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

Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich **147**, 2010, 83–92

Serpentinophyten im Burgenland

Wolfgang Punz, Bettina Aigner, Helmuth Sieghardt, Christoph Justin & Harald Zechmeister

Die Wuchsorte von Serpentinflora im Burgenland werden kartenmäßig dargestellt, ökologische und ökophysiologische Befunde resumiert, die heutige Klassifikation der Serpentintaxa bei Wendelberger (1974) dargelegt und Terminologie sowie Serpentinfaktor diskutiert.

Punz W., Aigner B., Sieghardt H., Justin Ch. & Zechmeister H., 2011: Serpentinophytes in Burgenland (Austria).
A map of Serpentinophyte sites in the Burgenland (Austria) is presented and ecological/ecophysiological results are summarised. The current classification of serpentine taxa is compared with Wendelberger (1974); terminological problems and the "serpentine factor" are discussed.

Keywords: serpentine vegetation; Burgenland (Austria).

Schwermetallstandorte im Ostalpenraum

Von Anomalien spricht man in der Geochemie dann, wenn ein Element im Vergleich zur Umgebung ungewöhnliche (meist erhöhte) Konzentrationen aufweist. Die Gründe für diese Erscheinung können zum einen geogener Natur (also durch Aufbau bzw. Chemismus der Erdkruste bedingt) sein. Zum anderen haben lokal auftretende gesteigerte Schwermetallkonzentrationen häufig anthropogene Ursachen, von Bergbaufolgen bis hin zu Industrieabfällen. Stets hat man es jedoch im Ostalpenraum mit relativ kleinflächigen Phänomenen zu tun, welche aber – man denke an das viel strapazierte Wort, dass „Österreich reich an armen Lagerstätten" sei – buchstäblich zu Tausenden auftreten.

Die Angaben über den Pflanzenbewuchs auf derartigen Standorten waren und sind, abgesehen von relativ wenigen gut untersuchten, gewissermaßen „klassischen" Lokalitäten, als eher dürftig zu klassifizieren. Neben einzelnen regionalen Kompilationen (Tirol inklusive Südtirol: Punz et al. 1990a, 1994; Steiermark: Punz et al. 1990b; Kärnten: Punz & Schinninger 1995, Punz & Maier 1995; Salzburg: Punz 2008; Burgenland: Punz et al. 2010) wurden auch gesamtösterreichische Zusammenfassungen (Punz 1988, 1991, 1999) publiziert. Einen vorläufigen Überblick über jene Standorte im Ostalpenraum, zu welchen floristische Informationen vorliegen, gibt Abbildung 1.

Im Burgenland haben die zahlreichen historisch dokumentierten Bergbaue (Schönlaub 2000, Götzinger & Huber 2009) offensichtlich keine Areale geschaffen, welche durch erhöhte Bodenschwermetallgehalte geprägt sind und solcherart das Potential besitzen könnten, die vorkommende Flora entsprechend zu prägen. Selbst die relativ großflächigen Halden des subrezenten Antimonbergbaus von Schlaining weisen keine spezifischen Metallophyten auf (Steinhauser et al. 2009; eigene Aufnahmen), wie sie anderswo im Ostalpenraum dokumentiert sind.

Serpentinstandorte im Burgenland

Einzige bedeutsame, unter Naturschutz (LGBl. 19/1972) wie auch Natura 2000-Schutz gestellte Ausnahme von dem zuvor Gesagten stellen die Serpentinite im Mittelburgenland dar. Hier wurde von Forster der 1820 durch Sadler beschriebene Serpentinfarn *Asplenium cuneifolium* entdeckt. Borbás (1887, 1910), später Gayer (1929), Soó (1934)

