26

Schwermetallstandorte im mittleren Alpenraum und ihre Vegetation — neue Befunde

Wolfgang PUNZ

unter Mitarbeit von
Gabriele KOVACS, Sigrid M. KÖRBER-ULRICH, Ameli THONKE, Barbara WIELÄNDER und Isabel WIESHOFER

Vorgestellt werden neue Daten zum Cadmium-, Blei-, Kupfer- und Zinkgehalt von Böden und Pflanzen auf schwermetallkontaminierten Standorten in Tirol (Österreich) und Südtirol (Italien) sowie deren Vegetation. Alle besprochenen 8 Lokalitäten können als stark belastet qualifiziert werden. Einige Pflanzen *(Linaria alpina, Cerastium uniflorum)* können die Schwermetallaufnahme weitgehend vermeiden, während andere *(Thlaspi rotundifolia, Minuartia gerardii, Cardamine resedifolia)* die Schwermetalle in oberirdischen Pflanzenteilen anreichern. Zusätzlich werden Schwermetallgehalte von Evertebraten wiedergegeben.

PUNZ W. et al., 1994: Heavy metal contaminated sites in Tyrol and their vegetation — new findings.
The paper presents new data on vegetation and the Cd, Pb, Cu and Zn content of soil and plants from heavy metal contaminated sites in Tyrol (Austria) and South Tyrol (Italy). All 8 new sites can be graded as heavily contaminated. Some plants *(Linaria alpina, Cerastium uniflorum)* exclude heavy metals from the shoot, while others *(Thlaspi rotundifolia, Minuartia gerardii, Cardamine resedifolia)* concentrate metals in above-ground parts. In addition, the heavy metal contents of some invertebrates are also documented.

Keywords: heavy metals, metallophytes, Tyrol.

Einleitung

Neben den klimatischen Faktoren ist es vor allem der Boden, seine physikalische und chemische Beschaffenheit, welcher für das Wachstum der Pflanze eine besondere Bedeutung besitzt. Insbesondere der Mineralstoffgehalt ist für das Vorkommen von Pflanzen von entscheidender Bedeutung und hat spätestens seit dem 19. Jahrhundert die Beachtung der Wissenschaft(er) gefunden. Zum einen ist es der Mangel an Mikro- und Makronährstoffen, welcher nach dem Gesetz des Minimums (LIEBIG) eine Limitierung des Pflanzenwachstums bedingt. Zum anderen ist es der Überschuß einzelner Ionen, der oft nur von bestimmten Pflanzengruppen ertragen werden kann; das berühmteste Beispiel hierfür ist wohl das Kalk-Silikat-

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Problem, das bereits von UNGER (1836) als solches erkannt, aber erst hundert Jahre später auf Grund der moderneren physiologischen Methoden einer Lösung nähergebracht werden konnte (vgl. KINZEL 1982).

Einen besonderen Spezialfall eines solchen edaphischen Stresses stellen Böden dar, welche eine erhöhte Konzentration von Schwermetallen aufweisen, wobei noch zwischen einem Überschuß an — essentiellen — Mikronährstoffen (Zink, Kupfer usw.) und einem Überangebot an Spurenelementen — also von den Pflanzen nicht benötigten Elementen wie Blei und Cadmium — unterschieden werden muß. Von einzelnen Beobachtungen früher Botaniker (AGRICOLA, CAESALPINO, THALIUS) abgesehen hat dieser Problemkreis vor allem seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert rege Beachtung gefunden. Stellvertretend für die reichhaltige Literatur zu diesem Thema seien hier die Übersichtsarbeiten von LINSTOW (1929), KRAUSE (1958), LÖTSCHERT (1969), ANTONOVICS et al. (1971), ERNST (1974, 1990), GAMS (1975), PROCTOR & WOODELL (1975), KINZEL (1982), BROOKS (1987), ROBERTS & PROCTOR (1992) und PROCTOR et al. (1993) genannt.

Der mitteleuropäische Raum findet in den genannten, z.T. weltweiten Monographien sowohl hinsichtlich der Serpentin- wie auch anderer Schwermetallstandorte nur geringfügige Beachtung. Einerseits erstaunt dies nicht, da es im genannten Areal keine großflächigen natürlichen „Anomalien" — so der geochemische Terminus für oberflächennahe Erzkörper — gibt. Andererseits ist der Ostalpenraum „reich an armen Lagerstätten", welche zum Teil bereits seit der Frühzeit abgebaut werden (LECHNER et al. 1964, HOLZER 1966, KIRNBAUER 1968), und in ganz besonderem Maße gilt dies für den „mittleren Alpenraum", welcher in grober Vereinfachung mit der früheren Grafschaft Tirol — also den Ländern Nordtirol (Österreich), Südtirol (Italien) und Trentino (Italien) — gleichgesetzt werden kann (v. SRBIK 1929, EXEL 1980, 1982, Atlas Tirol 1981).

Die Anzahl der Arbeiten, welche Angaben über Pflanzen auf schwermetallhaltigem Substrat enthalten, muß für den letztgenannten Raum als äußerst gering bezeichnet werden. An erster Stelle ist hier GAMS (1966, 1972) — vor allem mit Hinweisen zu Erzflechten und -moosen — zu nennen; sodann existieren einige wenige Hinweise bei ERNST (1965, 1974). Aus der italienischen Literatur sind diesbezüglich keine einschlägigen Angaben bekannt (PIGNATTI, schriftl. Mitt.).

In jüngerer Zeit konnten im Rahmen gezielter Exkursionen weitere Daten zur Schwermetallflora im mittleren Alpenraum, insbesondere im Bereich alter Bergbaue, gewonnen werden (PUNZ 1988a, PUNZ & WIESHOFER 1989,

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

PUNZ et. al 1990, 1994; für Moose: ZECHMEISTER & PUNZ 1990). Ein vorläufiger Überblick über Standorte und floristische Charakteristik wurde bei PUNZ (1991, 1992) sowie PUNZ et al. (1990) wiedergegeben. Der Umfang der mittlerweile neu hinzugekommenen Daten rechtfertigt es, die seither gewonnenen Ergebnisse hier darzulegen.

Material und Methoden

Zur Bestimmung der pflanzlichen Schwermetallgehalte wurden die Proben sorgfältig mit destilliertem Wasser gewaschen. Im Falle der Wurzeln ist eine saubere Trennung von Boden und Feinwurzeln praktisch unmöglich. Um eine Kontamination mit partikelgebundenen Schwermetallen auszuschließen, wurde eine intensive Waschung durchgeführt. Deshalb dürften die tatsächlichen Schwermetallgehalte der Wurzeln wahrscheinlich höher gelegen haben, als dies in den Tabellen angegeben ist; es erschien uns jedoch als das kleinere Übel. Anschließend an die Waschprozedur erfolgten Trocknung, Einwaage, Aufschluß (Salpetersäure) und Messung der Proben, letztere mittels AAS (Fa. Varian; in der Flamme). Die Analyse der zoologischen Proben erfolgte in gleicher Weise, jedoch an ganzen, ungereinigten Tieren.

Bei den Schwermetalltabellen wurden folgende Abkürzungen verwendet: B = Blätter, BlSpr = Blütensprosse, BO = Boden, Fr = Früchte, FK = Fruchtkörper, KL = Keimling, O = Oberirdische Organe, Spr† = Sproß (tot), W = Wurzel.

Die zellphysiologischen Resistenzuntersuchungen wurden an frisch eingebrachtem oder nachkultiviertem Pflanzenmaterial durchgeführt. Bei diesem Verfahren wird an Flächenschnitten der Stengelinternodien (10 Parallelproben) nach 48stündigem Einlegen in Cu- bzw. Zn-Sulfatlösungen die Vitalität geprüft. Als Lebensgrenze wird jene Schwermetallkonzentration bezeichnet, bei welcher noch mindestens 85 % der Schnittfläche lebt. Eine ausführliche Darstellung der Methode findet sich bei ERNST (1974), PUNZ & KÖRBER (1993) und KÖRBER (1994 in Vorb.).

