

## Das *Armerietum halleri* Libbert 1930 aus dem Tal der Innerste am Nordrand des Harzes\*

Richard POTT und Michael HELLOWIG

4 Abbildungen und 1 Tabelle

### Abstract

POTT, R.; HELLOWIG, M.: The *Armerietum halleri* Libbert 1930 from the river valley of the Innerste on the northern boundary of the Harz Mountains. – *Hercynia N.F.* 40 (2007): 245–255.

In the Harz Mountains former mining has caused extreme heavy metal pollution in the river alluvials discharging from metallic ores or mining areas. Polymetallic soils developed since medieval times, when mining activities started in the 13<sup>th</sup> century. These metallic soils only allow for the growth of some specialised metal-tolerant plant species and heavy metal plant communities, like *Armerietum halleri*. In the river valley of the Innerste near Hildesheim there are fine examples of typical vegetation on metal enriched river sediments. Some glacial relics belonging to the genus of *Armeria*, *Silene* and *Minuartia* compound the characteristic species – pool of the endemic *Armerietum halleri*-community in Central Europe.

*Key words:* Harz, Innerste-River valley, heavy metal contamination, plant community, *Armerietum halleri*

## 1 Einleitung

Die europäisch-west-sibirischen Schwermetallrasen und grasreichen Galmei-Pflanzengesellschaften mit ihren chalkophytischen, schwermetalltoleranten Pflanzentypen sind für Mitteleuropa gut untersucht und dokumentiert. Besonders die allgemeinen syntaxonomischen Zusammenfassungen zu den Grünlandgesellschaften von Hartmut DIERSCHKE (1990–1997), DIERSCHKE & BRIEMLE (2002) sowie die speziellen standortkundlichen Arbeiten von Wilfried ERNST (1965a, 1965b, 1974 und 1976) sowie ERNST et al. (2004) belegen ihre biogeographische, pflanzensoziologische und synökologische Stellung auf den seltenen Schwermetallböden mit hohen Anteilen an Zink, Kupfer, Blei, Nickel, Kobalt, Cadmium und Chrom. Durch Synevolution und Speziation ist hier ein hoher Anteil an endemischen Pflanzentypen entstanden, die wir als Galmeipflanzen (Galmei =  $ZnCO_3$ ) bezeichnen. Die charakteristische Artenkombination von Schwermetallrasen oder Galmeigesellschaften besteht aus toleranten Ökotypen, die sich auch morphologisch meist im Rang von Unterarten von den Normal- oder Ausgangssippen unterscheiden. Neoendemismus durch Artenseparation ist dabei die vorherrschende evolutive Ursache (BAUMBACH 2005, POTT 2005, BAUMBACH et al. 2007, POTT & HÜPPE 2007). Das wollen wir für die endemische Rasengesellschaft des *Armerietum halleri* von den schwermetallhaltigen Böden des nördlichen Harzvorlandes beschreiben.

Schwermetallhaltige Gesteine werden seit prähistorischer Zeit vom Menschen genutzt und abgebaut. Seit dem 13. Jahrhundert kennen wir gewerblich-industriell betriebene und geschaffene Erzbergbaustandorte mit Schachtanlagen und Schlackenhalde, wo an ursprünglichen und sekundären waldfreien Standorten die schwermetallresistenten oder -toleranten Chalko- oder Metallophyten wachsen konnten. Im Umfeld des Harzes sind solche Standorte recht häufig: Bekannt sind beispielsweise die schwermetallhaltigen Böden des Mansfelder Raumes im östlichen Harzvorland und die Schwermetallrasenvorkommen am Rammsberg bei Goslar sowie im Oker- und Innerste-Tal im nördlichen Harzvorland. Hier wachsen speziell

\* gewidmet meinem langjährigen Freund und Kollegen Hartmut Dierschke zum 70. Geburtstag mit allen guten Wünschen: Ad multos annos!

angepasste Metallophyten in charakteristischen Pflanzengesellschaften an den Harzflüssen auf den metallkontaminierten Sedimenten, den sogenannten „Pochsand“ flussabwärts weit bis in das Harzvorland. An der Innerste bei Grasdorf, etwa 18 Kilometer südöstlich von Hildesheim finden wir in der Talaua des Flusses auf einer Fläche von etwa 20 Hektar eine mehr als 10.000 Individuen umfassende Population der bekannten endemischen Schwermetallpflanze *Armeria maritima* ssp. *halleri* (Abb. 1). Sie bildet vor Ort die größte Population an ihrer westlichen Arealgrenze. Flussabwärts werden solche Populationsgrößen nicht mehr erreicht (NOWAK & PREUL 1971, MÜLLER 1993).