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

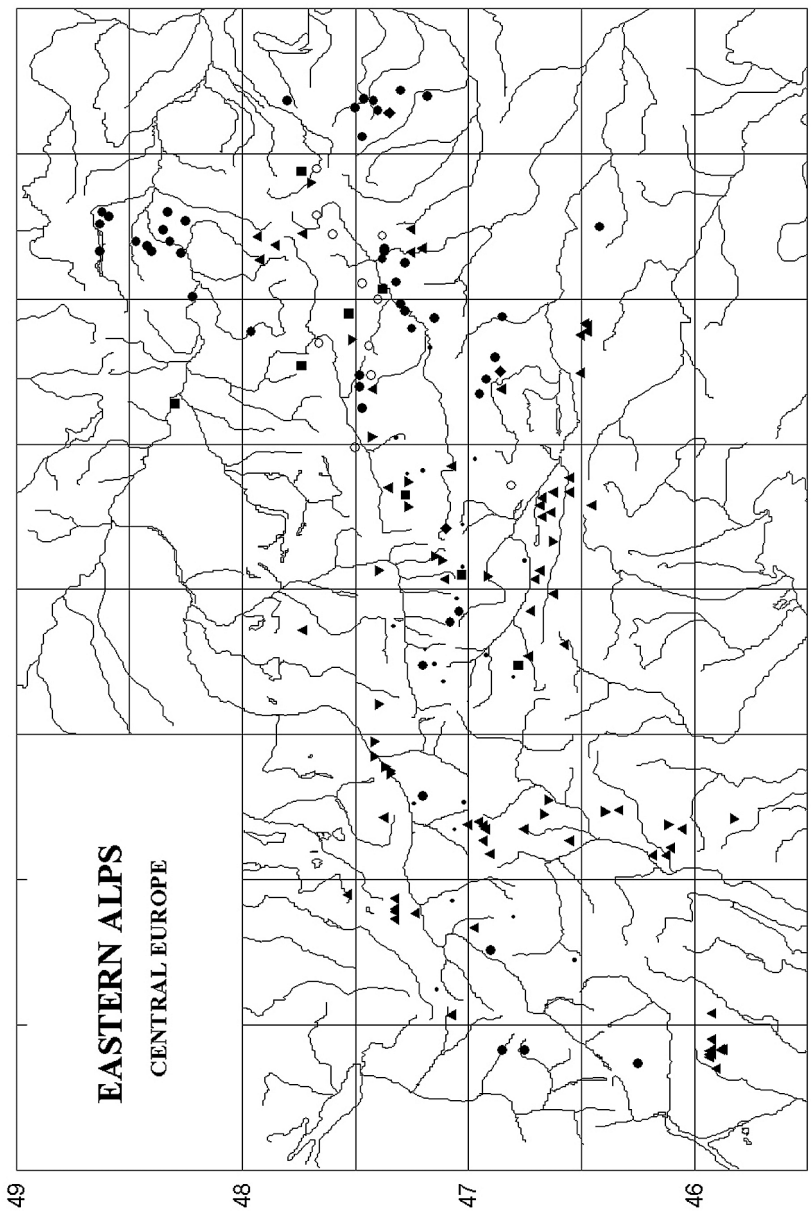


Abb. 1: Schwermetallstandorte in Österreich und dem angrenzenden Ostalpenraum, zu welchen floristische Befunde vorliegen, sowie die Fundorte des Kupfermooses *Mielichhoferia*. Datenbasis: PUNZ (1999), hier sind auch Quellen und Koordinaten zu finden. Aus Maßstabsgründen sind nicht alle Standorte punktgenau wiedergegeben. ▲ Galmei , ▼ Kupfer, ● Serpentin/Chrom, ○ Magnesit, ♦ Arsen/Antimon, ■ Andere ▪ *Mielichhoferia*. – Fig. 1: Sites with elevated soil heavy metal concentrations in Austria/the Eastern Alps where floristic information is available, supplemented by the localities of the copper moss *Mielichhoferia*. For details see PUNZ (1999). ▲ calamine, ▼ copper, ● serpentine/chromium, ○ magnesite, ♦ arsenic/antimony, ■ others ▪ *Mielichhoferia*.