Die Vegetationsaufnahmen wurden nach der Methode von BRAUN-BLANQUET durchgeführt. Die Namen der Höheren Pflanzen sind grundsätzlich nach EHRENDORFER (1973) wiedergegeben. Die Namen der Moose sind nach FRAHM & FREY (1983), diejenigen der Flechten nach CLAUZADE & ROUX (1985) zitiert. Für die Pilze wurden MOSER (1983) und JÜLICH (1984) herangezogen.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

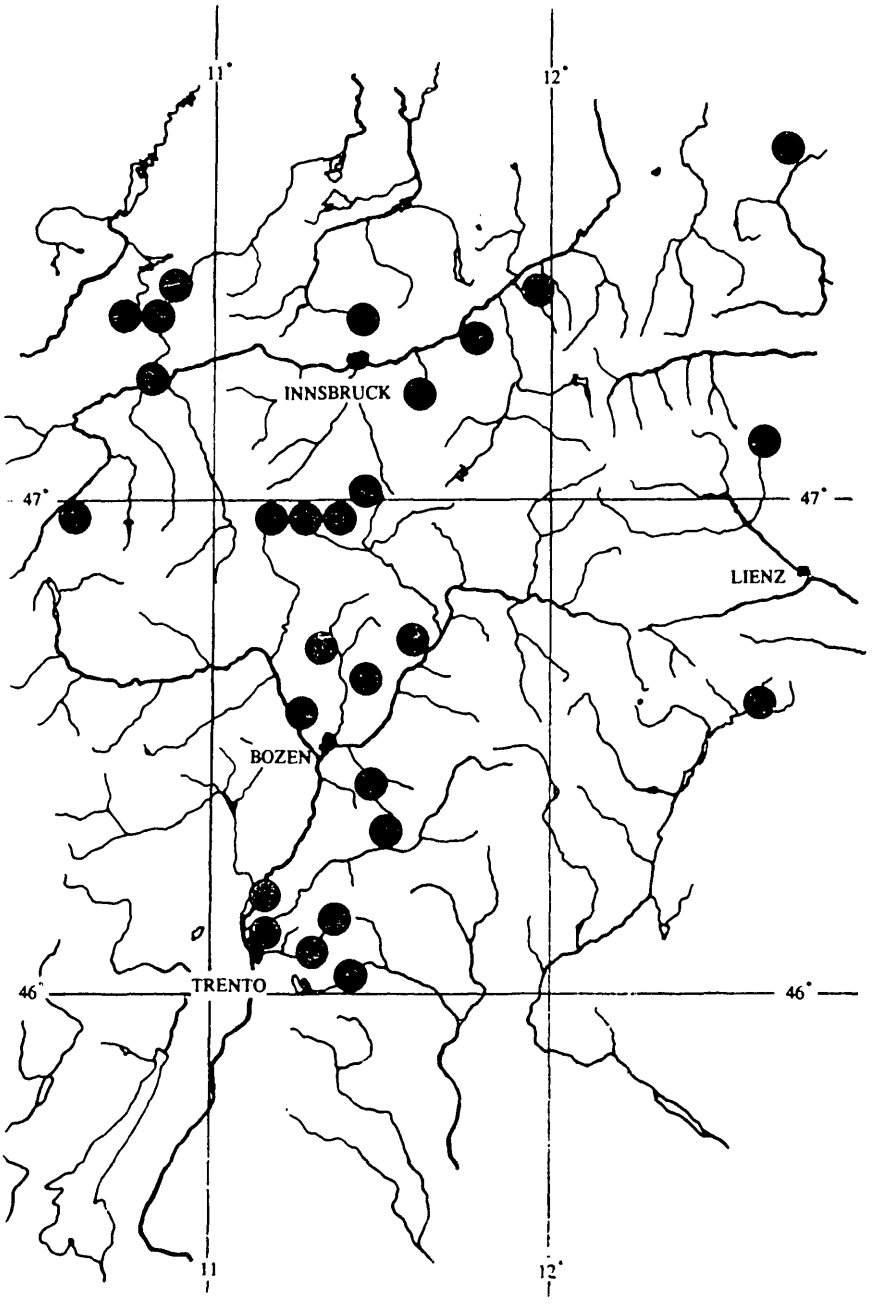

Abb. 1: Schwermetallstandorte im mittleren Alpenraum, zu welchen floristische Angaben vorliegen. Auf Grund der geographischen Nachbarschaft mancher Standorte sind nicht alle Lokalitäten als selbständige Fundpunkte in der Abbildung erkennbar. Hierzu wird auf Tab. 1 verwiesen, welche sämtliche Standorte mit den genauen Koordinaten enthält.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 1: Schwermetallstandorte im mittleren Alpenraum, zu welchen floristische Angaben vorliegen (vgl. Abb. 1). Geographische Breite und Länge (Grad und Minuten) sind in Form einer vierstelligen Zahl wiedergegeben. Das dominierende Schwermetall im Substrat ist durch die Buchstaben G (= Galmei; gemeint sind Blei-Zink-Vererzungen), K (= Kupfer), S (= Serpentin) charakterisiert.

Lokalität	latN	longE		Autoren
Biberwier	4732	1054	G	ERNST (1965, 1974)
Cinque valli	4603	1121	G	PUNZ & WIESHOFER (1989)
Comelico	4634	1237	G	STUR (1856)
Deutschnofen	4624	1128	G	
Faedo	4611	1110	G	PUNZ (1988a)
Falkenstein	4721	1144	K	EGG & ATZL (1951), PUNZ & WIESHOFER (1989)
Gafleintal	4719	1048	G	PUNZ (1988a)
Großglockner	4705	1247	S	ZOLLITSCH (1927), GAMS (1936)
Hermdelehof	4607	1123	K	PUNZ & WIESHOFER (1989)
Innzeller Kienberg	4744	1243	G	ERNST (1974)
Klausen	4639	1133	K	GAMS (1966, 1972), PUNZ & WIESHOFER (1989), PUNZ et al. (1993)
Koglmoos	4721	1145	K	PUNZ (1990)
Ladurns	4656	1122	G	PUNZ (1988a)
Lafatsch/Kastenalm	4722	1126	G	PUNZ (1988a)
Monte Calisio	4607	1110	G	PUNZ & WIESHOFER (1989), PUNZ et al. (1993)
Nogare	4606	1113	G	PUNZ & WIESHOFER (1989)
Obernberg/Brenner	4700	1123	G	PUNZ (1988a)
Pflerschtal	4657	1124	G	PUNZ & WIESHOFER (1989), PUNZ et al. (1993)
Prestavel	4620	1129	G	
Rabenstein/Sarntal	4645	1121	G	PUNZ & WIESHOFER (1989)
Rauchberg	4719	1047	G	ERNST (1965, 1974)
Ridnaun	4656	1116	G	PUNZ (1988a)
Ringenwechsel	4722	1147	K	PUNZ (1990)
Schneeberg	4654	1111	G	PUNZ & WIESHOFER (1989), PUNZ et al. (1990, im Druck)
St. Gertraudi	4725	1151	K	PUNZ & WIESHOFER (1989)
Tegestal	4719	1044	G	PUNZ (1990)
Telfer Weißen	4655	1121	G	

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Lokalität	latN	longE		Autoren
Terlan	4633	1116	G	PUNZ (1988a), PUNZ & WIESHOFER (1989)
Tösens/Platzertal	4658	1040	G	PUNZ (1990)
Tschirgant	4714	1046	G	
Villanderer Alpe	4640	1127	G	
Wanneck	4719	1052	G	ERNST (1965, 1974)
Wattental	4712	1135	S	GAMS (1958)
Wildschönau	4725	1157	K	

Standortübersicht

In Abbildung 1 sind sämtliche Schwermetallstandorte im mittleren Alpenraum, zu welchen floristische Angaben vorliegen, zusammengefaßt. Die neu beschriebenen Standorte sind eingeschlossen. Tabelle 1 gibt Lokalität, genaue geographische Lage, Hauptschwermetall und Autor(en) wieder.