Abb. 1 *Armeria maritima* ssp. *halleri* in der Aue der Innerste bei Grasdorf

Fig. 1 *Armeria maritima* ssp. *halleri* in the Innerste-river valley near Grasdorf

Zusammen mit weiteren Schwermetallpflanzen wie *Minuartia verna* ssp. *hercynica*, *Cardaminopsis halleri* und *Silene vulgaris* var. *humilis* kennzeichnen diese Metallophyten die Assoziation des *Armerietum halleri* Libbert 1930, welche zuerst von W. LIBBERT (1930, 1937) beschrieben wurde (s. ERNST 1974, POTT 1995, VERKLEJI et al. 1989, ERNST et al. 2000). Nach ERNST (1974) besitzt diese Pflanzengesellschaft nur ein sehr kleines Verbreitungsareal in Mitteleuropa von den schwermetallhaltigen Sanden der Innerste und Oker im nördlichen Harzvorland durch den Harz, die Mansfelder Mulde, die Saalehöhen bei Könnern und Wettin bis nach Polen, wo es noch fragmentarisch ausgebildete Bestände des *Armerietum halleri* bei Bolesław und Olkűsz nordwestlich von Krakau gibt. Demnach befinden sich die Schwermetallrasen der Innerste an ihrer westlichen Arealgrenze in Europa. Das belegen auch die Verbreitungskarten von *Armeria maritima* ssp. *halleri* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* für den niedersächsischen Raum (HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1989, GARVE 1994). Die westeuropäischen Schwermetallrasen der Klasse *Violetea calaminariae* Br.-Bl. et al R. Tx. 1943 werden derzeit in zwei syntaxonomisch differenzierte Verbände getrennt, zunächst den *Thlaspion calaminariae*-Verband Ernst 1965 mit den Pflanzengesellschaften des *Violetum calaminariae* Schwickerath 1931 und des *Minuartio-Thlaspietum alpestris* K. Koch

1932. Diese sind bekannt von den zinkreichen Standorten Belgiens, Hollands sowie aus Westfalen bei Blankenrode nahe Paderborn (POTT 1995, 1996). Auch sie enthalten die Metallophyten *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und *Silene vulgaris* var. *humilis*, sind aber durch die Lokalendemiten *Armeria maritima* ssp. *calaminaria* und die gelbblühende *Viola calaminaria* in Aachen bzw. die violette *Viola guestphalica* in Blankenrode differenziert (Abb. 2). Der Armerion halleri-Verband W. Ernst 1965 umfasst die Galmeigrasnelken-Gesellschaften des Harzurfeldes und weist in seinem biogeographischen Spektrum stärkere verwandliche Beziehungen für den Rasensteppen der Festucetalia valesiacae auf (POTT 1995). Das Armerietum halleri Libbert 1930 ist dessen Zentralassoziation, denn die Grasnelke *Armeria maritima* ssp. *halleri* teilt sich in zahlreiche Neoendemiten, wie *Armeria bottendorffensis* auf der Bottendorfer Höhe an der Unstrut unterhalb von Artern und *Armeria hornburgensis* bei Eisleben am südöstlichen Harzrand (SCHULZ 1912, SCHUBERT 1953/54).



Abb. 2 *Viola calaminaria* (gelb) und *Viola guestphalica* (violett) sind lokale Endemiten

Fig. 2 *Viola calaminaria* (yellow) und *Viola guestphalica* (violet) are local endemits

## 2 Entstehung der Schwermetallbelastungen

Erste bergbauliche Aktivitäten sind für die Harzregion schon seit der Spätantike bekannt (vgl. KLAPPAUF 1993). Sie sind der Ausgangspunkt für die anthropogenen Schwermetallkontaminationen im Harz und Harzvorland. Erzbergbau in umfangreicherem Maße ist für diese Region seit dem Hochmittelalter urkundlich nachgewiesen (vgl. HAMM 1989, HAASE 1986).

Die Schwermetallbelastungen an der Innerste sind durch die Aufbereitung und Verarbeitung der metallhaltigen Gesteine in den sogenannten „Pochwerken“ entstanden. Die Gesteine wurden dort zunächst mechanisch zerkleinert, durch Abschwemmung konzentriert und das so gewonnene Roherz in Windöfen geschmolzen. Auf diese Weise entstanden unter anderem Bleistein, Werkblei und schließlich Feinblei. Die Pochwerke wurden immer in unmittelbarer Nähe von Harzflüssen wie beispielsweise der Oker, Grane und auch der Innerste angesiedelt, damit man die Wasserkraft für die Zerkleinerung der erzhaltigen Gesteine nutzen konnte. Zudem wurde das Flusswasser für die Trennung von metallhaltigen und nichtmetallhaltigen