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

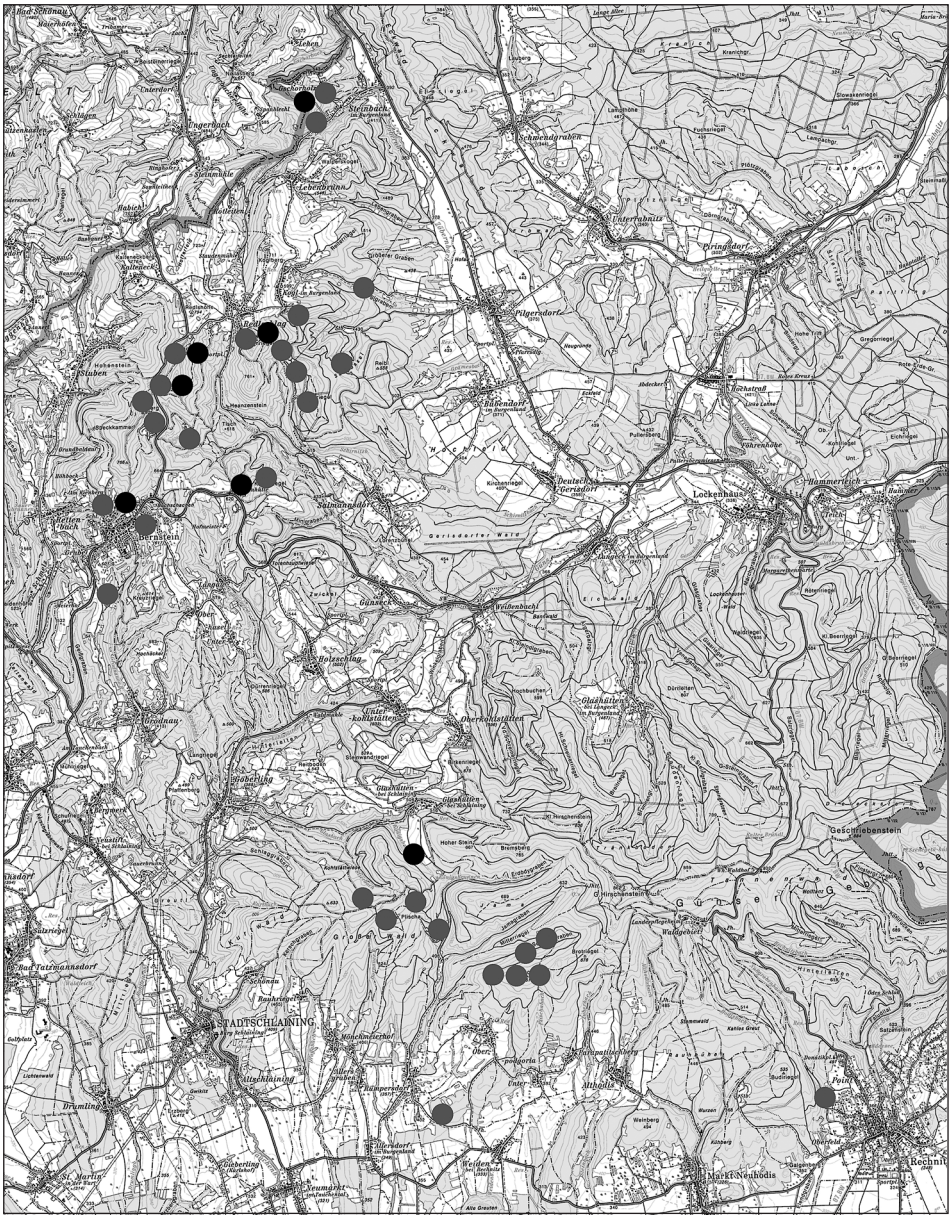


Abb. 2: Wuchsorte von Serpentinflora im Mittelburgenland. Standortsangaben nach JUSTIN, grau (1993) und ZECHMEISTER, schwarz (2005). Kartenausschnitt aus der ÖK 1: 50 000 zwischen 47°17'34" bis 47°29'22" lat N und 16°13'46" bis 16°27'44" long E. © BEV 2011, vervielfältigt mit freundlicher Genehmigung des BEV – Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, T2011/72420. – Fig. 2: Localities of serpentinophytes in Central-Burgenland (Austria). Data according to JUSTIN, gray (1993) and ZECHMEISTER, black (2005). Map section drawn from the Austrian Map (ÖK) 1: 50 000, from 47°17'34" to 47°29'22" lat N and 16°13'46" to 16°27'44" long E. © BEV 2011, reproduced by kind permission of the BEV (Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien), T2011/72420.

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

und andere haben sich mit der Serpentinflora des burgenländischen Alpenostrands befasst. Eine Zusammenfassung der älteren Arbeiten findet sich bei WENDELBERGER (1974). Auf Basis der Daten von JUSTIN (1993) und ZECHMEISTER (2005) wurden jene Serpentinstandorte im Burgenland, zu welchen floristische Angaben vorliegen (Bernstein, Große Plischa, In der Eng, Kalkgraben, Kanitzriegel, Kienberg, Kleine Plischa, Ochsenriegel, Rechnitz, Redlschlag, Rumpersdorf, Steinbach, Steinstückl), in Abbildung 2 wiedergegeben (nicht dargestellt sind die Standorte Eisenberg und Hochcsatarberg).

Floristische, ökologische und ökophysiologische Befunde

Historisch liegen von den burgenländischen Serpentinlokalitäten nur sporadische ökologische bzw. ökophysiologische Befunde vor. Eigene Untersuchungen (AIGNER 2005 u.a.) ergaben Nickel- und Zink-Hyperakkumulation bei *Thlaspi [Noccaea] goesingense* vom Standort Redlschlag, wobei die Blattepidermen die höchsten Konzentrationen aufwiesen; anatomische Schnitte zeigten hier auch auffällig vergrößerte Zellen; ähnlich hohe Werte finden sich in den Blattrosetten. Vergleichbare Phänomene wurden von der Arbeitsgruppe WENZEL (Universität für Bodenkultur) dokumentiert: Hyperakkumulation wird für mehrere Pflanzenarten im Raum Bernstein-Redlschlag angegeben (WENZEL & JOCKWER 1999; vgl. KRÄMER et al. 1997); Bodeneigenschaften und -reaktionen stellen einen weiteren Fokus der Untersuchungen dar (WENZEL et al. 2003); im Zusammenhang damit wurden auch Studien zur Wurzelmorphologie durchgeführt (HIMMELBAUER et al. 2005).

Die floristischen Ergebnisse seit BORBÁS (1887) werden von WENDELBERGER (1974) rekapituliert, der achtzehn Serpentintaxa unterschiedlicher Ranghöhe anführt (Tab. 1, Spalte 1; um einen leichteren Vergleich mit der Originalarbeit zu ermöglichen, wurde die dort angeführte Reihenfolge beibehalten). Spätere Untersuchungen (JUSTIN 1993) und neuere Einstufungen klassifizieren die meisten Taxa lediglich als modifikative Serpentinomorphosen oder Varianten. Die derzeit gültigen Namen für die von WENDELBERGER angeführten Serpentinophyten (gemäß Exkursionsflora von Österreich; FISCHER et al. 2008) sind in Tab. 1, Spalte 2 ersichtlich.

