

Die Schwermetallbelastungen und die Schwermetallvegetation im Innerstetal

von

Michael HELLWIG

mit 7 Abbildungen und 2 Tabellen

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Entstehung und die Erforschung der Schwermetallbelastungen im Innerstetal durch historische Quellen dargestellt. Dabei werden sowohl sozioökonomische als auch ökologische Aspekte der Landschaftsentwicklung im Innerstetal berücksichtigt. Besondere Aufmerksamkeit wird der aus der Sicht des Landschafts- und Naturschutzes interessanten Hallers-Grasnelkenflur (*Armerietum halleri*) gewidmet, die im Innerstetal ausschließlich auf schwermetallkontaminierten Flächen vorkommt.

Summary

In this publication historical sources are interpreted giving a survey about development and research of heavy metal contamination in the Innerste valley. Moreover landscape development of this valley in both socioeconomical and ecological aspects is outlined. Special focus is given to the heavy metal tolerant plant community *Armerietum halleri* occurring only on heavy metal contaminated soils. This community is of special interest to landscape protection and preservation.

1. Einleitung

Im Harz und entlang einiger Harzflüsse, wie z. B. an der Grane, Oker und der Innerste, tritt auf schwermetallbelasteten Böden eine einzigartige Pflanzenwelt auf, in der seltene und hochgradig spezialisierte Schwermetallpflanzen leben, sogenannte Metallophyten.

Dabei handelt es sich vorwiegend um Hemikryptophyten, Therophyten und Chamaephyten, die ausschließlich an Standorten mit erhöhten Anteilen an Zink, Kupfer, Blei, Nickel, Kobalt, Cadmium und Chrom wachsen. Diese schwermetallresistenten Ökotypen haben sich im Lauf der Evolution aus genetisch besonders variablen Pflanzensippen gebildet und unterscheiden sich sowohl morphologisch als auch physiologisch von den Normalformen (ERNST 1974, POTT 1995).

Die grasreichen Schwermetallfluren haben im Harz ihre natürlichen Wuchsorte an oberflächennahen geologischen Ausbissen, wo die schwermetallhaltigen Erze im Ausgangssubstrat für die Bodenbildung vorkamen (DRUDE 1902). Der Reichtum an Bodenschätzen im Harz hat schon früh den wirtschaftenden Men-

schen angezogen. Der Beginn erster montanwirtschaftlicher Tätigkeiten läßt sich archäologisch bis in das 3./4.Jh. n. Chr. zurückverfolgen (LIESSMANN 1992). Während in der Frühzeit der Harz vermutlich nur saisonal begangen wurde, vor allem um die begehrten Erze zu gewinnen, verdichtete sich seit dem 9./10. Jh. n. Chr. die menschliche Besiedlung und damit auch die bergbauliche Erschließung dieser Region. Der Abbau und die Verhüttung der Buntmetallerze führte allerdings zu gravierenden Schwermetallemissionen, die eine sekundäre Ausbreitung der Schwermetallfluren bedingte.

Solche anthropogen geschaffenen Standorte sind vor allem die Erzhalde und die Ablagerungen von schwermetallhaltigen Pochsanden entlang einiger Harzflüsse. Diese Sande sind Abfallprodukte der Metallaufbereitung und stammen aus den immer flußnah gelegenen Pochwerken des Harzes, von wo aus sie durch Hochwasserereignisse in die Flüsse eingeschwemmt, z. T. über lange Strecken transportiert und schließlich in strömungsberuhigten Auenbereichen abgelagert wurden. Die Innerste ist von den schwermetallhaltigen Pochsanden in besonderem Maße betroffen.

Der Fluß entspringt auf der Clausthaler Hochfläche im Harz in ca. 600 m Meereshöhe nordöstlich von Buntenbock und mündet bei Ruthe in die Leine (Abb. 1). Mit einer Länge von etwa 99 km und einem Einzugsgebiet von 1264 km² ist sie der wichtigste Nebenfluß der Leine (SEEDORF & MEYER 1992). Zu den Nebenflüssen der Innerste zählen die Grane, Neile, Nette und Lamme sowie der Bruchgraben.

Hochwässer, bei denen auch noch heute schwermetallhaltige Sedimente verlagert werden, treten an der Innerste vornehmlich in den Wintermonaten Januar bis März auf. Die Gründe hierfür liegen in der Schneeschmelze, in hohen Niederschlägen und gefrorenen Böden im Einzugsbereich des Flusses. Aber auch im Sommer kann es nach starken Regenfällen zu Hochwasserereignissen kommen. Die Innerste ist deshalb frühzeitig in weiten Bereichen begradigt und mit Deichen versehen worden. 1966 wurde zudem die Innerstetalsperre errichtet, die dem Hochwasserschutz, aber auch der Niedrigwasseraufhöhung und der Elektrizitätsgewinnung dient.

Die verheerenden Auswirkungen von Hochwässern der Innerste mit großen landwirtschaftlichen Schäden sind mehrfach beschrieben worden (z.B. MEYER 1822, AUS DER HEIMAT 1931, AUS DER HEIMAT 1940, HAMM 1989, FLOS et al. 1992). Neben den zerstörerischen Auswirkungen der Hochwässer führten darüber hinaus die Schwermetallbelastungen, die durch den mittelalterlichen Bergbau im Harz verursacht wurden, immer wieder zu Ernteausfällen und Viehvergiftungen (MEYER 1822, EMMERLING & KOLKWITZ 1914, HAASE 1986, HAMM 1989). Im folgenden soll anhand historischer Quellen auf die kulturhistorische Entwicklung der Schwermetallkontaminationen im Harz und im Innerstetal eingegangen werden.



Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet (aus GROTELÜSCHEN et al. 1976).

2. Die Schwermetallbelastungen im Innerstetal aus historischer Sicht

Die ersten erzbergbaulichen Aktivitäten im Oberharz erfolgten bereits in der Spätantike, leider ist jedoch die archäologische Datierung von Schmelzplätzen und -hütten noch sehr lückenhaft, so daß viele solcher Fundorte noch nicht zeitlich genau einzuordnen sind (vgl. KLAPPAUF 1993).