gen Bestandteilen benötigt. Dieser Trennungsprozess war jedoch nur unzureichend, und in den nicht mehr verwertbaren Abfallprodukten der Metallaufbereitung – den sogenannten „Pochsanden“ – waren zum Teil noch erhebliche Mengen an Zink, Blei, Cadmium und Kupfer enthalten. Die Pochsande wurden immer in Nähe der Flüsse auf Halde gelegt, wo sie durch Hochwasserereignisse in die Flüsse geschwemmt und flussabwärts verdriftet wurden. Auf diese Weise gelangten im Laufe von Jahrhunderten große Mengen an Schwermetallen in die Flüsse und Auen des Harzvorlandes. Historische Quellen belegen, dass es im Innerstetal sowie in einigen anderen Harztälern bereits um 1350 fünfundzwanzig Pochwerke gab (vgl. HARENBERG 1968). Die fortschreitende Belastung der Talaue der Innerste mit Schwermetallen führte zu schwerwiegenden Interessensgegensätzen zwischen den Bergmännern des Harzes und den Bauern des Innerstetals, denn auf den unmittelbar am Fluss gelegenen Wiesen, Weiden und Feldern kam es nach Hochwasserereignissen immer wieder zur Ablagerung von schwermetallhaltigen Sedimenten, die regelmäßig zu Viehvergiftungen und Ernteausfällen führten. Um die Ertragseinbußen der Bauern zu mindern, wurde die Innerste schon im Mittelalter zum Teil begradigt und eingedeicht.

Mit zunehmender Schwermetallbelastung im Flusstal wurden vermehrt Standorte für die hochspezialisierten Metallophyten geschaffen, so dass diese sich entlang der Innerste ausbreiten konnten. Bereits 1792 erwähnte CRAMER in seiner Abhandlung „*Physische Briefe über Hildesheim und dessen Gegend*“ Wuchsorte von Metallophyten wie *Armeria maritima* ssp. *halleri* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* für das Innerstetal. Erstmals wissenschaftlich wurden die Schwermetallpflanzen an der Innerste von MEYER (1822) untersucht. Da Schwermetalle biologisch nicht abbaubar sind, haben die Umweltbelastungen an der Innerste bis heute nichts an ihrer Aktualität verloren. Immer wieder berichtet die Presse über Ereignisse, die mit den Schwermetallbelastungen in Zusammenhang stehen.

So sind die Vorkommen des *Armerietum halleri* im Innerste-Tal recht stabil und vor Gehölzaufwuchs, wie wir ihn öfters an anderen Schwermetall-Sekundärstandorten finden, geschützt.

### 3 Floristisch-soziologische Differenzierung der Schwermetallrasen

Die *Armeria maritima* ssp. *halleri*-Rasen im nördlichen Harz-Vorland an Oker und Innerste üben auf den Betrachter einen besonderen Reiz aus (Abb. 3): Schon im zeitigen Frühjahr Anfang April sind die kleinen weißen Blütensterne von *Minuartia verna* ssp. *hercynica* zu sehen. Kurz darauf gesellen sich die auffälligen violett-purpuren Blüten von *Armeria maritima* ssp. *halleri* dazu. Im Mai beginnt *Silene vulgaris* var. *humilis* in ihrem zarten Habitus weiß zu blühen. Dieser Aspekt hält den ganzen Sommer über an und klingt erst im Spätherbst aus. Nach ERNST (1965a) gibt es keine andere Rasengesellschaft, in der die Charakterarten eine so lange Blühperiode haben.

Zu den weiteren metallophytischen Kennarten dieser Pflanzengesellschaft gesellen sich als wichtige stetige Begleiter: *Arenaria serpyllifolia*, *Linum catharticum*, *Euphrasia stricta*, *Leontodon hispidus* und *Hieracium pilosella* sowie eine ganze Reihe von Kryptogamen, von denen die erdbewohnenden Flechten *Cladonia portentosa*, *Cladonia rangiformis*, *Cladonia chlorophaea* und das Erdmoos *Bryum pallens* dominieren. Alle diese Pflanzen und Kryptogamen zeigen stickstoffarme Standorte an, wenn wir sie nach den Zeigerwerten von ELLENBERG (1992) beurteilen, zum Teil sind sie sogar selten (HAUCK, 1992). Als weitere Magerkeitszeiger des Bodens sind zu nennen: *Thymus pulegioides*, *Pimpinella saxifraga*, *Campanula rotundifolia*, *Ophioglossum vulgatum* und *Molinia caerulea*, wobei letztere auf wechselfeuchte Böden hindeutet.

Aus der Vegetationstabelle (Tab. 1, im Anhang) wird die synökologische Gliederung des *Armerietum halleri* von der Innerste sichtbar: Die *Molinia caerulea*-Ausbildung der Gesellschaft (Nr. 1–4) ist physiognomisch durch die auffälligen Bestände des Pfeifengrases gekennzeichnet. Sie ist an Störstellen mit starken Grundwasserschwankungen von mehr als 30 Zentimetern pro Jahr im Talauenbereich der Innerste ausgeprägt.