Standortbeschreibungen

Die Beschreibung jedes Standorts wurde möglichst nach folgendem, grundsätzlich gleichbleibenden Schema durchgeführt: Kurzcharakteristik; geographische Lage (Koordinaten bezogen auf Greenwich), Seehöhe, eventuell Neigung/Exposition; Kartenunterlagen (ÖK = Österreichische Karte 1:50.000 bzw. 1:25.000 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen Wien; AV = Alpenvereinskarte 1:25.000; IGMI = Carta d'Italia alla scala di 1:25.000 - Istituto Geografico Militare; f&b WKS = Freytag und Berndt Wanderkarte Südtirol 1:50.000); standortbezogene Literatur zum Standort. Anschließend werden die floristisch-soziologischen Befunde, Analysenergebnisse sowie allenfalls zoologische Daten dargestellt.

Deutschnofen-St. Helena

Kurzcharakteristik: Ursprünglich wohl Bergbau auf silberhaltige Blei/Zink-Erze. Quarz-Fluoritgänge im Bozner Quarzporphyr. Zwei übereinander liegende Haldenstufen am Rand einer Waldblöße, 20 m bzw. 40 m hoch, ca. 30 m breit, in der Umgebung Bingen. Lage: 46°24' lat N × 11°28' long E; Seehöhe: 1300 m. Kartenunterlagen: f&b WKS 1 Bozen; IGMI 10 II NE Bolzano und SE Nova Ponente. Literatur: EXEL (1980), KUNTSCHER (1990).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Der Bewuchs auf den Halden ist extrem spärlich, dichtere Bestände finden sich lediglich von *Silene vulgaris* ssp. *glareosa* in einer Rinne. Daneben wachsen auf den Halden: *Agrostis stolonifera, Epipactis atrorubens, Silene rupestris, Solidago virgaurea, Thymus praecox* ssp. *polytrichum; Equisetum arvense, Huperzia selago; Baeomyces rufus, Cetraria islandica, Cladonia pyxidata, C. decorticata, C. rangiferina.*

Die Boden- und Pflanzenanalysen ergaben folgende Befunde:

Tab. 2: Pflanzen- und Bodenanalysen von der Halde bei Deutschnofen-St. Helena. Aufsammlung: 31.7.1991. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Equisetum arvense	O	2	140	8	1924
	W	114	3218	24	3109
	BO	13	11639	91	7707
Silene vulgaris ssp. *glareosa*	O	3	546	24	961
	W	12	7942	110	1402
	BO	5	8508	123	894
Silene rupestris	O	8	509	26	647
	W	12	2515	45	637
	BO	10	23079	382	800
Agrostis stolonifera	O	2	1100	19	434
	W	18	9354	134	1018
	BO	12	20656	187	2318

Nachfolgend sind noch Schwermetallanalysen aufgesammelter Arthropoden angeführt.

Tab. 3: Schwermetallanalysen an Arthropoden vom Standort Deutschnofen-St. Helena. Aufsammlung: 31.7.1991. Angaben in ppm.

	Cd	Pb	Cu	Zn
Myrmica laevinodis	7	25	13	169
Myrmica laevinodis	3	33	9	172
Myrmica laevinodis	15	-	13	344
Myrmica laevinodis	1	11	9	159
Myrmica laevinodis	5	705	8	265

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

	Cd	Pb	Cu	Zn
Lasius alienus	43	2863	19	435
Lasius alienus	36	1721	38	500
Lasius alienus	20	678	14	399
Lasius alienus	29	1455	28	321
Lasius alienus	10	4104	45	425

Ladurns

Kurzcharakteristik: Blei-Zink-Lagerstätten des Ötztal-Stubaier Kristallins, welche schon seit dem 13. Jahrhundert beschürft werden. Lage: 46°56' lat N x 11°22' long E; Seehöhe: 1180-2100 m. Kartenunterlagen: ÖK 175 Sterzing; IGMI 41 NO Montarso. Literatur SCHMITZ (1974), EXEL (1980), KUNTSCHER (1990).

Von den zahlreichen Bergrevieren im rechtsseitigen Pflerschtal wurden begangen: Silberböden; Haldenfelder im Bereich der Lifttrasse; Röckengraben.

Silberböden (2100 m): Im groben, offenen Geröll ist nur geringer Pflanzenbewuchs zu beobachten; im untersuchten Bereich waren dies *Agrostis rupestris, Anthoxanthum alpinum, Cardamine resedifolia, Juncus trifidus, Primula minima.* Proben zur Analyse wurden hier (= **SB**) und im Bereich eines alten Stollenmundlochs (= **ML**) genommen.

Ladurns (Halden im Liftbereich = **LH**; 1300 m)): Die Grob- bis Feinschutthalden wiesen ebenfalls geringen Pflanzenbewuchs auf, darunter vor allem: *Agrostis rupestris, Silene rupestris; Lycopodium selago.*

Röckengraben (1180 m): Kleine Halden im Talbereich wurden erstmals bei der Exkursion 1988 (vgl. PUNZ & WIESHOFER 1989) untersucht. Es wurden folgende Pflanzenarten festgestellt: *Anthoxanthum odoratum, Avenella flexuosa, Asplenium viride, Betula pendula, Cardamine resedifolia, Larix decidua* KL, *Linaria alpina, Picea abies* KL, *Silene rupestris; Lycoperdon foetidum; Baeomyces rufus, Cladonia arbuscula, C. pyxidata, C. coccifera, C. fimbriata, Lecanora polytropa, Stereocaulon alpinum.*

Die Boden- und Pflanzenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt:

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 4: Pflanzen- und Bodenanalysen von den Halden im Bereich „Ladurns". Aufsammlung: 14.8.1993. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden sowie Text.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Cardamine resedifolia ML	O	18	29	22	2750
	W	32	430	110	2525
	BO	12	1080	215	2255
Agrostis rupestris ML	O	1	96	16	373
	W	4	641	136	1306
	BO	2	800	15	855
Juncus trifidus ML	O	9	192	31	1460
	W	6	223	120	440
	BO	1	583	153	1255
Juncus trifidus SB	O	4	56	26	185
	W	6	205	88	468
	BO	3	219	63	836
Agrostis rupestris LH	O	6	800	114	429
	W	70	1909	118	991
	BO	13	7579	139	4042
Silene rupestris LH	O	6	114	57	730
	W	16	1395	68	1102
	BO	11	8000	206	3723

Lafatsch

Kurzcharakteristik: Blei-Zink-Vererzungen im Wettersteinkalk des Karwendel. Beschürft seit 1500. Lage: 47°22' lat N × 11°26' long E; Seehöhe 1250 m bzw. 1550 m. Kartenunterlagen: ÖK 118 Innsbruck, AV 5/2 Karwendel. Literatur: EXEL (1982), KUNTSCHER (1986).

Begangen wurden Halden im Bereich des „Silberner Hansl" (am Südhang des Reps) und auf der Kastenalm.