Seine erste Blütezeit hatte der Erzbergbau im Hochmittelalter. Dies belegen urkundlich festgehaltene Erzabbaurechte von 1230 aus dem Kloster Cella (Zellerfeld). Im Jahre 1350 bestanden im Harz bereits 25 Pochwerke, davon waren einige auch im Innerstetal angesiedelt (HARENBERG 1968). Die erzhaltigen Gesteine wurden in diesen metallverarbeitenden Hütten zunächst mechanisch zerkleinert und durch Abschwemmung konzentriert. Das so gewonnene Roherz wurde in Windöfen geschmolzen. Auf diese Weise entstanden Bleistein, Werkblei und schließlich Feinblei.

Die erste bergbauliche Periode hielt bis zum 14. Jh. an, dann kam es durch die in Mitteleuropa auftretenden Pestepidemien zu einem wirtschaftlichen Einbruch im Harz und zum Erliegen des Bergbaus (HAMM 1989). Im 15. Jh. begann unter Fürstin Elisabeth und Herzog Heinrich des Jüngeren ein erneuter bergbaulicher Aufschwung im Harz (LIESSMANN 1992).

Die durch die metallverarbeitenden Prozesse fortschreitende Belastung der Innersteauen mit Zink, Blei, Cadmium und Kupfer führten zu schwerwiegenden Interessensgegensätzen zwischen den Bergmännern des Harzes und den Bewohnern des Innerstetals, die durch die Schwermetallablagerungen nach Hochwässern häufig Viehvergiftungen und Ernteausfälle zu beklagen hatten. Ein besonderes Problem stellten die im Mittelalter zahlreichen Wassermühlen im Innerstetal dar, da diese den Wasserabfluß verlangsamten und damit Hochwassersituationen und somit die Ablagerungen von schwermetallhaltigen Sedimenten begünstigten. Dies geht beispielsweise aus der *Landesherrlichen Verordnung vom 17.3.1773* hervor (vgl. HARENBERG 1968). Dort heißt es:

"... wird den Mühlen an der Innerste auferlegt, des Flusses Bett nicht zu erhöhen, damit das Wasser genügend Kraft und Trieb hat, um die vom Harz in den Fluß stürzenden Puchsande fortschaffen zu können, damit dieselben sich nicht festsetzen.

Es ist durch die traurige Erfahrung bewiesen, daß diese höchst gefährlichen Puchsande bei der nächsten Überschwemmung dann aufgewühlt die an der Innerste gelegenen Äcker und Hutungen ganz verwüsten und das darauf getriebenen Vieh dem Untergange ausliefern und somit das Publikum der Innerstedörfer darunter ganz ungemein leidet.

So ordnen wir nach kommissarischer Untersuchung an, daß die Müller unter sich das wahre Gefälle ordentlich abwägen und jeder Mühle sogenannte Sicher-Pfähle gesetzt werden. Inzwischen sollen fleißig die von Puchsanden beengten Ufer abgestochen werden, die den Abfluß hemmenden Krümmen aber durchschnitten werden. Ferner wollen wir künftig keine Bäume und Sträucher näher als acht Fuß vom Ufer dulden; bei Leibesstrafen soll verboten sein, Grundhölzer und Lösbretter unter die Schütten zu legen, weil dadurch die Puchsande sich festsetzen könnten."

Diese Verordnung weist deutlich auf den damals bestehenden alarmierenden Umweltzustand in dem von Pochsanden kontaminierten Innerstetal hin. Die Belastung der Pochsande mit Schwermetallen war offensichtlich so hoch, daß es zu ernsthaften Vergiftungserscheinungen beim Vieh und zu erheblichen Ertrags-einbußen auf landwirtschaftlichen Flächen innerhalb der Innersteaue kam. Auf Veränderungen der Vegetation der betroffenen Bereiche wird ebenfalls hingewiesen, indem von wüsten Äckern und Hutungen die Rede ist. Es kann davon ausgegangen werden, daß zu diesem Zeitpunkt eine ausgedehnte Schwermetallflora an der Innerste existiert hat. Das Vorkommen von Metallophyten an der Innerste ist von CRAMER (1792) belegt. In seiner Abhandlung "Physische Briefe über Hildesheim und dessen Gegend" werden Arten wie *Armeria halleri* (Wilde Nelke) und *Minuartia verna ssp. hercynica* (Frühlingsmiere) für den Bereich an der Innerste erwähnt.

Ein weiteres historisch bedeutsames Dokument, aus dem das Ausmaß der wirtschaftlichen Schäden durch Schwermetallbelastungen hervorgeht, ist ein am 8. April 1818 im Hannoverschen Magazin anonym verfaßter Artikel mit dem Titel: "Ueber die Abwendung der Ueberschwemmungen und der dadurch verur-

sachten Absetzung des Puchsandes auf die Grundstücke" (vgl. HAASE 1986). Hierin heißt es u. a.:

"Statt daß das Hannöversche sich in den meisten Provinzen den wohlthätigen Wirkungen seiner Flüsse zu erfreuen hat, leidet das Hildesheimische durch die Verwüstungen, welche die es durchströmende Innerste jährlich anrichtet ungemein, und es ist zu besorgen, daß diese Landplage auch in der Folge der Zeit auf das Calenbergische ihren nachtheiligen Einflug äußern werde; denn schon zeigen sich Spuren von Puchsand auf den Wiesen an der Leine, die in der Nähe der Gegend sind, wo die Innerste in selbige fließt. Die Innerste führt nämlich außer Steine, auch große Mengen an Puchsand mit sich, der da, wo sie aus ihren Ufern tritt, die Vegetation tötet und die fettesten Weiden in unfruchtbare Steppen verwandelt.

Nicht die Natur, sondern die Menschen selbst, haben der Innerste diese zerstörende Eigenschaft beigelegt; denn ehe man auf dem Harze anfang, den After aus den Puchwerken in die Innerste zu leiten gaben die an der Innerste gelegenen Wiesen denen an der Leine an Fruchtbarkeit nichts nach. Noch vor 60 Jahren wurden Wiesen an der Innerste, die jetzt kaum einigen Schafen dürrtigen Unterhalt gewähren, als gute Fettweiden benutzt. " (Zit. aus HAASE 1986).