Als „echte" Serpentinarten können von den ursprünglichen achtzehn Taxa folglich nur mehr fünf als gültig erachtet werden (dies und das Folgende nach FISCHER, schriftl. Mitt.), nämlich:

Asplenium cuneifolium
Asplenium adulterinum
Avenula adsurgens
Dianthus carthusianorum ssp. capillifrons
Myosotis stenophylla

In manchen Fällen ist es zweifelhaft, ob es sich tatsächlich um genetisch distinkte Taxa handelt oder lediglich um Serpentinomorphosen bzw. Varianten, wenn sie auch gegenwärtig provisorisch als infraspezifische Taxa behandelt werden:

Potentilla crantzii var. *serpentini*
Sorbus austriaca subsp. *serpentini*
Tephroseris integrifolia subsp. (oder: var.) *serpentini*

Zu ergänzen wären gegenüber den Angaben von WENDELBERGER noch folgende Arten, welche im Burgenland auf Serpentin vorkommen (MELZER 1964, JUSTIN 1993):

Armeria elongata
Noccaea goesingensis
Veronica scardica

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

Tab. 1: Serpentintaxa im Burgenland bei Wendelberger (1974: Spalte 1) und deren aktuelle Einstufung gemäß Fischer et al. (2008: Spalte 2; mit freundlicher Unterstützung von M.A. Fischer). LGM = Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas (Ehrendorfer 1973); Catalogus = Janchen 1956ff. – Tab. 1: Serpentine taxa in the Burgenland (Austria) as reported by Wendelberger (1974: column 1) and their updated classification by Fischer et al. (2008: column 2; with kind help by M.A. Fischer). LGM = Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas (Ehrendorfer 1973); Catalogus = Janchen 1956ff.

nach Wendelberger 1974	**in der Taxonomie nach Fischer et al. 2008**
Asplenium cuneifolium Viv.	*Asplenium cuneifolium* (Synonym in Janchens Catalogus: *A. forsteri*)
Asplenium adulterinum Milde	*Asplenium adulterinum* (artgewordene allotetraploide Hybride *A. trichomanes* × *A. viride*)
Notholaena Marantae (L.) Desv. (non R. Br.)	*Notholaena marantae* (Synonym in LGM: *Cheilanthes marantae*)
Dianthus capillifrons (Borb.) Neum.	*Dianthus carthusianorum subsp. capillifrons*
Potentilla serpentini Borb.	*Potentilla crantzii* var. *serpentini*
Helictotrichon conjungens (Hack.) Widd.	*Avenula adsurgens* subsp. *adsurgens*
Myosotis alpestris F. W. Schmidt subsp. *stenophylla* (Knaf) Metzel in Dostal	*Myosotis stenophylla*
Cerastium arvense L. f. *serpentini* Novák	*Cerastium arvense*
Sempervivum hirtum Juslen. subsp. *adenophorum* (Borb.) Jáv.	*Jovibarba globifera* subsp. *hirta (= Jovibarba hirta)*
Viola silvestris Lam. subsp. *serpentini* (Gáyer) Soó	*Viola reichenbachiana (= Viola „sylvestris“)*
Thymus humifusus Bernh. var. *castriferrei* (Borb.) Ronn.	*Thymus praecox*
Sorbus austriaca (Beck) Hedlund subsp. *serpentini* Kárp.	*Sorbus austriaca* subsp. *serpentini (*?)
Galium austriacum Jacq. subsp. *serpentinicum* Ehrendf. ap. Janchen	*Galium austriacum*
Senecio capitatus (Wahlenb.) Steudel subsp. *serpentini* (Gáyer) Cufod.	*Tephroseris integrifolia* subsp. (besser: var.) *serpentini*
Trifolium aureum Pollich var. *serpentini* Soó ap. Janch.	*Trifolium aureum*
Solanum Dulcamara L. f. *serpentini* (Borb. & Waisb.) Melzer ap. Janch.	*Solanum dulcamara*
Campanula rotundifolia L. var. *typica* Hruby subvar. *tenuissima* Borb. f. *serpentini* Hruby	*Campanula rotundifolia*
Myosotis silvatica (Ehrh.) Hoffm. subsp. *Gáyeri* Soó	*Myosotis sylvatica*

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

Mit *Dianthus* und *Tephroseris* sind immerhin zwei österreichische Endemiten (RABITSCH & ESSL 2009) vertreten. Serpentinmoose (*„stenoophiolithophile Moose"* nach GAMS 1975) fehlen gemäß ZECHMEISTER (2005) auch im Burgenland; einzelne Angaben zu Flechtenvorkommen gibt HAFELLNER (2001, 2004, 2006). Die Pilzflora gilt als wenig erforscht (vgl. HOLZNER 2006).