Die zwei Halden oberhalb des „Silbernen Hansl" am Südhang des Reps befinden sich unterhalb von Mundlöchern. Die Vegetationsbedeckung ist gering. Die größere, östlich gelegene, bewachsenere Halde (= **H1**) wies folgenden Pflanzenbewuchs auf:

Asplenium viride, Athamantha cretica, Campanula cochleariifolia, Cardamine resedifolia, Hutchinsia alpina ssp. *alpina, Kernera saxatilis, Minuartia*

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

gerardii, Primula auricula, Rumex scutatus, Saxifraga moschata, Silene pusilla, Silene vulgaris ssp. *glareosa, Thlaspi rotundifolium* ssp. *rotundifolium, Thymus praecox* ssp. *polytrichum, Trisetum distichophyllum.*

Auf einer kleineren, noch offeneren Halde (= **H2**; westlich) fanden sich dagegen lediglich:

Campanula cochleariifolia, Minuartia gerardii, Silene vulgaris ssp. *glareosa, Thlaspi rotundifolium* ssp. *rotundifolium, Thymus praecox* ssp. *polytrichum.*

Boden- und Pflanzenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tab. 5: Pflanzen- und Bodenanalysen von den Halden im Bereich „Silberner Hansl". Aufsammlung: 15.8.1993. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden sowie Text.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Cardamine resedifolia H1	O	2	13	25	128
	W	4	61	41	133
	BO	15	1117	36	3039
Thlaspi rotundifolium H1	O	5	13	13	1226
	W	8	56	37	1172
	BO	13	12263	26	3653
Silene vulgaris ssp. *glareosa* H2	O	1	84	6	452
	W	10	1000	20	1650
	BO	97	22681	22	40264
Thlaspi rotundifolium H2	O	22	815	15	2647
	W	25	1827	27	1840
	BO	97	22681	22	40264
Minuartia gerardii H2	O	6	113	96	409
	W	20	1027	65	1697
	BO	101	19737	21	34737

Die große, 100 m breite und 40 m hohe Halde des Stefanie-Stollens auf der Kastenalm wurde erstmals 1987 im Rahmen einer Exkursion untersucht (PUNZ 1988). Der Bewuchs auf der Haldenfläche kann wie folgt zusammengefaßt werden:

Acer pseudoplatanus KL, *Arabis alpina* agg., *Arabis pumila, Biscutella laevigata, Campanula cochleariifolia, Dryas octopetala, Epipactis atroru-*

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

bens, Euphrasia sp., *Festuca rupicaprina, Galium anisophyllum, Globularia cordifolia* agg., *Hutchinsia alpina, Kernera saxatilis, Minuartia austriaca, Minuartia gerardii, Phyteuma globulariifolium, Phyteuma orbiculare, Poa alpina, Poa minor, Primula auricula, Rumex scutatus, Salix* sp., *Saxifraga caesia, Sedum atratum, Silene pusilla, Silene vulgaris* ssp. *glareosa, Thesium alpinum;* Moose; *Inocybe* sp., *Tarzelta catinus;* Flechten.

Einzelne Boden- und Pflanzenanalysen finden sich in der folgenden Tabelle:

Tab. 6: Pflanzen- und Bodenanalysen von der Halde des Stefanie-Stollens auf der Kastenalm. Aufsammlung: 15.8.1993. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Euphrasia sp.	O	4	16	160	240
	W	1	100	1100	100
	BO	5	348	104	800
Silene pusilla	O	1	27	107	89
	W	3	75	94	156
	BO	3	238	7	363
Minuartia gerardii	O	2	51	27	161
	W	3	75	33	342
	BO	14	899	5	3987
Kernera saxatilis	BlSpr	2	9	16	67
	B	6	37	19	311
	W	8	362	20	447
	BO	13	647	7	2287
Silene vulgaris	BlSpr	1	1	8	55
	B	1	7	14	92
	W	1	22	7	44
	BO	1	12	9	215

Angefügt seien noch die Tieranalysen von der seinerzeitigen Exkursion:

Tab. 7: Schwermetallanalysen an Arthropoden vom Standort Lafatsch-Kastenalm (vgl. auch PUNZ et al. 1990). Aufsammlung: 1.7.1987. n = Anzahl der analysierten Proben. Schwermetallangaben in ppm; angegeben ist der Mittelwert.

	n	Cd	Pb	Cu	Zn
Tetrix undulata	1	6	30	-	812
Lycosidae	3	18	23	-	843

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Prestavel

Kurzcharakteristik: ehemaliger Fluorit-Bergbau in Vulkaniten des Bozner Quarzporphyrs. Lage: 46°20' lat N × 11°29' long E; Seehöhe: 1850 m. Kartenunterlagen: IGMI 11 III SO S. Nicolò d'Ega; f&b WKS 7 Überetsch. Literatur: EXEL (1980), KUNTSCHNER (1990).

Die Bergbauanlagen sind z.T. bereits verwachsen. Eine kleine Halde neben dem Weg, die spärlichen Pflanzenbewuchs *(Cardamine resedifolia, Campanula scheuchzeri, Galium anisophyllum, Silene vulgaris)* aufwies, wurde beprobt und ergab folgendes Analysenergebnis:

Tab. 8: Pflanzen- und Bodenanalysen von einer Halde des Bergbaus Prestavel. Aufsammlung: 31.7.1991. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Silene vulgaris	O	34	38	12	141
	W	72	229	20	258
	BO	12	2990	80	1790

Roßkopf-Telfer Weißen

Kurzcharakteristik: Blei-Zink-Vererzungen im Paragneis des Ötztal-Kristallins [und im Marmor des Schneeberger Zuges]. Lage: 46°55' lat N × 11°21' long E; Seehöhe: ca. 2000 m. Kartenunterlagen: f&b WKS 8 Passeier; IGMI 4 I NE Colle Isarco. Literatur: EXEL (1980), KUNTSCHER (1990).

Begangen wurden jene Halden, welche sich oberhalb der Ruinen des Berghauses über ca. 50 Höhenmeter erstrecken. Der Haldenbereich ist grobblockig, mit reichlichem Vorkommen von Landkartenflechten, ansonsten weitgehend vegetationsleer. An einer feinerdereicheren Kuppe mitten im Haldenbereich wurde folgende Aufnahme **(= A1)** gemacht:

2 × 2 m. Neigung: 5-10 %. Deckung: 30 %.
Juncus trifidus 2, *Agrostis schraderana* 1, *Silene rupestris* +, *Vaccinium myrtillus* r, *Calluna vulgaris* r; *Pohlia cruda* 2; *Stereocaulon alpinum* LAURER 2, *Lecanora intricata* (ACH.) ACH. +, *Lecidea confluens* (WEBER) ACH. +, *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC. +.

Der Haldenfuß oberhalb des Berghauses ist flacher; in dem schwer zu differenzierenden Übergangsbereich zwischen Halden und anstehendem Untergrund finden sich feinerdereiche, flache, dicht bewachsene Partien. Aus diesem Bereich konnte folgende Aufnahme **(= A2)** gemacht werden:

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

2 × 2 m. Neigung: 20 %. Deckung: 80 %.
Silene rupestris 3, *Agrostis alpina* +, *Agrostis schraderana* +, *Thymus praecox* ssp. *polytrichum* +, *Sempervivum montanum* r, *Cardamine resedifolia* r, *Anthoxanthum alpinum* r, *Potentilla brauniana* (r); *Polytrichum juniperum* +, *Ceratodon purpurescens* r; *Stereocaulon alpinum* LAURER 2, *Cetraria islandica* (L.) ACH., +, *Cladonia carneola* (FR.) FR. +, *Cladonia fimbriata* (L.) FR. +, *Lecidea lithophila* (ACH.) ACH. +, *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC. +.