Die typische Gesellschaftsausprägung (Nr. 5–11) ist durch das weitgehende Fehlen von *Molinia caerulea* negativ charakterisiert und findet sich gelegentlich sogar auf regelmäßig gemähten Flächen, beispielsweise



Abb. 3 *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und *Armeria maritima* ssp. *halleri* kennzeichnen das Armerietum *halleri*

Fig. 3 *Minuartia verna* ssp. *hercynica* and *Armeria maritima* ssp. *halleri* are characteristic species of the Armerietum *halleri*

se auf dem Sportplatz der Gemeinde Grasdorf, der mehrfach an diesen Stellen im Jahr geschnitten wird (HELLWIG 1996, 1998). Dadurch wird *Molinia caerulea* allmählich verdrängt. Diese Art treibt spät im Jahr aus und beginnt erst im Juli zu blühen, dementsprechend sterben ihre Sprosse auch erst im Spätherbst ab. Das bedeutet, dass ihre wertvollen Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Vorräte und Spurenelemente erst vergleichsweise spät im Jahresverlauf in die Sprossbasen und Wurzelsysteme retransloziert werden und deshalb drängt eine vorzeitige Mahd im Sommer das Pfeifengras rasch zurück und kann es sogar zum Verschwinden bringen. Die Schwermetallpflanzen dagegen vertragen eine mehrmalige Mahd im Jahr offensichtlich sehr gut. Besonders *Armeria maritima* ssp. *halleri* scheint recht unempfindlich zu sein und wird durch Mahd gefördert, denn ihr polsterartiger Rosettenwuchs verhindert den zu hohen Verlust an Assimilationsgewebe durch die Schermesser. Ihre Blüten werden zwar durch die Mahd erfasst, doch infolge der ungewöhnlich langen Blühperiode sprießen sofort neue Blüten aus der Rosette hervor, so dass genügend Diasporen für Reproduktionszwecke gebildet werden. Man kann nach erfolgter Mahd sogar beobachten, dass es zur sekundären, vermehrten Blütenbildung kommt und sich die Blühperiode von *Armeria maritima* ssp. *halleri* dadurch zeitlich enorm bis in den Herbst verlängert. Auch die prostraten niederwüchsigen Schwermetallpflanzen *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und *Silene vulgaris* var. *humilis* können eine Mahd ebenfalls gut überstehen und reagieren genauso wie *Armeria maritima* ssp. *halleri* (HELLWIG 2002).

In der typischen Gesellschaftsausprägung haben die Kryptogamen ihr Optimum in den Vegetationslücken zwischen den Gefäßpflanzen: Die *Cladonia*-Arten erreichen teilweise hohe Deckungsgrade und bestimmen die Physiognomie der bodennahen Vegetationsdecke. Das betrifft vor allem *Cladonia portentosa* und *C. chlorophaea*. Die geringmächtigen Oberböden sind schwach sauer bis schwach alkalisch, stichprobenhafte pH-Messungen im wässrigen Auszug ergaben Werte von pH 6 bis pH 7 – ähnlich wie es DANIELS & GERINGHOFF (1994) auch von schwermetallreichen Böden der Briloner Hochfläche im Sauerland berichten.

Das lückige Erscheinungsbild der typischen Gesellschaftsausprägung weicht zugunsten eines „grünere Wiesencharakters“ im nährstoffreicheren Gesellschaftsflügel (Nr. 12–15): *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und *Silene vulgaris* var. *humilis* fehlen dieser Einheit, dafür treten Wiesenarten wie *Trifolium repens*, *Rumex acetosa* und *Plantago lanceolata* stärker hervor. Diese entsprechend der von ERNST (1974) aufgestellten Subassoziation *Armerietum halleri* plantaginetosum. ERNST (1974) unterscheidet ohnehin innerhalb des *Armerietum halleri* mehrere Subassoziationen und Varianten: Neben einer flechtenreichen Subassoziation, die im vorliegenden Fall dem Typ der Gesellschaft entspricht, wird vor allem eine *Cardaminopsis halleri*-reiche Subassoziation für bodenfeuchte Bereiche differenziert. Diese lässt sich im Innerste-Tal nicht nachweisen oder belegen (HELLWIG 1996, 2003). Ferner führt ERNST (1974) eine thermophile Vikariante des *Armerietum halleri* für das Hauptareal dieser Pflanzengesellschaft im Mitteldeutschen Trockengebiet an, gekennzeichnet durch *Scabiosa ochroleuca*, *Seseli annuum* und *Eryngium campestre*, die hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden soll.

#### 4 Schwermetallgehalte der Böden

Die sulfidhaltigen Erze des Harzes enthalten Bestandteile von Arsen, Cadmium, Kobalt, Kupfer, Gold, Eisen, Mangan, Silber, Zinn, Thallium, Zink und einige andere in verschiedenen Kombinationen und Konzentrationen. Sie haben einen größeren Einfluss auf die Vegetation als der Schwefelgehalt des Bodens. Besonders die oberen Bodenschichten an der Innerste sind wegen des schwermetallhaltigen Abraums reich an den oben genannten Schwermetallkationen. Viele der schwermetallresistenten Pflanzengruppen sind Glazialrelikte; andere haben sich seit den Eiszeiten neu evolviert, denn ihre toxischen metallhaltigen Substrate bleiben auch im Verlauf der nacheiszeitlichen Wiederbewaldung immer als kleine baumfreie Inseln mit metallresistenten Gräsern und Kräutern erhalten. Diese wiesen schon dem prähistorischen Menschen in der Bronzezeit den Weg zu den gesuchten Metallen. Ihre spezielle Zeigereigenschaft kannte man aber erst im Mittelalter und der Arzt und Botaniker THALIUS beschrieb 1588 einige dieser Arten als spezielle Metallindikatoren für die Harzgesteine. Auch *Armeria maritima* ssp. *halleri*, *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und *Silene vulgaris* var. *humilis* werden als Glazialrelikte angesehen (Abb. 4). Ihre taxonomische Stellung als Neoendemiten ist jedoch noch umstritten (VEKEMANS et al. 1996); allerdings nicht ihre Schwermetalltoleranz, besonders für Cadmium, Kupfer, Kobalt, Mangan und Zink (GRIES 1966, SIMON 1978, ERNST et al. 2000, ERNST 2003). Viele andere Arten auf den schwermetallhaltigen Böden besitzen weitere ökologische Amplituden. Hier sind vor allem die Gräser *Agrostis capillaris*, *A. tenuis* und *Festuca ovina* zu nennen (GREGORY & BRADSHAW 1964).