An dieser Stelle sei eine kurze terminologische Anmerkung eingeschoben (vgl. PUNZ 1995, 2004). Beginnend bei den Treuegraden der Pflanzensoziologie existiert eine Fülle von Klassifikationen, welche die vermutete Bindung von Pflanzen zu einem Parameter (in unserem Fall dem Substrat) begrifflich fassen wollen. So schreibt MALYUGA (1964) im Hinblick auf Schwermetallsubstrate von *„universalen"* und *„lokalen"* Indikatoren; DUVIGNEAUD & DENAYER DE SMET (1963; ergänzt von WILD 1968) stellen die *„Metallophyten"* den *„Metalloresistenten"* gegenüber. LAMBINON & AUQUIER (1964; präzisiert von ANTONOVICS et al. 1971) verfeinern das Begriffspaar (Eu-) Metallophyt *(„found only on metal contaminated soil"*) und Pseudometallophyt *(„taxa occuring both on contaminated soils and on normal soils in the same region"*) um die Untergliederungen *„absolute/local metallophytes"* einerseits und *„elective/indifferent/accidental pseudometallophytes"* andererseits. Die jüngste Einteilung (BAKER et al. 2010) spricht nunmehr von *„metallophytes" (obligate-facultative)* und *„associate species" (metal tolerant or non-metal-tolerant).* Die Schwierigkeit, den Zwischenbereich in der Catena von *„strict nonmetallophytes"* zu den *„obligate metallophytes"* terminologisch in den Griff zu bekommen, haben POLLARD et al. 2002 in eingängiger Weise illustriert. Bei Serpentinpflanzen ist die Präzisierung der Begrifflichkeit umso schwieriger, als es sich ja nicht um einen einzigen Bodenfaktor handelt (siehe nächster Abschnitt). Ob eine Beschränkung auf die Definition von ERNST et al. (1990: *„Metallophyten sind ... Pflanzen, welche eine Population in einer Umgebung mit erhöhtem Schwermetallgehalt aufrechterhalten können"*) oder gar GAMS (1966: *„Erzpflanzen ... sind ... Pflanzen, die besonders regelmäßig bzw. ausschließlich auf Unterlagen wachsen, welche ... Schwermetallelemente ... in großer Menge enthalten"*) nicht womöglich zielführender wäre?

An Serpentingesellschaften sind im Gebiet zwei Assoziationen vertreten. Auf den offenen Standorten findet sich das Armerio-Potentilletum arenariae BR.-BL. 1961 (MUCINA & KOLBECK 1993). Die Waldstandorte über Serpentin werden von WALLNÖFER (1993: 304) noch als Festuco ovinae-Pinetum EGGLER 1954 ausgewiesen; bei WILLNER & GRABHERR (2007) wird der burgenländische Serpentin-Rotföhrenwald (vorwiegend auf südexponierten Standorten auftretend: BALDAUF 2009) gemeinsam mit dem steirischen Serpentin-Rotföhrenwald unter dem Festuco eggleri-Pinetum sylvestris EGGLER 1954 corr. WALLNÖFER 1993 subsumiert (vgl. ERNST 1974, PUNZ & MUCINA 1997). Nicht restlos geklärt scheint die Frage der burgenländischen Serpentin-Schwarzföhrenwälder (ausführlich: JUSTIN 1993).

Gibt es einen Serpentinfaktor?

Kausalanalytisch werden unterschiedliche Faktoren als Hauptursache für das „Serpentinphänomen" (hiezu auch KINZEL & WEBER 1982) genannt. MUNTEAN (1987) listet folgende ökophysiologische Eigenheiten der steirischen und burgenländischen Serpentinstandorte gegenüber „Normalstandorten" auf:

Höhere durchschnittliche Bodentemperatur
Höhere Bodentemperaturspitzen (bis zu 12 Grad)
Veränderter Luft- und Bodentemperatur-Tagesgang
Höhere Boden- als Lufttemperatur mittags

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

Höhere Evaporationswerte
Höhere Beleuchtungsstärke
Höherer Skelettanteil des Bodens
Größerer Anteil an Grobkornfraktionen
Höherer Magnesiumgehalt
Höhere pH-Werte
Höhere Transpirationswerte (aber größere mittägliche Einschränkungen)
Höhere Blattsaugspannungswerte
Höhere Wassersättigungsdefizite
Geringere relative Luftfeuchtigkeit
Geringerer Gehalt an K,P,Ca
Geringerer Gehalt an organischer Substanz
Geringerer Wassergehalt aller Bodenschichten

Von einer *Mehrzahl* grundverschiedener *„Serpentinfaktoren, die ... von Ort zu Ort in wechselnder Verbindung und Auswahl wirken“* spricht bereits Krause (1958) unter Bezug auf Pichi-Sermolli (1948); insbesondere der lokal unterschiedliche Chemismus der Serpentine dürfte eine Hauptursache für das Fehlen von Gemeinsamkeiten im Sippenbestand der Serpentinophyten darstellen (vgl. Nestroy 1985).