Im Haldenbereich wurden außerdem noch folgende Flechten gefunden:

Stereocaulon alpinum LAURER, *Brodoa intestiniformis* (VILL.) GOWARD, *Umbilicaria cylindrica* (L.) DUBY, *Dibaeis baeomyces* (L. f.) RAMBOLD & HERTEL (= *Baeomyces roseus* PERS.), *Lecidea lapicida* (ACH.) ACH., *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC., *Lecanora polytropa* (HOFFM.) RABENH., *Cladonia pyxidata* (L.) HOFFM., *Stereocaulon alpinum* LAURER, *Lepraria neglecta* VAINIO, *Porpidia macrocarpa* (DC.) MERTEL & SCHWAB, *Pycnothelia papillaria* (EHRH.) DUFOUR, *Lecidoma demissum* (RUTSTR.) G. SCHNEIDER & HERTEL, *Lecanora polytropa* (HOFFM.) RABENH., *Rhizocarpon polycarpum* (HEPP) TH. FR., *Lecanora polytropa* (HOFFM.) RABENH., *Lecidia lapicida* (ACH.) ACH., *Lecanora silvae-nigrae* V. WIRTH., *Bellemerca alpina* (SOMMERF.) CLAUZADE & ROUX, *Bellemerca alpina* (SOMMERF.) CLAUZADE & ROUX, *Lecanora intricata* (ACH.) ACH., *Lecidea lithophila* (ACH.) ACH., *Lecanora polytropa* (HOFFM.) RABENH., *Aspicilia* cf. *caesiocinerea* (NYL.: MALBR.) ARN.

Die Boden- und Pflanzenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tab. 9: Pflanzen- und Bodenanalysen von einer Halde des Bergbaus Roßkopf-Telfer Weißen. Aufsammlung: 17.7.1992. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden sowie Text.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Silene rupestris A1	BlSpr	1	20	4	75
	W	5	519	14	144
	BO	4	1420	69	415
Silene rupestris A2	BlSpr	1	14	6	72
	W	2	717	12	97
	BO	4	1687	69	614

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

		Cd	Pb	Cu	Zn
Cardamine resedifolia A2	BlSpr	5	25	2	1313
	Fr	12	10	6	464
	W	19	767	19	398
	BO	7	2448	115	725

Tschirgant

Kurzcharakteristik: silberhältige Bleiglanz-Zinkblende-Vererzungen im Wettersteinkalk, die seit 1450 beschürft werden. Lage: 47°14' lat N × 10°46' long E; Seehöhe: 1150 m. Kartenunterlagen: ÖK 145 Imst. Literatur: EXEL (1982), KUNTSCHER (1986).

Neben der Straße erstreckt sich unterhalb des Emma- und Heinrich-Stollens (= **EH**) eine kleine Halde mit auffälligem Bewuchs:

2 × 2 m. Deckung: 30 %. Neigung: 30° W. 16.8.1993.
Minuartia gerardii 2, *Silene vulgaris* ssp. *glareosa* 1, *Larix decidua* KL 1, *Asplenium viride* +, *Calamagrostis varia* (+).

Auf Abraummaterial im Stollen selbst konnte der Mykorrhizapilz *Tricholoma scalpturatum* (FR.) QUIL. gefunden werden.

Unweit der genannten Stelle, etwas nördlich erstreckt sich am Fuß eines kleinen Felsens unterhalb zweier Probeschürfe (= **PS**) von 2 bzw. 5 m Tiefe eine teilweise verwachsene Halde. Die hohe Schwermetallbelastung des Bodens wurde erst auf Grund der Analysen offenkundig; daher ist die floristische Dokumentation oberflächlich:

Asplenium viride, Campanula cochleariifolia, Epipactis atrorubens, Erica carnea, Euphrasia sp., *Larix* KL, *Melampyrum* sp., *Silene vulgaris* ssp. *glareosa, Thymus* sp.; Moose.

Boden- und Pflanzenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tab. 10: Pflanzen- und Bodenanalysen von Halden am Tschirgant. Aufsammlung: 16.8.1993. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden und Text.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Minuartia gerardii EH	O	9	171	10	848
	W	19	1241	55	1090
	BO	59	21737	42	14473

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

		Cd	Pb	Cu	Zn
Silene vulgaris EH	O	0	15	23	762
	W	13	296	16	1088
	BO	45	13127	28	22197
Euphrasia sp. PS	O	3	25	41	686
	W	6	51	21	215
	BO	39	6176	24	5771
Tricholoma scalpturatum	FK	13	131	15	514

Villanderer Alpe

Lage: 46°40' lat N × 11°27' long E. Kartenunterlagen: f&b WKS 1 Bozen; IGMI 10 I NE Sarentino und 4 II SE Sonvigo. Literatur: EXEL (1980), KUNTSCHER (1990), KIEM (1992).

Villanderer Alpe — Seeberg

Seehöhe: 2050 m. Kurzcharakteristik: alter Bergbau auf silberhältigen Erzen im Brixner Quarzphyllit.

Östlich vom Villanderer Berg, unweit des Schwarzsees befinden sich alte Bergbauhalden sowie ein trockensteingemauertes Stollenmundloch. Die Halden (Grob- bis Feinschutt) weisen nur spärliche Vegetation auf:

Juncus trifidus, Rhododendron ferrugineum, Vaccinium uliginosum; Cladonia coccifera (L.) WILLD., *Bellemerea alpina* (SOMMERF.) CLAUZ. & ROUX, *Lecanora polytropa* (HOFFM.) RABENH., *Lecidea lithophila* (ACH.) ACH., *Lecidoma demissum* (RUTSTR.) G. SCHNEIDER & HERTEL. Daneben vereinzelt: *Avenella flexuosa, Calluna vulgaris, Cardamine amara, Cerastium carinthiacum* oder *uniflorum, Poa alpina, Saxifraga stellaris.*

Außerdem wurden im Haldenbereich noch folgende Flechten aufgesammelt:

Rhizocarpon geographicum (L.) DC., *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC., *Acarospora sinopica* (WAHLENB.) KÖRBER, *Lecidea lithophila* (ACH.) ACH., *Lecidea lithophila* (ACH.) ACH., *Cladonia coccifera* (L.) WILLD.

Im Stollenbereich wurden folgende Moose aufgesammelt: *Lophozia* sp., *Pohlia cruda.*

Resistenzphysiologische Untersuchungen an *Saxifraga stellaris* zeigten mit Werten von 0,004 mMol Cu und 0,2 mMol Zn keine auffällige Schwermetallresistenz an (PUNZ & KÖRBER 1993).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Boden- und Pflanzenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tab. 11: Pflanzen- und Bodenanalysen von Halden am Seeberg (Villanderer Alpe). Aufsammlung: 18.7.1992. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Cardamine amara	O	6	540	10	401
	BO	3	2358	21	390
Saxifraga stellaris	Blspr	1	21	3	87
	B	5	175	9	439
	W	2	3490	18	1851
	BO	3	1797	26	364

Tieferliegend finden sich Überreste des Wasch- und Pochwerks; die hier befindlichen Halden sind vegetationslos.

Villanderer Alpe — Schmelzplatz

Seehöhe: ca. 1900 m. Kurzcharakteristik: urgeschichtlicher Kupferschmelzplatz (DAL RI 1972).

Die offenen Flächen auf der Waldlichtung sind spärlich mit *Silene vulgaris, Silene rupestris*, Moosen und Flechten bedeckt. Das aufgefundene Moos *Pohlia drummondi* ist auch vom Kupferstandort Schwarzwand (Großarltal, Salzburg/Österreich) angegeben (SAUKEL 1980, ZECHMEISTER & PUNZ 1990). Resistenzphysiologische Untersuchungen an *Silene vulgaris* zeigten mit Werten von 0,005 mMol Cu und 0,1 mMol Zn keine auffällige Schwermetallresistenz (PUNZ & KÖRBER 1993).

Boden- und Pflanzenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tab. 12: Pflanzen- und Bodenanalysen vom urgeschichtlichen Schmelzplatz auf der Villanderer Alpe. Aufsammlung: 18.7.1992. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Silene rupestris	O	2	8	30	51
	W	0	28	122	45
	BO	1	311	531	76

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Wildschönau

Kurzcharakteristik: vorwiegend Fahlerze im Schwazer Dolomit am Nordabhang des Gratlspitz. Lage: 47°25' lat N × 11°57' long E; Seehöhe: 1550 m. Kartenunterlagen: ÖK 120 Wörgl. Literatur: EXEL (1982), KUNTSCHER 1986.