Die dramatische Situation im Innerstetal mit erheblichen ökonomischen und ökologischen Umweltschäden gaben nur zwei Jahre später Anlaß dazu, das Problem der Pochsandablagerungen in der Innersteaue gründlich wissenschaftlich zu untersuchen, mit dem Ziel die Ursachen für die Ernteausfälle und die Viehvergiftungen zu klären. Dazu stellte 1920 die *Göttinger Societät der Wissenschaften* folgende Preisaufgabe (vgl. HAASE 1986):

"(...) Man wird wahrscheinlich nicht eher zweckmäßige Vorkehrungen zur Verminderung des durch die Innerste bewirkten Schadens auffinden, bevor man nicht eine gründliche Einsicht in die Natur desselben erlangt hat. Es ist aber jetzt noch nicht einmal entschieden, ob die Innerste allein durch die sogenannten After (die Abfälle von den Puchwerken) welche durch sie aufgeschwemmt werden, oder auch durch ihr Wasser, welches vielleicht schädliche Theile chemisch aufgelöset enthält, schade; ob die After bloß mechanisch, oder ob sie auch durch die Bestandtheile nachtheilig einwirken. (...)

Die Königliche Societät verlangt daher, um die Aufklärung dieser Sache und womöglich die Auffindung wirksamer Mittel gegen das große Übel, welchem die Landwirtschaft einer Provinz des Königreiches Hannovers fortwährend ausgesetzt ist, zu veranlassen, eine gründliche Untersuchung der Ursachen des Schadens den die Innerste den angrenzenden Ländereien auf ihrem Laufe durch das Hildesheimische zufügt, nebst Vorschlägen zu wirksamen und im großen ausführbaren Maßregeln, um demselben so viel wie möglich Einhalt zu thun. (...)

Diese öffentliche Preisausschreibung ist besonders erwähnenswert, weil hier zum ersten Mal eine fundierte wissenschaftliche Problemanalyse der Innerstever-

schmutzungen verlangt wird. Zwei Jahre später, 1822, erschien das noch heute bedeutsame Werk des Physiographen des Königreiches Hannover G. W. F. MEYER "Die Verheerungen der Innerste im Fürstenthum Hildesheim" (Abb. 2). Diese von der Göttinger Societät der Wissenschaften preisgekrönte Abhandlung stellt den zweiten Teil einer umfassenden Innerstemonographie dar mit dem Titel "Beiträge zur chorographischen Kenntniss des Flußgebietes der Innerste in den Fürstenthümern Grubenhagen und Hildesheim – Eine Anlage zur Flora des Königreiches Hannover".



G. F. W. MEYER

*Königl. Geheimes Hannoverscher Oeconom. Rath als
V. der Philosophie verschiedener Akademien
und gelehrter Gesellschaften Mitglied*

DIE
VERHEERUNGEN DER
INNERSTE
IM FÜRSTENTHUME HILDESHEIM
nach ihrer Beschaffenheit ihren Wirkungen
und ihren Ursachen betrachtet, nebst
Vorschlägen zu ihrer Verminderung und zur
Wiederherstellung des versandten Terrains.

Eine von der
Königlichen Societät der Wissenschaften
in Göttingen
gekrönte Preisschrift

VON

G. F. W. MEYER,
Königlich Geheimesamml. -Hannoverschem
Oeconom. Rathe und Physiographen des Königreichs Hannover,
Doct. d. Philo., Azens. d. Königl. Societ. d. Wissensch. in
Göttingen, ordentl. Mitgl. d. Königl. Landwirthsch. Gesellsch.
in Göttingen, d. naturh. ökon. Gesellsch. in Hannover, d. Kaiserl.
Leopold. Carol. Acad. d. Naturf. in Bonn, d. Herzogl. Sachs.
Goth. u. Alenb. Societ. d. Fortf. u. Jagdkund. zu Dreßlig.
scher, d. Gesellsch. naturf. Friend. in Berlin, d. Wernerseh.
Gesellsch. f. Mineralog. in Dresden, d. Wernerseh. naturh.
Societ. in Emdenburg, d. naturf. Gesellsch. in Halle, in Leipzig,
d. Königl. bot. Gesellsch. in Regensburg, — corresp. Mitgl.
d. Gesellsch. f. Natur u. Heilkund. in Dresden, d. Wetterau.
Gesellsch. f. d. gesammte Natur, d. Gesellsch. z. Beförd. d.
ges. Naturwissensch. in Marburg, — Ehrenmitgl. d. Königl.
ökon. Gesellsch. f. Sachsen, u. d. allgem. Schweitz. Gesellsch.
f. d. gesammte Naturwissenschaften.

Mit 1 Illuminirten und 1 schwarzen Titel in Handdruck

ERSTER THEIL

Göttingen,
1822.

Abb. 2: Die von der "Göttinger Societät der Wissenschaften" preisgekrönte Abhandlung von G. F. W. MEYER (1822) stellt die erste wissenschaftliche Untersuchung der Schwermetallbelastungen des Innerstetals dar.

Nach BRANDES (1993) ist dieses Werk ein äußerst interessantes Dokument naturwissenschaftlicher Forschung, das als der Beginn der angewandten Ökologie bzw. der Umweltforschung für den heutigen niedersächsischen Bereich angesehen werden kann. In der Abhandlung werden auf 368 Seiten die Innerstever-smutzuungen mit den Pochsanden sehr detailliert untersucht. Die Untersuchungen von MEYER (1822) hatten keinen rein deskriptiven Charakter, sondern waren auch experimentell ausgerichtet. So führte er Pflanzen- und Tierexperimente durch, indem er beispielsweise auf Pochsanden gewachsenes Gras an Rinder verfütterte und Topfkulturen mit verschiedenen Getreidesorten anlegte. Durch

chemische Analysen erkannte er, daß der Pochsand und die Innerstesedimente stark zinkhaltig waren. Damit war zum ersten Mal der kausalanalytische Beweis für die Schwermetallbelastung der Innerste erbracht.

Durch seine guten floristischen Kenntnisse und durch genaue Geländebeobachtungen erkannte MEYER (1822) auch, daß einige Pflanzen durch die Pochsande gefördert werden, während die meisten Pflanzenarten durch die Schwermetalle in den Pochsanden geschädigt werden.