Die Kupfer-, Zink- und Bleigehalte sind in den untersuchten Bodenproben des *Armerietum halleri* von der Innerste signifikant höher als bei den benachbarten untersuchten Pflanzengesellschaften. ERNST et al. (2004) geben beispielsweise Konzentrationen von Cadmium in Höhe von 107 mg pro Kilogramm Trockensubstanz in den Schwermetallrasen der benachbarten Oker, Kupferanteile in Höhe von 985 mg pro Kilogramm Trockensubstanz und in gleichen Bezugsgrößen für Eisen 3021 mg, Mangan 1428 mg, Blei 5284 mg und Zink mit 5284 Milligramm pro Kilo Trockensubstanz an.

#### 5 Anpassungen der Schwermetallpflanzen

Metallophyten sind ausschließlich an Standorten mit erhöhten Schwermetallgehalten im Boden anzutreffen, während die anderen Pflanzenarten in dem Schwermetallrasen als sogenannten Ökotypen mit spezifischen physiologischen Eigenschaften nur fakultativ an solchen Standorten leben.

Die biologische Relevanz von Schwermetallen für pflanzliche Organismen sind vielfältiger Art. Zum einen sind Metalle, wie Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Kobalt und Molybdän, essentielle Pflanzennährstoffe. Ohne diese Elemente im Boden stellen sich Mangelerscheinungen ein. Andere Schwermetalle, wie Cadmium, Arsen, Uran, Blei, Chrom, Quecksilber und Silber, haben keine physiologische Funktion. Diese Gruppe von Schwermetallen, aber auch die essentiellen Schwermetalle, können in spezifischen Konzen-



Abb. 4 *Minuartia verna* ssp. *hercynica* ist ein konkurrenzschwaches Glazialrelikt. Dieses nicht mykorrhizierte Nelkengewächs aus der Familie der Caryophyllaceae wächst vielerorts in Europa auf Schwermetallböden an Offenstandorten.

Fig. 4 *Minuartia verna* ssp. *hercynica* is a glacial relic. This non-mycorrhized species of the Caryophyllaceae is widespread in Europe on metal-enriched soils on open grounds.

trationen toxisch wirken. Äußerlich können solche Vergiftungen bei Pflanzen als Chlorosen, Nekrosen oder auch durch missgebildete Wuchsformen wahrgenommen werden (LARCHER 1994).

Auf zellulärer Ebene beruhen die toxischen Wirkungen von Schwermetallen auf einer Hemmung von lebenswichtigen Enzymen. Dies führt zu einer Herabsetzung des Stoffwechsels bis hin zu dessen Zusammenbruch. Außerdem können Schwermetalle die lebensnotwendigen Elektronentransportketten der Atmung und der Photosynthese schädigen, was zu niedrigeren Energiestoffwechselraten führen kann. Die Giftigkeit der Schwermetalle beruht auf ihrer chemischen Eigenschaft, Komplexverbindungen einzugehen. Aufgrund dieser Eigenschaft deaktivieren sie viele unabdingbare Stoffwechselwege, indem sie biologisch wichtige Moleküle an sich binden und auf diese Weise natürliche Reaktionsketten im Organismus unterbrechen.

Pflanzen, die wie Metallophyten über eine deutlich höhere Schwermetalltoleranz bzw. -resistenz verfügen, besitzen spezielle Anpassungen an erhöhte Schwermetallkonzentrationen und können deshalb bevorzugt an schwermetallbelasteten Standorten existieren. Nach KINZEL (1982) und LARCHER (1994) sind bei Metallophyten folgende Anpassungen an erhöhte Schwermetallgehalte nachgewiesen worden:

Die Wurzel kann als physiologischer Filter die Schwermetallaufnahme vermindern. Vor den Durchlasszellen des Casparystreifens sind erhöhte Schwermetallkonzentrationen festgestellt worden; dadurch wird die Bildung von schwerlöslichen, physiologisch inaktiven Schwermetallsalzen gefördert. Schwermetalle können vor allem durch Pektine in der Zellwand gebunden und dadurch immobilisiert werden. Des Weiteren ist eine erschwerte Permeation durch Zellmembranen für bestimmte Schwermetalle beobachtet worden. Auch hier dürfte es sich um einen physiologischen Filtermechanismus handeln. Im Cytoplasma der Zellen sind bei Metallophyten zudem vermehrt chelatbildende Proteine und schwefelhaltige Polypeptide festgestellt worden, die Schwermetalle inaktivieren können.