Das sehr steile Haldengebiet im Bereich des Kaiserbründls (Grob- bis Feinschutt) weist in den verfestigten Bereichen eine auffällige Vegetationsbedeckung auf:

3 × 3m. Deckung: 15 %. 13.8.1993.
Euphrasia picta 1, *Minuartia gerardii* 1, *Silene vulgaris* ssp. *glareosa* +, *Hutchinsia alpina* r, *Rumex scutatus* r, *Asplenium viride* r, *Picea abies* KL r, *Larix decidua* KL r.

Boden- und Pflanzenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tab. 13: Pflanzen- und Bodenanalysen vom Haldengebiet Kaiserbründl am Nordabhang des Gratlspitz. Aufsammlung: 13.8.1993. Angaben in ppm. Abkürzungen: siehe Material und Methoden.

		Cd	Pb	Cu	Zn
Euphrasia picta	O	0	10	180	90
	W	2	66	933	267
	BO	5	42	5174	732
Hutchinsia alpina	B	1	14	183	163
	Spr†	1	18	345	91
	W	1	19	400	95
	BO	5	42	6252	769
Minuartia gerardii	O	0	22	76	65
	W	2	26	1329	129
	BO	4	48	5391	706
Asplenium viride	O	1	5	13	99
	W	3	27	820	439
	BO	2	85	1378	365
Silene vulgaris	B	3	6	63	103
	W	4	19	307	76
	BO	3	51	2944	656
Scillus	FK	1	7	36	103

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Besprechung der Ergebnisse

Alle untersuchten Standorte können als beträchtlich bis extrem schwermetallbelastet gelten. Die Zinkgehalte sind vier- bis fünfstellig (Ausnahme: Roßkopf-Telfer Weißen sowie die Kupferstandorte Villanderer Alpe und Wildschönau), mit Maximalwerten in der Lafatsch von 40.000 ppm. FINCK (1982) setzt demgegenüber die Grenze der „Normalwerte" im Boden bei 300 ppm an, andere Autoren noch tiefer. Auch die Bleigehalte sind vier- bis fünfstellig (Ausnahme: der Kupferstandort Wildschönau; Bleigehalte in „Normal"böden: 5-100 ppm nach FINCK) und erreichen Spitzenwerte im Bereich von 20.000 ppm (Deutschnofen, Lafatsch, Tschirgant). Die Boden-Kupfergehalte, welche von FINCK mit 5-100 ppm für Normalböden angegeben werden, sind zwei- bis dreistellig, erreichen in der Wildschönau jedoch Konzentrationen bis 6.000 (!) ppm. Demgegenüber sind die Cadmium-Gehalte („normal" bis 2 ppm) zwar durchwegs deutlich, aber nicht übermäßig erhöht.

Wie sieht nun die floristische Ausstattung der Standorte im Untersuchungsraum aus? Führt man die statistische Auswertung von PUNZ et al. (1990) weiter, so ergibt sich nunmehr folgendes Resultat (nur Kupfer- und Galmeistandorte; die in Klammer beigefügten Ziffern geben die Zahl der auftretenden Gattungen sowie die Gesamtzahl der Artnennungen wieder):
Am häufigsten vertreten sind die Caryophyllaceen (8/69), vor allem mit den Gattungen *Silene, Minuartia* und *Cerastium.* (Hier muß ergänzt werden, daß die früheren Angaben von *Minuartia verna* wohl durchwegs durch die Bezeichnung *M. gerardii* zu ersetzen sind (vgl. HARTL et al. [1992]). Es folgen die Poaceae (17/56) mit *Agrostis, Poa* und *Festuca;* die Brassicaceae (10/42) mit *Arabis, Cardamine, Biscutella, Kernera* und *Hutchinsia.* Von den übrigen Familien verdienen Erwähnung: Scrophulariaceae (7/18) mit *Linaria* und *Euphrasia*, Lamiaceae (4/16) mit *Thymus*, Saxifragaceae (1/15) mit der einzigen Gattung *Saxifraga*, Cichoriaceae (4/14), Ericaceae (5/14), Rosaceae (6/14), Betulaceae (2/13) mit *Betula* als häufigem Pionier, Asteraceae (8/13), Salicaceae (2/12), Rubiaceae (1/12) mit der einzigen Gattung *Galium.* Die Pinaceae sind 25mal, die Farnpflanzen 21mal genannt. Bei den Moosen sind Vorkommen von *Mielichhoferia mielichhoferi* (Cinque Valli), *Pohlia drummondi* (Villanderer Alpe) sowie verschiedener Schwermetallmoose am Pfunderer Berg (Klausen) bemerkenswert; am letzgenannten Standort konnten auch Schwermetallflechten wiederaufgefunden werden (PUNZ & WIESHOFER 1989; vgl. hierzu GAMS 1966, 1972).

Zur Soziologie der Schwermetallvegetation darf zunächst die mehrfach (PUNZ 1991, 1992, PUNZ et al., im Druck) geäußerte Feststellung wiederholt

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

werden, daß die Zuordnung der alpinen Schwermetallgesellschaften zu den Schwermetallrasen Mitteleuropas durch ERNST (zuletzt 1990) als verfehlt zu betrachten ist: Im Ostalpenraum gibt es keine Violetea calaminariae. Etliche kalkalpine Schwermetallstandorte Nordtirols weisen eine Minuartia gerardii-(Thlaspion)-Gesellschaft (syndynamisch ein Initialstadium bei der Besiedlung von schwermetallreichen Schutthalden) auf (vgl. ENGLISCH et al. 1993); auf kristallinem Gestein (Pflerschtal) bzw. vulkanischem Gestein (Faedo) mit hohen Schwermetallgehalten entwickelt sich ein Sileno rupestris-Asplenietum septentrionalis OBERD. 1957 (vgl. PUNZ & ENGENHART 1990, MUCINA 1993). Über die weitere soziologische Klassifikation der Schwermetallvegetation im Ostalpenraum ist eine ausführlichere Arbeit in Vorbereitung (MUCINA & PUNZ, in prep.).

Ist es nun möglich, auf Grund der vorliegenden Befunde die Resistenzstrategien einzelner Taxa zu charakterisieren? Nimmt man die Boden- und Pflanzenanalysen (vgl. auch PUNZ, SIEGHARDT & KÖRBER 1991, PUNZ & SIEGHARDT 1993, PUNZ et al. 1990, 1993) sowie die resistenzphysiologischen Befunde (PUNZ & KÖRBER 1993) als Grundlage, so läßt sich feststellen, daß die Pflanze prinzipiell verschiedene Möglichkeiten besitzt, um auf ein Überangebot eines Schwermetalls im Substrat zu reagieren. Sie kann versuchen, dieses auszuschließen, also die Translokation in den Sproß oder bereits die Aufnahme zu unterbinden. In den Analysenergebnissen findet sich dann ein shoot-root-ratio von < 1. BAKER (1981, 1987) bezeichnet diesen Typ als „excluder". Demgegenüber nehmen manche Pflanzen Schwermetalle überproportional zum Bodengehalt in den oberirdischen Pflanzenteilen auf. Es erfolgt also eine Anreicherung, welche ein shoot-root-ratio von > 1 zur Folge hat. Solche Pflanzen charakterisiert BAKER mit dem Begriff „accumulator". Schließlich bezeichnet BAKER jene Pflanzen, deren oberirdische Schwermetallkonzentration annähernd parallel zur Bodenkonzentration verläuft, als „indicator". Wie häufig ein derartig „ideales" Verhalten tatsächlich vorkommt, erscheint unklar.