Weitere grundlegende chemische und biologische Untersuchungen in den Innersteauen wurden von EMMERLING & KOLKWITZ (1914) durchgeführt. Der Anlaß ihrer Arbeit waren ebenfalls massive Klagen der Landwirte im Innerstetal über die Giftwirkungen der Schwermetalle in den Auenböden. Der Land- und Forstwirtschaftliche Hauptverein in Hildesheim führte eine Umfrage bei den Landwirten durch, um die Wertminderung durch die Innerstebelastungen festzustellen. Als gesamte Wertminderung gaben die Landwirte bis zum Jahre 1906 eine Summe von 1.683.000 Mark an (EMMERLING & KOLKWITZ 1914).

In den folgenden Jahrzehnten und bis in die Gegenwart hinein lassen sich immer wieder Berichte über die Schwermetallbelastung der Innerste finden (vgl. AUS DER HEIMAT 1931, KLUMP 1940, SCHAARE 1939, HILDESHEIMER ALLGEMEINE ZEITUNG 16. 6.1984, HILDESHEIMER ALLGEMEINE ZEITUNG 25.10.1985, HILDESHEIMER ALLGEMEINE ZEITUNG 13. 4.1992).

Ebenfalls erwähnenswert ist die Verewigung der Innerste in der Belletristik. Durch den Dichter WILHELM RAABE (1918), der einen in sich abgeschlossenen Teil über die Innerste in den "Krähenfelder Geschichten" geschrieben hat. Hier wird in dramatisch-metaphorischer Weise die Verschmutzung der Innerste erwähnt, wie der folgender Textauszug zeigt:

"(...) Von ihrem Ursprunge mitten im wilden Harze bis zu ihrer Ausmündung im Amt Rethen verschlechtert sich ihr Charakter von Schritt zu Schritt, und alle Glocken und alle Pfaffengesänge von Hildesheim treiben ihr die bösen Teufel nicht wieder aus. Selten aber auch geriet ein unschuldig hellblickend, klaräugig Bergwässlein und Quellnixlein sofort bei seinem Austritt aus dem dunklen Schoß der Erde in so schmutzige Hände und an solch schwarz schweflicht Handwerk als diese arme herzynische Najade oder Nymphe.

(...) Wildemann nimmt sie beim Schopfe, Lautenthal und Langelsheim mit ihren Hütten und Pochwerken tun ihr alle erdenkliche Schmach an, und so ist es kein Wunder, daß sie bei Ringelheim schon vollständig verderbt ist und bei Himmelsthür frech boshaft und scheußlich in die Ebene hervor-geht (...)."

Der historische Abriss über die schwermetallbedingten Umweltbelastungen an der Innerste verdeutlicht, welche fundamentale Rolle ein Fließgewässer mit seiner typischen Morpho- und Hydrodynamik für die Bevölkerung spielen kann und welche negativen anthropogen verursachten Einflüsse durch die Transportkraft des Flußwassers ökosystemübergreifend zum Tragen kommen können.

2.1. Die Schwermetallbelastungen im Innerstetal aus aktueller Sicht

Schwermetalle sind biologisch nicht abbaubar, können über sehr lange Zeiträume in Ökosystemen verbleiben und schädigende Einflüsse auf Organismen ausüben. Im Innerstetal sind auch heute noch schwermetallkontaminierte Flächen zu finden, in denen die Schwermetallgehalte weit über den zulässigen Grenzwerten liegen. Nach einer Studie des NIEDERSÄCHSISCHEN UMWELTMINISTERIUMS (1990) lassen sich folgende Kontaminationsquellen für die Schwermetallbelastungen der Innerste nennen:

- Schwermetalleinträge über die Grane (historische Halde an der Staumauer der Grane; Halden zwischen Herzog-Juliusshütte und Astfeld),
- Schwermetalleinträge über weitere Nebenflüsse der Grane, wie z. B. den Mühlbach und den Töllebach,
- mehrere historische Schlackenplätze, die unterhalb der Innerstetalsperre liegen.

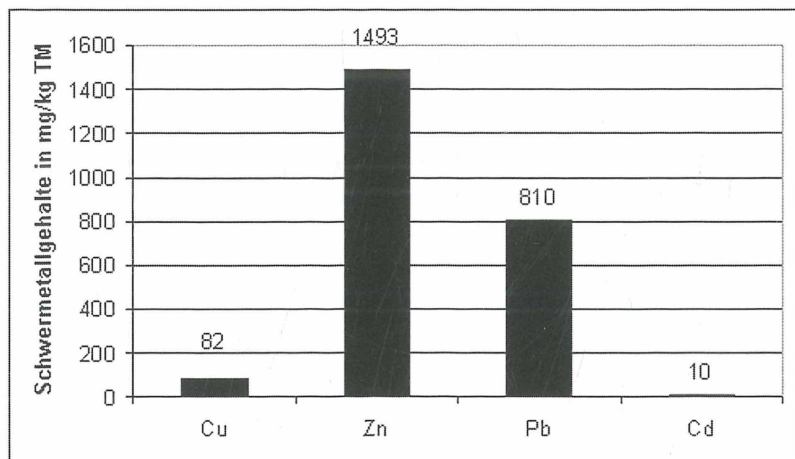


Abb. 3: Mittlere Schwermetallgehalte aus Sedimenten der Innerste bei Sarstedt (Gesamtproben < 2000 μm Fraktion, $n = 3$, TM = Trockenmasse; nach Daten des NIEDERSÄCHSISCHEN UMWELTMINISTERIUMS 1990).

Im einzelnen lassen sich in den Auensedimenten der Innerste stark erhöhte Kupfer-, Zink-, Blei- und Cadmiumgehalte nachweisen (HELLWIG 1996, 1998). Abb. 3 zeigt eine Übersicht über die Schwermetallkonzentrationen aus Sedimentproben der Innerste im Mündungsbereich bei Sarstedt (s. Abb. 1). Die hier festgestellten Konzentrationen liegen deutlich über den Werten unbelasteter Böden, wie aus Tab. 1 hervorgeht. Das NIEDERSÄCHSISCHE UMWELTMINISTERIUM (1990) gibt für den Zeitraum März 1992 bis März 1993 einen Schwermetalleintrag aus der Innerste in die Leine von 361 t Zink, 193 t Blei und 1,9 t Cadmium an. Die Zahlen verdeutlichen, daß die Kontaminationen dieser giftigen Stoffe bis in die heutige Zeit hinein von Relevanz sind. Für die Okerau liegt eine Studie vor, in der die belasteten Bodenflächen durch Cadmium auf 46 km² und für Blei auf 47 km² beziffert werden (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 1990). Für die Innerste dürften ähnliche Größenordnungen gelten. Die biologische Relevanz (vgl. auch Tab. 1) der hier aufgeführten Metalle ist vielfach untersucht worden (vgl. MEYER 1822, EMMERLING & KOLKWITZ 1914, HAASE 1986, HAMM 1989).