Die an serpentinspezifische Stressbedingen angepassten pflanzlichen Eigenschaften („*traits*“) wurden von Jenny (1980) summarisch mit dem Begriff *„serpentine syndrome“* (vgl. Kruckeberg 1984) belegt; hierzu liegt eine vielfältige Literatur vor, welche an dieser Stelle nicht ausgeführt werden kann.

Die in der europäischen Literatur (Pichi-Sermolli 1948, Krause 1958, Ritter-Studnicka 1968) klassisch als *„Serpentinomorphosen“* bezeichneten Veränderungen (Nanismus, Stenophyllie, Plagiotropie, Glabreszenz, Glaukeszenz, Sukkulenz …) werden bis heute (Kruckeberg 2002) tradiert, sind aber wohl häufig nur modifikativ bedingt. Seit Ritter-Studnicka (1967, 1968,1969,1970,1971,1972 u.a.) scheint ein längerer Stillstand in den deskriptiven Disziplinen eingetreten zu sein; aus jüngerer Zeit liegen gleichwohl auch hier neuere Ergebnisse vor. (Die letzten Jahrzehnte der Serpentinforschung sind allerdings, anders als das Jahrhundert davor, angelsächsisch geprägt; exemplarisch: Proctor & Wooddell 1975, Baker et al. 1992, Roberts & Proctor 1992, Kruckeberg 1984, Brady et al. 2005, Harrison & Rajakaruna 2011). Weitere Untersuchungen zum Thema erscheinen dringend geboten.

Dank

Herrn Univ.-Prof. Dr. Manfred A. Fischer bin ich für seine Hinweise und freundliche Unterstützung zu tiefstem Dank verpflichtet; Herrn Univ.-Prof. DDr. Erich Hübl danke ich für die Durchsicht des Manuskripts und wertvolle Ratschläge.

Literatur

Aigner B., 2005: Untersuchungen zur Schwermetallverteilung in Metallophyten des Ostalpenraumes. Diss. Univ. Wien.

Antonovics J., Bradshaw A. D. & Turner R. G., 1971: Heavy metal tolerance in plants. Advances in Ecological Research 7, 1–85.

Baker A.J.M., Proctor J.& Reeves R.D. (eds), 1992: The vegetation of ultramafic (serpentine) soils. Intercept Ltd., Andover, United Kingdom, 253–277.

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

BAKER A. J. M., ERNST W. H. O., VAN DER ENT A., MALAISSE F. & GINOCCHIO A. R., 2010: Metallophytes – the unique biological resource, its ecology and conservational status in Europe, central Africa and Latin America. In: BATTY L. C. &HALLBERG K. B. (eds), Ecology of industrial pollution Cambridge University Press, 7–40.

BALDAUF M., 2009: Die Waldgesellschaften des Günser und des Bernsteiner Gebirges. Diplomarbeit Univ. Wien.

BORBÁS V., 1887: Geographia atque enumeratio plantarum comitatus Castriferrei in Hungaria. Szombathely.

BORBÁS V., 1910: A serpentinspirti bodorka. Kül. Term. Közl. 46, 65–73.

BRADY K. U., KRUCKEBERG A. R. & BRADSHAW Jr. H. D., 2005: Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst. 26, 243–66.

DUVIGNEAUD P. & DENAYER-DE SMET S., 1963: Cuivre et végétation au Katanga. Bull. soc. roy Bot. Belg. 96, 93–224.

EHRENDORFER F. (Hrsg.), 1973: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Fischer, Stuttgart.

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

ERNST W.H.O., SCHAT H. & VERKLEJ J.A.C., 1990: Evolutionary biology of metal resistance in *Silene vulgaris*. Evol. Trends Plants 4, 45–51.

FISCHER M., OSWALD K. & ADLER W., 2008 Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen Linz.

GAMS H., 1966: Erzpflanzen der Alpen. Jb. Ver. Schutz Alpenpfl. 31, 65–73.

GAMS H., 1975: Vergleichende Betrachtung europäischer *Ophiolith-Floren*. Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel (Zürich) 55, 117–140.

GAYER J., 1929: Die Pflanzenwelt der Nachbargebiete von Oststeiermark. Mitt. Naturw. Ver. Steiermark 64/65, 150–177.

GÖTZINGER M.A. & HUBER P. (red.), 2009: Die Mineralien des Burgenlandes. Amt der Landesregierung Eisenstadt.

HAFELLNER J., 2001: Bemerkenswerte Flechtenfunde in Österreich. Fritschiana 28, 1–30.

HAFELLNER J., 2004: Notes on *Scoliciosporum intrusum*. Fritschiana 49, 29–41.

HAFELLNER J., 2006: Lecideoid lecanoralean ascomycetes invading *Rhizocarpon* subgen. *Rhizocarpon* taxa, with special emphasis on crypto thalline species. Fritschiana 52, 31–48.

HARRISON S. & RAJAKARUNA N., 2011: Serpentine: The evolution and ecology of a model system. University of California Press.