Metallophyten können ebenfalls verstärkt Schwermetalle in ihren Zellvakuolen einlagern. Dort bilden sie stabile Komplexe mit organischen Säuren, Glycosiden und Phenolderivaten. Dies scheint ein weiterer wichtiger Entgiftungsmechanismus zu sein, da auf diese Weise gebundene Schwermetalle nicht mehr einen unmittelbaren Einfluss auf den pflanzlichen Stoffwechsel haben. Die überdurchschnittlich hohen Malatgehalte vieler Metallophyten sprechen dafür, dass diese Entgiftungsweise weit verbreitet ist. Des Weiteren werfen viele Metallophyten stark schwermetallbelastete Blätter vorzeitig ab, und auf diese Weise wird der Gesamtgehalt an Schwermetallen im Organismus verringert.

## 6 Zusammenfassung

POTT, R.; HELLWIG, M.: The *Armerietum halleri* Libbert 1930 aus dem Tal der Innerste am Nordrand des Harzes. – *Hercynia N.F.* **40** (2007): 245-255.

Im Harz und seiner Umgebung werden schwermetallhaltige Gesteine seit prähistorischer Zeit genutzt und abgebaut und seit dem 13. Jahrhundert gewerblich-industriell genutzt. Solche Erzbergbaustandorte sind reich an schwermetallresistenten oder -toleranten, meist endemischen Chalko- oder Metallophyten. Diese wachsen dort in charakteristischen Pflanzengesellschaften, aber auch auf metallkontaminierten Sedimenten an den Harzflüssen bis weit in das Harzvorland. An der Innerste bei Grasdorf, südöstlich von Hildesheim, finden wir in der Talaue des Flusses eine mehr als 10.000 Individuen umfassende Population von *Armeria maritima* ssp. *halleri* an ihrer westlichen Arealgrenze, die zusammen mit *Minuartia verna* ssp. *hercynia* und *Silene vulgaris* var. *humilis* als weitere endemische Metallophyten die Pflanzengesellschaft des *Armerietum halleri* aufbauen.

## 7 Literatur

- BAUMBACH, H. (2005): Genetische Differenzierung mitteleuropäischer Schwermetallsippen von *Silene vulgaris*, *Minuartia verna* und *Armeria maritima* unter Berücksichtigung biogeographischer, montanhistorischer und physiologischer Aspekte. – *Diss. Bot.* **398**: 1-128.
- BAUMBACH, H.; VOLKSMANN, H.K.M.; WOLKERSDORFER, C. (2007): Schwermetallrasen auf Hüttenstäuben am Weinberg bei Hettstedt-Burgörner (Mansfelder Land) – Ergebnis jahrhundertelanger Kontamination und Herausforderung für den Naturschutz. – *Hercynia N.F.* **40**: 87-109.
- CRAMER, J.A. (1792): Physische Briefe über Hildesheim und dessen Gegend. – Faksimile der Ausgabe von 1792, Gerstenberg-Verlag, Hildesheim 1976.
- DANIELS, F.J.A.; GERINGHOFF, H. (1994): Pflanzengesellschaften auf schwermetallreichen Böden der Briloner Hochfläche, Sauerland. – *Tuexenia* **14**: 143-150.
- DIERSCHKE, H. (1990): Syntaxonomische Gliederung des Wirtschaftsgrünlandes und verwandter Gesellschaften (*Molinio-Arrhenatheretea*) in Westdeutschland. – *Ber. Reinhold-Tüxen-Ges.* **2**: 83-89.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie – Grundlagen und Methoden. – Ulmer, Stuttgart.
- DIERSCHKE, H. (1995): Syntaxonomical survey of *Molinio-Arrhenatheretea* in Central Europe. – *Colloq. Phytosociol.* **23**: 387-399.
- DIERSCHKE, H. (1996): Syntaxonomische Stellung von Hochstauden-Gesellschaften, insbesondere aus der Klasse der *Molinio-Arrhenatheretea*. – *Ber. Reinhold-Tüxen-Ges.* **8**: 145-157.
- DIERSCHKE, H. (1997): Pflanzensoziologisch-syntaxonomische Stellung des Xerotherm Graslandes (*Festuco-Brometum*) in Mitteleuropa. – *Phytocoenologia* **27/ 2**: 127-140.
- DIERSCHKE, H.; BRIEMLE, G. (2002): Kultur-Grasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. – In: POTT, R. (Hrsg.): Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. – Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – *Scripta Geobotanica*, 2. Aufl., Göttingen.
- ERNST, W.H.O. (1965a): Ökologisch-soziologische Untersuchungen der Schwermetall-Pflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluss der Alpen. – *Abhandl. Landesmus. f. Naturkunde Münster* **27/ 1**: 1-48.
- ERNST, W.H.O. (1965b): Über den Einfluss des Zinks auf die Keimung von Schwermetallpflanzen und auf die Entwicklung der Schwermetall-Pflanzengesellschaften. – *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* **78**: 205-212.
- ERNST, W. H.O. (1974): Schwermetallvegetation der Erde. – Fischer, Stuttgart.