Tab. 1: Schwermetallgehalte (ppm) in unbelasteten Böden (aus KUNZE et al. 1994). Es bedeutet: + gering, ++, mittel, +++ hoch, k. A.: keine Angabe.

Schwermetall	Cu	Zn	Pb	Cd
natürlicher Gehalt im Boden (ppm)	<20	k. A.	<20	<1
Persistenz	+++	k. A.	+++	+++
Mobilität	+	k. A.	+	++
pflanzliche Aufnahme	++	k. A.	+	+++

3. Die Schwermetallvegetation im Mittleren Innerstetal bei Grasdorf

Die Bestände der Hallers-Grasnelkenflur (Abb. 4) sind 1930 syntaxonomisch von LIBBERT gültig als *Armerietum halleri* beschrieben worden (siehe POTT 1995). Unter den Schwermetallpflanzen gilt *Armeria halleri* (Abb. 5) als Assoziationskennart. Des weiteren gelten als Vertreter der Klasse *Violetea calaminiariae* (Europäisch-westsibirische Schwermetallrasen) *Minuartia verna ssp. hercynica* (Abb. 6) und *Silene vulgaris ssp. humilis* (Abb. 7). Nach ERNST (1974) besitzt diese Pflanzengesellschaft nur ein sehr kleines Verbreitungsareal, welches sich von schwermetallreichen Pochsandten der Innerste und Oker im nördlichen Harzvorland durch den Harz, die Mansfelder Mulde, die Saalehöhen bei Könnern und Wettin bis nach Polen erstreckt, wo noch Fragmente des *Armerietum halleri* bei Boleslaw und Olkusz ausgebildet sind. Demnach ist diese Gesellschaft im Innerstetal an ihrer westlichen Verbreitungsgrenze. Das geht auch aus den Verbreitungskarten von *Armeria halleri* und *Minuartia verna* aus dem "Atlas der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen" hervor (GARVE 1993). Nach eigenen Beobachtungen können die Ausbildungen des *Armerietum halleri* im Mittleren Innerstetal bei Grasdorf als die bedeutendsten

Vorkommen an der westlichen Arealgrenze gelten (Abb. 1). Auf dem Sportplatz in Grasdorf wachsen über 10.000 Exemplare von *Armeria halleri* und bilden damit vermutlich den größten Bestand an der westlichen Arealgrenze. Flußabwärts werden solche Populationsgrößen nicht mehr erreicht. Dort ist diese Gesellschaft nur auf kleineren Flächen und zum größten Teil nur noch fragmentarisch ausgebildet.



Abb. 4: Die Hallers-Grasnelkenflur (*Armerietum halleri*) ist eine reizvolle, buntblühende Pflanzengesellschaft. Die Metallophyten blühen vom zeitigen Frühjahr, Anfang April, bis in den Spätsommer hinein.



Abb. 5: *Armeria halleri* im sommerlichen Blühaspekt. An ein und derselben Pflanze sind Blütenknospen, Blüten- und Fruchtsstände ausgebildet.

Im Mittleren Innerstetal sind bereits im zeitigen Frühjahr, Anfang April, auf den schwermetallkontaminierten Böden die kleinen weißen Blüten der Stern-Miere (*Minuartia verna* ssp. *hercynica*, Abb. 6) zu beobachten. Kurz danach gesellen sich das weiß blühende Taubenkropf-Leimkraut (*Silene vulgaris* ssp. *humilis*, Abb. 7) und die auffälligen violettpurpurnen "Köpfchen" von Hallers Grasnelke (*Armeria halleri*, Abb. 5) hinzu. Dieser Blühaspekt dauert den ganzen Sommer (Armeria halleri, Abb. 5) an und klingt erst im Spätherbst aus. Nach ERNST (1965) gibt es keine andere Rasengesellschaft in Mitteleuropa, in der die eben genannten Charakterarten der Hallers-Grasnelkenflur (*Armerietum halleri*) eine so lange Blühperiode haben.

Zu diesen Metallophyten gesellen sich im Mittleren Innerstetal bei Grasdorf weitere lokale Kennarten dieser Gesellschaft wie beispielsweise *Festuca ovina* agg. (Echter Schafschwingel), *Anthoxanthum odoratum* (Gewöhnliches Ruchgras), *Thymus pulegioides* (Feld-Thymian), *Linum catharticum* (Purgier-Lein), *Euphrasia stricta* agg. (Steifer Augentrost), *Leontodon hispidus* (Rauher Löwenzahn) und eine ganze Reihe von Kryptogamen wie *Cladonia portentosa* (Graue

Rentierflechte), *Cladonia rangiferina* (Gesprenkelte Becherflechte), *Cladonia chlorophaea* (Feinwarzige Becherflechte) und *Bryum pallens* (Birnenmoos) (s. Tab. 2, IA). Alle genannten Arten zeigen nach ELLENBERG et al. (1991) stickstoffärmste bis stickstoffarme Standorte an. Als weitere Magerkeitszeiger treten neben den genannten Kennarten *Molinia caerulea* (Pfeifengras), *Pimpinella saxifraga* (Kleine Bibernelle), *Campanula rotundifolia* (Rundblättrige Glockenblume) und als floristische Besonderheit der Farn *Ophioglossum vulgatum* (Gewöhnliche Natternzunge) auf.



Abb. 6: *Minuartia verna* ssp. *hercynica* im Blühaspekt.