Von den untersuchten Pflanzen können einige als „Accumulatoren" aufgefaßt werden. Für Zink sind dies: *Thlaspi rotundifolia* (Lafatsch), *Minuartia gerardii* (Schneeberg), *Cardamine resedifolia* (Ladurns, Roßkopf). Demgegenüber können als „Excluder" gelten: *Linaria alpina* (Schneeberg), *Cerastium uniflorum* (Schneeberg) sowie durchwegs alle Gräser. Für die anderen Pflanzen ist eine eindeutige Bewertung auf Grund der wenigen Daten noch nicht möglich. Die Einordnung der *Silene*-Arten in eine „intermediate group" (vgl. PUNZ & SIEGHARDT 1993) erscheint jedoch sinnvoll.

Dagegen wird eine Einordnung einzelner Pflanzen in die Kategorie der „Hyperakkumulatoren" (vgl. zur Bezeichnung BROOKS et al. 1977, ERNST

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

1982) bestenfalls formale Bedeutung besitzen. Es mag von Interesse sein, daß *Cardamine resedifolia* oder *Thlaspi*-Arten nicht nur Zink, sondern beispielsweise auch Nickel oberirdisch akkumulieren (BAKER & BROOKS 1989). Die entsprechenden Ergebnisse für Blei an *Thlaspi alpestre* (SHIMWELL & LAURIE 1972) und *Thlaspi rotundifolium* ssp. *cepaeifolium* (REEVES & BROOKS 1983) erscheinen jedoch zweifelhaft, da die oberirdische Akkumulation von Blei im Gegensatz zur überwiegenden Anzahl der Schwermetalliteratur steht (Überblick bei PUNZ & SIEGHARDT 1993).

Anders als für den Südostalpenraum (vgl. PUNZ & SCHINNINGER 1993, in press) kann also auch keine eindeutige Parallele zwischen Resistenzstrategie und systematischer Gruppe gezogen werden. Am ehesten können wohl die Brassicaceen den „Akkumulatoren" zugeordnet werden. Das „excluder"-Verhalten der Scrophulariaceen ist demgegenüber nicht so eindeutig. Für die Gräser freilich ist ein entsprechendes Verhalten, das teils auf günstiger Wasserökonomie, teils auf sehr effizienter endodermalen „Abdichtung" beruht, bereits aus der Literatur bekannt. Die heterogenen Befunde für *Silene*-Arten scheinen darauf hinzudeuten, daß möglicherweise zahlreiche standortspezifische Ökotypen (oder Populationen) mit unterschiedlicher Schwermetallresistenz an den verschiedenen Standorten vorliegen. Entsprechend dem Gesagten erscheint es im Rahmen der vorliegenden Arbeit auch nicht möglich, die von PUNZ & KÖRBER (1993) geäußerte Vermutung, daß pflanzliches „Akkumulator"-Verhalten erhöhte protoplasmatische Toleranz (und umgekehrt) bedinge, weiter zu untermauern.

Was die beträchtliche Anzahl untersuchter Arthropoden von den belasteten Standorten anlangt, so weisen diese zum Teil Metallkonzentrationen auf, welche weit über jenen liegen, wie sie in Tieren aus unbelasteten Gebieten gefunden werden. Allerdings ist die ökotoxikologische Bewertung schwierig. Einerseits steht das Vorkommen (genetisch manifestierter) Schwermetalladaptation bei natürlichen Evertebratenpopulationen wohl außer Zweifel; andererseits liegen nur wenige Arbeiten über experimentell erwiesene toxische Grenzkonzentrationen vor (u.a. hierzu VOGEL 1988, TYLER et al. 1989, GINTENREITER 1990, GINTENREITER & VOGEL 1990, POSTHUMA & VAN STRAALEN 1993).

Danksagung

Herrn Univ.-Prof. Dr. Karl BURIAN für die generelle Unterstützung, der Gemeinde Scharnitz (Tirol) für die Einfahrgenehmigung in das Hinterautal, Frau Dr. Luise EHRENDORFER-SCHRATT, den Herren Dr. E. VITEK, Dr.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Franz Michael GRÜNWEIS, Dr. POLATSCHEK, Univ.-Prof. Dr. R. TÜRK und Dr. Thomas WRBKA für Hilfe bei Bestimmung bzw. Revision des Pflanzenmaterials, Frau Mag. Susanne GINTENREITER für Hilfe beim Aufschluß und bei der Analyse der Schwermetallproben, Frau Mag. Christine MÜLLER (Innsbruck) für die freundliche Überlassung ihrer Wohnung als „Standquartier" und Frau cand. med. Dr. Barbara THONKE für ihre Unterstützung.

Literatur

ANTONOVICS J., BRADSHAW A. D. & TURNER R. G., 1971: Heavy metal tolerance in plants. Adv. Ecol. Res. 7, 1-85.

Atlas Tirol, 1981: Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.

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 Phytologist 106, 93-111.

BAKER A. J. M. & BROOKS R. R., 1989: Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements — a review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery 1, 81-126.

BROOKS R. R., 1987: Serpentine and its vegetation. Croom Helm, London, Sydney.

BROOKS R. R., LEE J., REEVES R. D. & JAFFRE T., 1977: Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants. J. Geochem. Explor. 7, 49-57.

CLAUZADE G. & ROUX C., 1985: Likenoi de okzidenta Europo. Soc. bot. Centre-Ouest, N.S. 7, 1-893.

DAL RI L., 1972: Spuren urgeschichtlicher Erzgewinnung in den Sarntaler Alpen. Schlern 46, 592-601.

EGG E. & ATZL A., 1951: Die Schwazer Bergwerkshalden. Schlern-Schriften 85, 136-145.

EHRENDORFER F., 1973: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. G. Fischer, Stuttgart.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

ENGLISCH T., VALACHOVIC M., MUCINA L., GRABHERR G. & ELLMAUER T., 1993: Thlaspietea rotundifolii. In: GRABHERR G. & MUCINA L. (Ed.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs, Teil II, p. 276-342 (Natürliche waldfreie Vegetation). G. Fischer, Jena.

ERNST W., 1965: Ökologisch-soziologische Untersuchungen in den Schwermetallpflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen. Abh. Landesmus. Naturkde. Münster 27, 1-54.

ERNST W., 1974: Schwermetallvegetation der Erde. G. Fischer, Stuttgart.

ERNST W., 1982: Schwermetallpflanzen. In: Kinzel H. (Ed.), Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel, p. 472-506. E. Ulmer, Stuttgart.

ERNST W. H. O., 1990: Mine vegetation in Europe. Heavy metal tolerance in plants. In: SHAW J. (Ed.), Evolutionary aspects of heavy metal tolerance in plants, p. 211-237. CRC Press, Boca Raton.

EXEL R., 1980: Die Mineralien Tirols I. Südtirol und Trentino. Athesia, Bozen.

EXEL R., 1982: Die Mineralien Tirols II. Nordtirol, Vorarlberg und Osttirol. Athesia, Bozen.

FINCK A., 1982: Pflanzenernährung in Stichworten. Hirt, Kiel.

FRAHM J. P. & FREY W., 1983: Moosflora. E. Ulmer, Stuttgart.

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.

GINTENREITER S. & VOGEL W., 1990: Zur Schwermetallbelastung haldenbewohnender Arthropoden im Mittleren Alpenraum. In: PUNZ W., KOVACS G., MAUTHNER G., SAPELZA W., ULRICH S. M., WIELÄNDER B. & WIESHOFER I., Zur Ökologie und Ökophysiologie der Vegetation im Bereich des Bergbaugebietes St. Martin am Schneeberg im Passeier. Schlern 64, p. 508-509.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

GINTENREITER S., 1990: Die Schwermetallbelastung von Arthropoden verschiedener Haldenstandorte (Tirol-Lombardei). In: PUNZ W., Experimentell-ökologischer Freilandkurs — Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien.

HARTL H., KNIELY G., LEUTE G. H., NIKLFELD H. & PERKO M., 1992: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Kärntens. Naturwiss. Ver. Kärnten, Klagenfurt.