- ERNST, W.H.O. (1976): Ökologische Grenze zwischen *Violetum calaminariae* und *Gentiano-Koelerietum*. – Ber. Dtsch. Bot. Ges. **89**: 381-391.
- ERNST, W.H.O. (2003): Evolution of adaption mechanisms of plants on metal enriched soils. – In: LARCHER, W. (ed.): Physiological plant Ecology, 433-436. – Springer, Berlin.
- ERNST, W.H.O.; NELISSEN, H.J.M.; TEN BOOKUM, W.M. (2000): Combination toxicology of metal enrichment soils: physiological responses of a Zn- and Cd-resistant ecotype of *Silene vulgaris* on polymetallic soils. – Environ. Exp. Bot. **43**: 55-71.
- ERNST, W.H.O.; KNOLLE, F.; KRATZ, S.; E. SCHNUG (2004): Aspects of ecotoxicology of heavy metals in Harz-region – a guided excursion. – In: ERNST et al. (Hrsg.): Landbauforschung Völkerode **2/54**: 53-71.
- GARVE, E. (1994): Atlas der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. Kartierung 1982-1992. – Naturschutz u. Landschaftspflege in Nieders. **30** 1/2: 195.
- GREGORY, R.P.G.; BRADSHAW, A.D. (1964): Heavy metal tolerance in populations of *Agrostis tenuis* Sibth. and other grasses. – New Phytol. **64**: 131-143.
- GRIES, B. (1966): Zellphysiologische Untersuchungen über die Zinkresistenz bei Galmeiformen und Normalformen von *Silene cucubalus* WIB. – Flora **156**: 271-290.
- HAASE, C. (1986): Ökonomie gegen Ökologie um 1820: Die Verseuchung der Innerste im Hildesheimischen durch die Abwässer der Pochwerke im Harz. – Niedersächsisches Jb. **58**: 289-298.
- HAEUPLER, H.; SCHÖNFELDER, P. (1989): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. 2. Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- HAMM, F. (1989): Naturkundliche Chronik Nordwestdeutschlands. – Landbuch, Hannover.
- HARENBERG, H. (1968): Die Verwüstung des Innerstetals. – Aus der Heimat, Hildesheimer Allgemeine Zeitung, Hildesheim.
- HAUCK, M. (1992): Rote Liste der gefährdeten Flechten in Niedersachsen und Bremen. – Informationsdienst Naturschutz Niedersachs., 12. Jg., Nr. 1.
- HELLWIG, M. (1996): Vegetationskundliche Untersuchungen im Bereich der Innerste zwischen Grasdorf (Landkreis Hildesheim) und Wartjenstedt (Landkreis Wolfenbüttel). – Dipl.-Arb., Univ. Hannover.
- HELLWIG, M. (1998): Vegetationskundliche Untersuchungen der Schwermetallrasen an der Innerste zwischen Grasdorf und Wartjenstedt. – Naturkd. Mitt. Ornitholog. Verein Hildesheim **18**: 5-23.
- HELLWIG, M. (2002): Die Schwermetallvegetation und die Schwermetallbelastungen im Innerstetal. – Ber. Naturhist. Ges. **144**: 3-21.
- HELLWIG, M. (2003): Hallers Grasnelkenflur – eine blütenreiche und schützenswerte Pflanzengesellschaft. – In: Natur und Landschaft im Landkreis Hildesheim, Mitteilungen der Paul-Feindt-Stiftung Bd. **4** (Naturraum Innerstetal): 59-63.
- KINZEL, H. (1982): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. – Ulmer, Stuttgart.
- KLAPPAUF, L. (1993): Zur Archäologie des Harzes im frühen Mittelalter. Eine Skizze zu Forschungsstand und Aussage-möglichkeiten. – In: Bernward von Hildesheim und das Zeitalter der Ottonen, Katalog Bd. I, Hildesheim.
- LARCHER, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. 5. Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- LIBBERT, W. (1930): Die Vegetation des Fallsteingebietes. – Jahresber. Naturhistor. Gesellsch. Hannover **2**: 1-68.
- LIBBERT, W. (1937): Die Steinfelder an der Oker. – Naturschutz **18**: 183-186.
- MEYER, G.F.W. (1822): Beiträge zur geographischen Kenntnis des Flussgebietes der Innerste in den Fürstenthümern Grubenhagen und Hildesheim. T. 1/2. – Hildesheim.
- MÜLLER, W. (1993): Die Schwermetallvegetation an der Innerste bei Grasdorf/Kreis Hildesheim. – Mitt. Orn. Verein Hildesheim **15**: 102-108.
- NOWAK, H.; PREUL, F. (1971): Untersuchungen über Blei- und Zinkgehalte in Gewässern des Westharzes. – Geol. Jahrbuch, Beiheft **105**: 1-64.
- POTT, R. (1995): Pflanzengesellschaften Deutschlands, 2. Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- POTT, R. (1996): Biotoptypen – Schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen. – Ulmer, Stuttgart.
- POTT, R. (2005): Allgemeine Geobotanik, Biogeosphäre und Biodiversität. – Springer, Heidelberg.
- POTT, R.; HÜPPE, J. (2007): Spezielle Geobotanik. Pflanze – Klima – Boden. – Springer, Heidelberg.
- SCHUBERT, R. (1953/54): Die Schwermetall-Pflanzengesellschaften des östlichen Harzvorlandes. – Wiss. Zeitschr. Univ. Halle, Math.-Nat. **3/1**: 51-70.
- SCHULZ, A. (1912): Über die auf schwermetallhaltigen Böden wachsenden Phanerogamen Deutschlands. – J.ber. Westf. Prov. Verein Wissensch. und Kunst **40**: 209-227.
- SIMON, E. (1978): Heavy metals in soil, vegetation development and heavy metal tolerance in plant populations from metalliferous areas. – New Phytol. **81**: 175-188.