Die Bestände vom Typ des *Armerietum halleri* lassen sich in diesem Bereich weiter untergliedern. Auf nur unregelmäßig betretenen bzw. gemähten oder nur extensiv beweideten Flächen kommt eine Ausbildung mit *Molinia caerulea* vor. Bezeichnend ist das physiognomisch auffällige Pfeifengras (*Molinia caerulea*) mit Artmächtigkeiten von eins bis drei. Die Art kann sich in unregelmäßig anthropogen gestörten Bereichen gut etablieren und kommt bei Nutzungsaufgabe sogar zur Dominanz. Innerhalb dieser Ausbildung lassen sich zwei Varianten unterscheiden.

In der *Cladonia portentosa*-Variante (s. Tab. 2, IA a) spielen Flechten und Moose eine aspektbildende Rolle. *Cladonia portentosa*, *Cladonia rangiferina*, *Cladonia chlorophaea* und *Bryum pallens* beherrschen mit Deckungsgraden von bis zu 70 % die unterste Vegetationsschicht, wobei die zuerst genannte Art oft dominiert. Die trennartenfreie Ausbildung (s. Tab. 2, IB) ist durch das weitgehende

Fehlen von *Molinia caerulea* gekennzeichnet, welche allenfalls spärlich in solchen meist stärker genutzten Bereichen gedeiht. Bestände dieser Ausbildung sind beispielsweise großflächig auf dem Sportplatz bei Grasdorf verbreitet, der dreimal im Jahr gemäht wird. Das Pfeifengras (*Molinia caerulea*) reagiert hinsichtlich mehrmaliger Mahd im Jahr sehr empfindlich. Der Grund hierfür liegt nach WILMANN (1993) in der späten Verlagerung der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverbindungen (Retranslozierung) von den oberirdischen Sproßteilen in die Sproßbasen bzw. in das Wurzelsystem. Bei vorzeitiger Mahd verliert das Pfeifengras diese wertvollen Pflanzennährstoffe und wird auf diese Weise zurückgedrängt oder verschwindet ganz.



Abb. 7: *Silene vulgaris* ssp. *humilis*. Typisch sind die prostraten Wuchsformen bei dieser schwermetallresistenten Art.

Die Schwermetallpflanzen hingegen vertragen mehrmalige Mahd im Jahr offensichtlich gut. Besonders *Armeria halleri* scheint gegenüber diesem Faktor recht unempfindlich zu sein und wird offenbar durch das Mähen gefördert. Der Rosettenwuchs verhindert den zu hohen Verlust an Assimilationsgewebe durch das Mähen. Der Blütenstand wird zwar durch die Mahd erfaßt, doch infolge der ungewöhnlich langen Blühperiode dieser Art sprießen sofort neue Blütenstände aus den Rosetten hervor, so daß genügend Diasporen verbleiben. Außerdem konnte beobachtet werden, daß die Art durch die Mahd zu einer vermehrten Blütenbildung neigt und daß sich die Blühperiode zeitlich verlängert, was möglicherweise auf Veränderungen des Phytohormonhaushaltes zurückzuführen ist.

Im Sommer sind an Individuen von *Armeria halleri* meist gleichzeitig Blütenknospen, Blütenstände und Fruchstände zu finden (Abb. 4). *Minuartia verna ssp. hercynica* mit seinem niedrigen Polsterwuchs und die kriechende Wuchsform von *Silene vulgaris ssp. humilis* vertragen die Mahd ebenfalls sehr gut (Abb. 6 u. 7).

Abschließend sei auf einige faunistische Besonderheiten in den Beständen vom Typ des *Armerietum halleri* hingewiesen. Die lange Blühperiode der Schwermetallpflanzen, die vom Frühjahr bis in den Spätherbst hineinreicht, machen diese Pflanzen als Futterpflanzen für Insekten besonders wichtig. Es konnten unter anderem im Frühjahr an *Armeria halleri* im Bereich Grasdorf folgende Schmetterlingsarten beobachtet werden: Grünwidderchen (*Picris statices*), Gemeines Widderchen (*Zygaena filipendulae*), Purpurwidderchen (*Zygaena purpuralis*), Kleiner Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*). Im Spätsommer nutzen der Hauhechelbläuling (*Polyommatus icarus*) und der Geißkleebbläuling (*Plebejus argus*) das reichhaltige Blütenangebot in den Beständen vom Typ des *Armerietum halleri*. Darüber hinaus kommen in den Schwermetallrasen auch einige Heuschreckenarten vor. Als besondere Arten sind der gefährdete Heidegrashüpfer (*Stenobothrus lineatus*) und der stark gefährdete Warzenbeißer (*Decticus verrucivorus*) zu nennen (GREIN 1995).

3.1. Anpassungsmechanismen von Metallophyten an erhöhte Schwermetallgehalte im Boden

Die biologische Relevanz von Schwermetallen für pflanzliche Organismen sind vielfältiger Art. Zum einen sind die Metalle Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Kobalt und Molybdän essentielle Pflanzennährstoffe. Ohne diese Elemente im Boden stellen sich Mangelercheinungen ein. Andere Schwermetalle wie Cadmium, Arsen, Uran, Blei, Chrom, Quecksilber und Silber haben keine physiologische Funktion. Diese Gruppe von Schwermetallen sowie die essentiellen Schwermetalle können in spezifischen Konzentrationen toxisch wirken. Äußerlich können solche Vergiftungen bei Pflanzen als Chlorosen, Nekrosen oder auch durch mißgebildete Wuchsformen wahrgenommen werden (EMMERLING & KOLKWITZ 1914, BRAUN 1993).

Tab. 2: Gekürzte synthetische Übersicht der Schwermetallrasen bei Grasdorf (Originaltabelle in HELLWIG 1996) Es bedeutet: I *Armerietum halleri*; A Unterges. v. *Molinia caerulea*; a Variante v. *Cladonia portentosa*; b trennartenfreie Variante; B trennartenfreie Unterges.