HOLZER H., 1966: Erläuterungen zur Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich. Geol. Bundesanstalt, Wien.

JÜLICH W., 1984: Kleine Kryptogamenflora IIb/1. Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze. G. Fischer, Stuttgart.

KIEM J., 1992: Die Schwarzseen in den Sarnthaler Alpen. Schlern 66, 434-439.

KINZEL H. (Ed.), 1982: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. E. Ulmer, Stuttgart.

KIRNBAUER F., 1968: Historischer Bergbau I und II. Österreichischer Volkskundeatlas, 3. Lfg., p. 1-70.

KÖRBER-ULRICH S. M. (in Vorb.): Resistenzphysiologische Untersuchungen an Schwermetall-, Serpentin- und Normalpopulationen von *Silene vulgaris* (MOENCH) GARCKE im österreichischen und italienischen Ostalpenraum. Diss. Univ. Wien.

KRAUSE W., 1958: Andere Bodenspezialisten. In: RUHLAND W. (Ed.), Handbuch der Pflanzenphysiologie IV, p. 755-806. Springer, Berlin

KUNTSCHER H., 1986: Höhlen Bergwerke Heilquellen in Tirol und Vorarlberg. Steiger Verlag, Berwang (Tirol).

KUNTSCHER H., 1990: Südtirol — Bergwerke, Höhlen, Heilquellen. Steiger Verlag, Berwang (Tirol).

LECHNER K., HOLZER H., RUTTNER A. & GRILL R., 1964: Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich 1:1.000.000. Geol. Bundesanstalt, Wien.

LINSTOW O. v., 1929: Bodenanzeigende Pflanzen. Abh. Preuß. Geol. Landesamt, N.F. 114.

LÖTSCHERT W., 1969: Pflanzen an Grenzstandorten. G. Fischer, Stuttgart.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

MOSER M., 1983: Kleine Kryptogamenflora IIb/2. Die Röhrlinge und Blätterpilze. G. Fischer, Stuttgart.

MUCINA L., 1993: Asplenietea trichomanis. In: GRABHERR G. & MUCINA L. (Ed.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs, Teil II, p. 241-272 (Natürliche waldfreie Vegetation). G. Fischer, Jena.

POSTHUMA L. & VAN STRAALEN N. M., 1993: Heavy metal adaptation in terrestrial evertebrates: A review of occurrence, genetics, physiology and ecological consequences. Comp. Biochem. Physiol. 106C, 11-38.

PROCTOR J., BAKER A. J. M. & REEVES R. D., 1993: The vegetation of ultramafic (serpentine) soils. Springer, New York.

PROCTOR J. & WOODELL S. R. J., 1975: The ecology of serpentine soils. Adv. Ecol. Res. 9, 255-366.

PUNZ W., 1988a: Experimentell-ökologischer Freilandkurs (MAIER/PUNZ) — Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien.

PUNZ W., 1988b: Standorte von Schwermetallvegetation in Österreich. Symp. Synanthropic Flora & Vegetation V (Martin/ČSSR), p. 209-219.

PUNZ W., 1990: Experimentell-ökologischer Freilandkurs (Tirol-Lombardei) — Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien.

PUNZ W., 1991: Zur Flora und Vegetation über schwermetallhaltigem Substrat im Ostalpenraum — Eine Übersicht. Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 128, 1-18.

PUNZ W., 1992: Schwermetallstandorte im Ostalpenraum und ihre Vegetation. Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck 79, 67-80.

PUNZ W. & ENGENHART M., 1990: Zur Vegetation auf Blei-Zink-Halden im Raum Niedere Tauern. Sitzgs.ber. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., Abt. I 198, 1-12.

PUNZ W., ENGENHART M., KÖRBER-ULRICH S. M., KOVACS G., PUNZ-GUSCHLBAUER U., THONKE A., WIELÄNDER B. & WIESHOFER I., 1993: Pflanzen auf Schwermetallhalden im Ostalpenraum — Neue Befunde. Sitzgs.ber. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., Abt I, 200, 1-16.

PUNZ W., ENGENHART M., KÖRBER-ULRICH S. M., MAUTHNER G., SAPELZA W. P., SIEGHARDT H., THONKE A., WIELÄNDER B. & WIESHOFER I. (im Druck): Neue pflanzenökologische Befunde vom Bergbaugebiet St. Martin am Schneeberg/Monteneve. Sitzgs.ber. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., Abt I.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

PUNZ W., KOVACS G., MAUTHNER G., SAPELZA W., ULRICH S. M., WIELÄNDER B. & WIESHOFER I., 1990: Zur Ökologie und Ökophysiologie der Vegetation im Bereich des Bergbaugebietes St. Martin am Schneeberg im Passeier. Schlern 64, 480-515.

PUNZ W. & KÖRBER-ULRICH S. M., 1993: Resistenzökologische Befunde von Pflanzen an Schwermetallstandorten im Ostalpenraum. Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 130, 201-224.

PUNZ W. & SCHINNINGER R., 1993: Metallophytes in the South Eastern Alps — occurrence and resistance strategies. 1st Slovenian Symp. Plant Physiol. (Gozd). Povzeti/Abstracts SP 7.

PUNZ W. & SCHINNINGER R. (in press): Metallophytes in the South Eastern Alps. Acta pharmaceutica.

PUNZ W. & SIEGHARDT H., 1993: The response of roots of herbaceous plant species to heavy metals. Environ. Exp. Bot. 33, 85-98.

PUNZ W., SIEGHARDT H. & KÖRBER S. M., 1992: Some properties of roots growing on heavy metal containing substrata. In: KUTSCHERA L., HÜBL E., LICHTENEGGER E., PERSSON H. & SOBOTIK M. (Eds.), Root ecology and its practical application, p. 233-236. Ver. Wurzelforschung, Klagenfurt.

PUNZ W. & WIESHOFER I., 1989: Experimentell-ökologischer Freilandkurs (Maier/Punz) — Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien.

REEVES R. D. & BROOKS R. R., 1983: Hyperaccumulation of lead and zinc by two metallophytes from mining areas of Central Europe. Eviron. Pollut. A 31, 277-285.

ROBERTS B. A. & PROCTOR J., 1992: The ecology of areas with serpentinized rocks. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

SAUKEL J., 1980: Ökologisch-soziologische, systematische und physiologische Untersuchungen an Pflanzen der Grube „Schwarzwand" im Großarltal (Salzburg). Diss. Univ. Wien.

SCHMITZ N., 1974: Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Pflerschtales. Geol. Rdsch. 63 (I), 148-165.

SHIMWELL D. W. & LAURIE A. E., 1972: Lead and zinc contamination of vegetation in the Southern Pennines. Environ. Pollut. 3, 291-301.

SRBIK R. v., 1929: Überblick des Bergbaues von Tirol und Vorarlberg in Vergangenheit und Gegenwart. Ber. Naturw.-med. Ver. Innsbruck 41, 113-277.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

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.

TYLER G., BALSBERG-PAHLSSON M., BENGTSSON M., BAATH E. & TRANVIK L., 1989: Heavy metal ecology of terrestrial plants, microorganisms and invertebrates. Water Air & Soil Poll. 47, 189-215.

UNGER F., 1836: Über den Einfluß des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse, nachgewiesen in der Vegetation des nordöstlichen Tirols. Rohrmann & Schweigerd, Wien.

VOGEL W., 1988: Über die Schwermetallbelastung der Makrofauna von Abraumhalden. In: PUNZ W., Experimentell-ökologischer Freilandkurs — Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien.

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: 1994 05 10

Anschrift der Autoren: Ass.-Prof. Mag. Dr. Wolfgang PUNZ, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1091 Wien. Mitautoren: dieselbe Adresse.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: 131

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

Artikel/Article: Schwermetallstandorte im mittleren Alpenraum und ihre Vegetation-neue Befunde 1-26