- THALIUS, J. (1588): *Sylva Hercynica, sive catalogus plantarum sponte nascentium in montibus et locis vicinis Hercynae*. – Frankfurt a.M.
- VEKEMANS, X.; LEFEBVRE, C.; COLAND, J.; BLAISE, S.; GRUBER, W.; SILJAK-YAKOVLEV, S.; S.C. BROWN (1996): Variation in nuclear DNA content at the species level in *Armeria maritima*. – *Hereditas* **124**: 237-242.
- VERKLEIJ, J.A.C.; LUGTENBORG, T.F.; ERNST, W.H.O. (1989): The effect of geographical isolation on enzyme polymorphism of heavy-metal tolerant populations of *Minuartia verna* (L.). – *Hiern.-Genetica* **78**: 133-143.

*Manuskript angenommen: 29.August.2007*

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Richard Pott

Institut für Geobotanik, Leibniz Universität Hannover

Nienburger Str. 17, D-30167 Hannover

e-mail: pott@geobotanik.uni-hannover.de

Dr. Michael Hellwig

Längerbohlstr. 54, 78467 Konstanz

e-mail: Michael.hellwig@actelion.com



**Fortsetzung von S. 212**

Einige Wünsche bezüglich kleinerer Veränderungen bei einer künftigen Neuauflage seien im Folgenden aufgeführt. Bei der Auswertung der Vorkommen des floristischen Datenmaterials sollten die wichtigsten Deutschlandfloren möglichst mit ihren aktuellen Auflagen hinzugezogen werden. Entsprechendes gilt für Ergänzungen der Datenbasis durch Einbeziehung größerer regionaler Florenwerke wie z.B. die für Thüringen (2007) und Mecklenburg-Vorpommern (2006) erschienenen Floren. Dies ist besonders bei neu beobachteten Sippen von Interesse. So wurde die neu aufgenommene *Clematis tangutica* zwar für M1 (Augsburg) angegeben, nicht berücksichtigt wurden aber die bereits seit mehreren Jahren auch für einige Orte in Thüringen (also M2) bekannten Vorkommen.

Uneinheitlich ist das Vorgehen bezüglich der Angaben unter der Kategorie B. Hier werden mit der dargestellten Sippe verwandte Arten, Subspecies oder Varietäten aufgeführt und z.T. abgebildet. Fraglich bleibt aber, ob man neben einer als Art bekannten Sippe wie *Echinochloa crus-galli* die von dieser als Kulturform abgeleitete *E. esculenta* darstellt, wenn keine Angaben von deren Vorkommen (Symbol: wo?) vorliegen. Auch sollte man mit der Kategorie B aufgeführte Sippen entweder grundsätzlich auch nummerieren (z.B. *Setaria viridis*, 3448, *Setaria viridis*, var. major, 3448a), oder wie in anderen Fällen auf eine solche Nummerierung gänzlich verzichten.

Insgesamt gesehen ist die Neuauflage des Bildatlas in ihrer erweiterten Form sehr zu begrüßen. Das zentrale Anliegen, eine fotografisch qualitativ hochwertige Dokumentation sowie Charakterisierung der in Deutschland vorhandenen einschließlich der neu hinzugetretenen Sippen vorzulegen, wird den hohen Ansprüchen an ein solches Vorhaben auch in seiner 2. Auflage voll gerecht. Das Interesse vieler Botaniker wie zahlreicher weiterer Freunde der heimischen Pflanzenwelt dürfte daher auch der 2. Auflage sicher sein. Ist dieses Werk doch in vieler Hinsicht eine wichtige Stütze bei der Gewinnung neuer Erkenntnisse und ihrer Bestätigung auf dem jeweils vertretenen Arbeits- oder Interessengebiet.

Ernst-Gerhard MAHN, Halle (Saale)