Gesellschaft	I			Gesellschaft
Untergesellschaft	A		B	Untergesellschaft
Variante	a	b		Variante
Anzahl der Aufnahmen	9	13	7	Anzahl der Aufnahmen
mittlere Artenanzahl	18	20	16	mittlere Artenanzahl
mittlere Kupfergehalte	720			in [mg/100ml Boden]
mittlere Bleigehalte	1049			in [mg/100ml Boden]
mittlere Zinkgehalte	127			in [mg/100ml Boden]
Kennarten I				
Armeria halleri	IV ¹⁻²	V ⁺²	V ¹⁻²	Hallers-Grasnelke
Silene vulgaris ssp. humilis	II ⁺¹	IV ⁺¹	III ¹	Taubenkropf-Leimkraut
Minuartia verna	V ⁺¹	II ⁺¹	V ⁺²	Stern-Miere
Festuca ovina agg.	V ²⁻⁴	V ¹⁻⁵	V ¹⁻²	Echter Schafschwingel
Thymus pulegioides	V ⁺³	V ⁺²	V ⁺¹	Feld-Thymian
Anthoxanthum odoratum	V ⁺²	IV ⁺²	III ¹⁻²	Gewöhnliches Ruchgras
Linum catharticum	V ⁺¹	IV ⁺²	V ⁺¹	Purgier-Lein
Euphrasia stricta agg.	IV ⁺¹	II ⁺¹	II ⁺	Steifer Augentrost (AG)
Trennart A gegen B				
Molinia caerulea ≥1	V ¹⁻³	V ¹⁻³	IV ⁺	Pfeifengras
Trennart a gegen b				
Cladonia portentosa	V ⁺⁴		II ¹	Graue Rentierflechte
Bryum pallens	II ⁺²		V ⁺²	Birnenmoos
Cladonia chlorophaea	III ⁺¹		III ²⁻³	Feinwarzige Becherflechte
Cladonia rangiferina	II ⁺¹		I ⁺	Gesprenkelte Becherflechte
wichtige Begleiter				
Rumex acetosa	V ⁺²	V ⁺²	V ⁺¹	Wiesen-Sauerampfer
Plantago lanceolata	V ⁺²	V ¹⁻²	V ⁺²	Spitz-Wegerich
Ranunculus acris	II ⁺¹	IV ⁺¹	II ⁺	Scharfer Hahnenfuß (AG)
Campanula rotundifolia	V ⁺¹	IV ⁺¹	III ⁺	Rundblättrige Glockenblume
Cerastium holosteoides	IV ⁺¹	II ⁺¹	I ⁺	Gewöhnliches Hornkraut
Galium album	II ⁺	II ⁺²	II ⁺	Weißes Labkraut
Trifolium repens	I ¹	IV ⁺¹	III ⁺¹	Weiß-Klee
Cerastium arvense	I ¹	I ⁺	I ¹	Acker-Hornkraut
Arenaria serpyllifolia	I ²	I ⁺¹	II ⁺³	Quendelblättriges Sandkraut (AG)
Leontodon hispidus	I ¹	II ⁺³	II ⁺	Rauher Löwenzahn
Centaureum erythraea	II ⁺	II ⁺¹	I ⁺	Echtes Tausendgüldenkraut
Hieracium pilosella		II ¹⁻²	I ⁺	Kleines Habichtskraut
Cardaminopsis halleri	II ⁺	II ⁺²		Wiesen-Schaumkresse
Ophioglossum vulgatum	I ¹	II ⁺²		Gewöhnliche Natternzunge

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 niedrigen Energiestoffwechselraten führen kann (LARCHER 1994). Die Giftigkeit der Schwermetalle beruht auf ihrer chemischen Eigenschaft, Komplexe bilden zu können. Aufgrund dieser Eigenschaft deaktivieren sie viele essentielle Stoffwechselwege, indem sie sich mit biologisch wichtigen Molekülen verbinden und auf diese Weise natürliche Reaktionsketten im Organismus unterbinden.

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

Der Casparystreifen der 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 auch durch Pektine, die in der Zellwand lokalisiert sind, gebunden und dadurch immobilisiert werden. Es ist eine erschwerte Permeation durch Zellmembranen für bestimmte Schwermetalle beobachtet worden. Auch hier dürfte es sich um physiologische Filtermechanismen handeln. Im cytoplasmatischen Bereich der Zellen sind chelatbildende Proteine und schwefelhaltige Polypeptide festgestellt worden, die Schwermetalle inaktivieren. Ebenfalls sind Kompartimentierungen durch Vakuolen ein wichtiger Mechanismus zur Detoxifikation, da die Schwermetalle dort mit organischen Säuren, Glycosiden und Phenolderivaten stabile Komplexe bilden können. Dadurch sind sie chemisch inaktiv und beeinflussen den Stoffwechsel der Pflanze nicht mehr. 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. Als besonders günstige Wuchsform für diese Art der Entgiftung gelten Rosettenpflanzen, da hier vegetative und generative Sproßachse voneinander getrennt sind. Die vegetative Sproßachse bildet ständig vom Zentrum aus neue Blätter, die als Akkumulationsorgane für Schwermetalle fungieren können und im Alter dann absterben (s. Abb. 6). Inwieweit eine Mycorrhiza eine Rolle hinsichtlich der selektiven Aufnahme von Schwermetallen spielt, ist bisher noch unzureichend bekannt.

4. Schlußbetrachtung

Die Schwermetallvegetation, die gemäß §28a des Niedersächsischen Naturschutzgesetzes zu den besonders geschützten Biotopen zählt, stellt ein besonderes Beispiel für den Konflikt zwischen Artenschutz und Umweltschutz dar (DRACHENFELS 1990). Viele der kleinflächig ausgebildeten Schwermetallrasen sind durch Eutrophierung, Sukzessionsprozesse und Aufforstungen im Mittleren Innerstetal in ihrem Bestand bedroht. Vor allem die seltenen und gefährdeten Metallophyten verschwinden zunehmend aus der Landschaft.

Andererseits sind jedoch viele der schwermetallbelasteten Flächen aus der Sicht des Umweltschutzes so kontaminiert, daß entnommenes Bodenmaterial nur als Sondermüll entsorgt werden darf. Die Erhaltung der Schwermetallrasen ist aus diesem Grund vergleichsweise aufwendig, denn eine Schafbeweidung kann aufgrund der Vergiftungsgefahr nicht empfohlen werden. Eine regelmäßige Mahd könnte jedoch in vielen Fällen die Bestände des *Armerietum halleri* erhalten, wie Beispiele im Raum Grasdorf zeigen (HELLWIG 1996).