HIMMELBAUER M.L., PUSCHENREITER M., SCHNEPF A., LOISKANDL W. & WENZEL W.W., 2005: Root morphology of *Thlaspi goesingense* HÁLÁCSY grown on a serpentine soil. J. Plant Nutr. Soil Sci 168, 138–144.

HOLZNER W. (red.), 2006: Entwicklung eines Konzeptes für ein Biodiversitäts-Monitoring in Österreich. Im Auftrag Lebensministerium Wien.

JANCHEN E., 1956ff. Catalogus Florae Austriae. Springer Wien.

JENNY, H., 1980: The soil resource: origin and behavior. Ecological Studies 37, 256–259.

JUSTIN Chr., 1993: Über bemerkenswerte Vorkommen ausgewählter Pflanzensippen auf Serpentinstandorten Österreichs, Sloweniens sowie der Tschechischen Republik. Linzer biol. Beitr. 25, 1033–1091.

KINZEL H. & WEBER M.,1982: Serpentinpflanzen In: KINZEL H. (Hg.) Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel, 381–410. Ulmer, Stuttgart.

KRÄMER U., SMITH R.D., WENZEL W.W., RASKIN I. & SALT D.E., 1997: The role of metal transport and tolerance in nickel hyperaccumulation by *Thlaspi goesingense* Hálácsy. Plant Physiol. 115, 1641–1650.

KRAUSE W., 1958: Andere Bodenspezialisten. In: RUHLAND W. (ed.) Handbuch der Pflanzenphysiologie IV. Die mineralische Ernährung der Pflanze, 755–806. Springer, Berlin.

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

Kruckeberg A.R., 1984: California Serpentines: Flora, Vegetation, Geology, Soils, and Management Problems. University of California Press, Berkeley.

Kruckeberg A.R., 2002: Geology and Plant Life: the effects of landforms and rock types on plants. University of Washington Press Seattle.

Lambinon J. & Auquier P., 1964: La végétation des terrains calaminaires de la Wallonie Septentrionale et de la Rhenanie Aixoise. Types chorologiques et groupes ecologiques. Natura mosana 16**,** 113–131.

Malyuga D.P., 1964: Biogeochemical Methods of Prospecting. Interscience Publ. New York.

Melzer H., 1964: Neues zur Flora von Niederösterreich und dem Burgenlande (V). Verh. Zool. bot Ges. 103/104, 182–190.

Mucina L. & Kolbeck J., 1993: Festuco-Brometea. In: Mucina L., Grabherr G. & Ellmauer Th. (Hg.) Die Pflanzengesellschaften Österreichs I. Anthropogene Vegetation, 420–492. Fischer, Jena.

Muntean H., 1977: Vegetation und Ökologie steirischer Serpentinstandorte. Diss. Univ. Graz.

Nestroy O., 1985: Beiträge zur Kenntnis der Wechselbeziehungen zwischen Vegetation und Böden. Verh. Zool.-Bot. Ges. 123, 199–204.

Pichi-Sermolli R.E.G., 1948: Flora e vegetazione delle serpentine e delle altre ofioliti dell'alta valle del Tevere (Toscana). Webbia 6, 1–380.

Pollard A.J., Powell K.D., Harper F.A. & Smith J.A.C., 2002: The genetic basis of metal hyperaccumulation in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 21, 539–566.

Proctor J. & Woodell S.R.J., 1975: The ecology of serpentine soils. Adv. ecol. Res. 9, 255–366.

Punz W., 1988: Standorte von Schwermetallvegetation in Österreich. Symposium Synanthropic Flora and Vegetation V (Martin/CSSR): 209–219.

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

Punz W., 1994: Schwermetallstandorte im Mittleren Alpenraum – Neue Befunde. Verh. Zool.-Bot. Ges. 131, 1–26.

Punz W., 1995: Metallophytes in the Eastern Alps. With special emphasis on higher plants growing on calamine and copper localities. Phyton 35, 295–309.

Punz W., 1999: Kartierung von Schwermetallbiotopen im Ostalpenraum. Sauteria 10, 61–76.

Punz W., 2004: Von den Erzpflanzen zu den Metallophyten. Jahrbuch Geol Bundesanstalt 144,101–104.

Punz W., 2008: Schwermetallstandorte und deren Vegetation im Land Salzburg. Sauteria 16, 375–378.

Punz W. & Maier R., 1995: Vorkommen und Anpassungsstrategien von Schwermetallpflanzen im Raum Kärnten. Carinthia SH 53, 112–114.

Punz W. & Schinninger R., 1995: Metallophytes in the South-Eastern Alps. Acta Pharmaceutica 45, 187–190.

Punz W. & Mucina L., 1997: Vegetation on anthropogenic metalliferous soils in the Eastern Alps. Folia geotax. geobot. 32, 283–295.

Punz W., Kovacs G., Mauthner G., Sapelza W., Ulrich S.M., Wieländer B. & Wieshofer I., 1990a: Zur Ökologie und Ökophysiologie der Vegetation im Bereich des Bergbaugebietes St.Martin am Schneeberg im Passeier. Mit einem Beitrag von Gintenreiter S. & Vogel W. Der Schlern 64(9), 480–515.