Literatur:

- AUS DER HEIMAT (1931): Unsere Innerste und ihre Hochwasser. - Hildesheim.
AUS DER HEIMAT (1940): Die Innerste in alter Zeit. - Hildesheim.
BRANDES, D. (1993): Die Entwicklung der Geobotanik in Niedersachsen. - Berichte der Reinhold-Tüxen Gesellschaft 5, 23-46.
BRAUN, G. (1993): Pflanzensoziologische, vegetationsökologische und ökophysiologische Untersuchungen der Schwermetallrasen der Eifel. - Dissertation Universität Bonn.
CRAMER, J.A. (1792): Physische Briefe über Hildesheim und dessen Gegend. - Faksimile, Gerstenberg-Verlag, Hildesheim 1976.
DRACHENFELS, O. v. (1990): Naturraum Harz. Grundlagen für ein Biotopschutzprogramm. - Niedersächsisches Landesverwaltungsamt, Hannover.
DRUDE, O. (1902): Der herzynische Florenbezirk. - Vegetation der Erde VI, Leipzig.
ELLENBERG, H., H.E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH, W. WERNER & D. PAULISSEN (1991): Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas. - Scripta Geobotanica 18, Göttingen.
EMMERLING, O. & R. KOLKWITZ (1914): Chemische und biologische Untersuchungen über die Innerste. - Königliche Landesanstalt für Wasserhygiene, Berlin.
ERNST, W. (1965): Ökologisch-Soziologische Untersuchungen der Schwermetall-Pflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen. - Abh. Landesmuseum für Naturkunde zu Münster in Westfalen, Münster.
ERNST, W. (1974): Schwermetallvegetation der Erde. - Gustav Fischer, Stuttgart.
FLOS, A., W. GAUA, & G. HEIM (1992): Wasserkunst und Wasserwerk: Hildesheimer Wasserversorgung im Wandel der Zeit. - Hildesheimer Volkshochschule e.V. und museumspädagogischer Dienst des Roemer- und Pelizaeus-Museum, Hildesheim.

- GARVE, E. (1993): Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen, 4. Fassung vom 1.1.1993. - Inform. d. Naturschutz Nieders., 13 (1), Hannover.
- GREIN, G. (1995): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Heuschrecken, 2. Fassung, Stand 1.1.1995, - Inform. d. Naturschutz Nieders., 15 (2), Hannover.
- GROTELÜSCHEN, W., E. OTREMBIA & W. PULS (Hrsg., 1976): Unsere Welt. Atlas. - Schroedel, Berlin.
- HAASE, C. (1986): Ökonomie gegen Ökologie um 1820: Die Verseuchung der Innerste im Hildesheimischen durch die Abwässer der Pochwerke im Harz.- Niedersächsisches Jb. F. Landesgeschichte 58, 289-298.
- HAMM, F. (1989): Naturkundliche Chronik Nordwestdeutschlands. - Landbuch-Verlag, Hannover.
- HARENBERG, H. (1968): Die Verwüstung des Innerstetals. - Aus der Heimat, Hildesheimer Allgemeine Zeitung.
- HAUCK, M. (1992): Rote Liste der gefährdeten Flechten in Niedersachsen und Bremen. - Inform. d. Naturschutz Nieders., 12 (1), Hannover.
- HELLWIG, M. (1996): Vegetationskundliche Untersuchungen im Bereich der Innerste zwischen Grasdorf (Landkreis Hildesheim) und Wartjenstedt (Landkreis Wolfenbüttel). - Diplomarbeit (unveröffentlicht) am Institut für Geobotanik, Universität Hannover.
- HELLWIG, M. (1998): Vegetationskundliche Untersuchungen der Schwermetallrasen an der Innerste zwischen Grasdorf und Wartjenstedt. - Mitt. Orn. Verein Hildesheim 18, 5-23.
- HILDESHEIMER ALLGEMEINE ZEITUNG (13.4.1982): Auch in Gittelde zuviel Blei im Boden. - Hildesheim.
- HILDESHEIMER ALLGEMEINE ZEITUNG (25.10.1985): Experten finden dreieinhalb Gramm Blei in einem Kilo Hohnsen-Gartenerde. - Hildesheim.
- HILDESHEIMER ALLGEMEINE ZEITUNG (16.6.1994): Im Hochwasserbett fressen Schafe giftiges Blei. - Hildesheim.
- KLAPPAUF, L. (1993): Zur Archäologie des Harzes im frühen Mittelalter. Eine Skizze zu Forschungsstand und Aussagemöglichkeiten. - In: Bernward von Hildesheim und das Zeitalter der Ottonen, Katalog Bd. I, Hildesheim.
- KLUMP, K. (1940): Die Innerste in alter Zeit. - Aus der Heimat 2, Hildesheim.
- KINZEL, H. (1982): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. - Ulmer, Stuttgart.
- KUNZE, H., G. ROESCHMANN & G. SCHWERDTFEGGER (1994): Bodenkunde. - 5. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- LARCHER, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. - 5. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- LIESSMANN, W. (1992) Historischer Bergbau im Harz. - Schriften des Mineralogischen Museums der Universität Hamburg 1, Köln.
- MEYER, G.F.W. (1822): Beiträge zur geographischen Kenntnis des Flußgebietes der Innerste in den Fürstenthümern Grubenhagen und Hildesheim. - Göttingen.

- NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1990): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Schwebstoffen und Sedimenten im Bereich der Flußsysteme Oker und Innerste. - Unveröffentlicht, Bearbeiter B. EGGERS, Forschungsgruppe "Grundwasser und Boden", Univ. Braunschweig.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. -2. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- RAABE, W. (1918): Die Innerste. - 3. Aufl., Klemm, Berlin-Grunewald.
- SCHAARE, W. (1939): Der Salzgau. - Aus der Heimat, Hildesheim.
- SEEDORF, H.-H. & H.-H. MEYER (1992): Landeskunde Niedersachsen. - Wachholtz, Neumünster.
- WILMANNS, O. (1993) Ökologische Pflanzensoziologie. - Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Michael Hellwig
Längerbohlstraße 54
78467 Konstanz
michael.hellwig@altanapharma.com

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [144](#)

Autor(en)/Author(s): Hellwig Michael

Artikel/Article: [Die Schwermetallbelastungen und die Schwermetallvegetation im Innerstetal 3-21](#)