Punz W., Schinninger R. & Engenhart M., 1990b: Floristische Bearbeitungen von Schwermetallstandorten in der Steiermark – Eine Übersicht. Mitt. naturw. Ver. Steiermark 120, 291–297.

Punz W., Aigner B., Sieghardt H., Justin Ch. & Zechmeister H. 2010: Chalkophyten im Burgenland. In: 10. Tagung der ATSPB (Illmitz) Tagungsband.

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

RABITSCH W. & ESSL F., 2009: Endemiten. Kostbarkeiten in Österreichs Pflanzen- und Tierwelt. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten & Umweltbundesamt. Klagenfurt & Wien.

RITTER-STUDNICKA H., 1967: Über die Glaukeszenz an Serpentinpflanzen. Österr. bot. Z. 114, 101–114.

RITTER-STUDNICKA H., 1968: Die Serpentinomorphosen der Flora Bosniens. Bot. Jahrb. 88, 443–465.

RITTER-STUDNICKA H., 1969: Über die Flora bosnischer und toskanischer Serpentinvorkommen. Mitt. ostalp.-din. pflanzensoziol Arbeitsgem. (Camerino) 9, 71–77.

RITTER-STUDNICKA H., 1970: Hydraturverhältnisse bei Serpentinpflanzen. Bull.sci.Sect.A 15, 394–395.

RITTER-STUDNICKA H., 1971: Zellsaftanalysen zum Problem der Serpentinvegetation. Österr. Bot. Z. 119, 410–413.

RITTER-STUDNICKA H., 1972: Die erhöhte Sukkulenz bei Serpentinpflanzen. Phyton 14, 239–249.

ROBERTS B.A. & PROCTOR J., 1992: The ecology of areas with serpeentinized rocks. A world view. Kluwer Acad Publishers Dordrecht.

SCHÖNLAUB H.P. (Hg.), 2000: Burgenland. Geologische Bundesanstalt Wien.

SOÓ R., 1934: Vasmegye szociológiai és florisztikai növényföldrajzához. Zur soziologischen und floristischen Pflanzengeographie des Komitates Vas in Westungarn. Folia Sabariensia 1/2, 105–134.

STEINHAUSER G., ADLASSNIG W., LENDL TH., PEROUTKA M., WEIDINGER M., LICHTSCHEIDL I.K. & BICHLER M., 2009: Metalloid contaminated microhabitats and their biodiversity at a former antimony mining site in Schlaining, Austria. Open Environmental Sciences 3, 26–41.

WALLNÖFER S., 1993: Vaccinio-Piceetea. In: MUCINA L., GRABHERR G. & WALLNÖFER S. (Hg.) Die Pflanzengesellschaften Österreichs III. Wälder und Gebüsche. Fischer Jena, 283–337.

WENDELBERGER G., 1974: Die Serpentinpflanzenvorkommen des Burgenlandes in ihrer pflanzengeographischen Stellung. Wiss. Arb. Bgld 53, 5–20.

WENZEL W.W. & JOCKWER F., 1999: Accumulation of heavy metals in plants grown on mineralised soils of the Austrian Alps. Environmental Pollution 104, 145–155.

WENZEL W.W., BUNKOWSKI M., PUSCHENREITER M. & HORAK O., 2003: Rhizosphere characteristics of indigenously growing nickel hyperaccumulator and excluder plants on serpentine soil. Environmental Pollution 123, 131–138.

WILD H., 1970: Geobotanical anomalies in Rhodesia. 3. The vegetation of nickel-bearing soils. Kirkia 7 (Suppl.), 1–70.

WILLNER W. & GRABHERR G. (Hg.), 2007: Die Wälder und Gebüsche Österreichs. Elsevier Amsterdam.

ZECHMEISTER H.G., 2005: Die Moosflora der Serpentinrasen im Burgenland. Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 142, 9–15.

Manuskript eingelangt: 2010 12 18

Anschrift:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Wolfgang PUNZ, E-Mail: wolfgang.punz@univie.ac.at, Mag. Dr. Bettina AIGNER bettina.aigner@univie.ac.at, Univ.-Prof. Dr. Helmuth SIEGHARDT, E-Mail: helmuth.sieghardt@univie.ac.at, Departement für Molekulare Systembiologie, Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien, 1090 Wien, Althanstraße 14.

Univ.-Doz. Mag. Dr. Harald ZECHMEISTER, E-Mail: harald.zechmeister@univie.ac.at, Christoph JUSTIN, Department für Naturschutzbiologie, Vegetations- und Landschaftsökologie; Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien, Rennweg 14, 1030 Wien.

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: 2010

Band/Volume: 147

Autor(en)/Author(s): Punz Wolfgang, Aigner Bettina, Sieghardt Helmuth, Justin Christoph, Zechmeister Harald Gustav

Artikel/Article: Serpentinophyten im Burgenland 83-92