

Postverlagsort Münster (Westf.)

ABHANDLUNGEN

aus dem Landesmuseum für Naturkunde
zu Münster in Westfalen

herausgegeben von

Dr. L. FRANZISKET

Direktor des Landesmuseums für Naturkunde, Münster (Westf.)

27. JAHRGANG 1965, HEFT 1

Ökologisch/Soziologische Untersuchungen
der Schwermetall/Pflanzengesellschaften
Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen

von WILFRIED ERNST

MÜNSTER (WESTFALEN) • APRIL 1965

ABHANDLUNGEN

aus dem Landesmuseum für Naturkunde
zu Münster in Westfalen

herausgegeben von

Dr. L. FRANZISKET

Direktor des Landesmuseums für Naturkunde, Münster (Westf.)

27. JAHRGANG 1965, HEFT 1

Ökologisch/Soziologische Untersuchungen
der Schwermetall/Pflanzengesellschaften
Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen

von WILFRIED ERNST

INHALTSVERZEICHNIS

A. Einleitung	5
B. Methodik	7
C. Zinkgehalt der Schwermetallpflanzen	7
D. Die Initialstadien der Schwermetallgesellschaften	13
a. Das <i>Silene</i> -Stadium	13
b. Das <i>Minuartia</i> -Stadium	14
c. Das <i>Euphrasia</i> -Stadium	16
E. Die mitteleuropäischen Schwermetallgesellschaften	17
I. <i>Armerion halleri</i>	18
a. Systematik des <i>Armerion</i> -Verbandes	18
b. Das <i>Armetum halleri</i>	19
II. <i>Thlaspeion calaminariae</i>	22
a. Systematik des <i>Thlaspeion</i> -Verbandes	22
b. Die Assoziation des <i>Thlaspeion calaminariae</i>	22
1. Das <i>Violetum calaminariae</i>	22
2. Das <i>Violetum calaminariae westfalicum</i>	29
3. Taxonomische Stellung des Galmeiveilchens	30
III. <i>Galio anisophylli-Minuartion vernae</i>	33
a. Systematik des Verbandes	33
b. Die Assoziationen des <i>Galio-Minuartion vernae</i>	33
1. Das <i>Violetum dubyanae</i>	33
2. Das <i>Thlaspeetum cepeaeifolii</i>	35
IV. Stetigkeitsgrade innerhalb der Schwermetallpflanzengesellschaften	37
V. Fragmente von Schwermetallgesellschaften mit unsicherer Einordnung	37
VI. Pflanzengeographische Spektren	41
F. Zusammenfassung	43
G. Literaturverzeichnis	44
Tabellen I—III	50

Ökologisch-Soziologische Untersuchungen der Schwermetall-Pflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen

von WILFRIED ERNST

A. EINLEITUNG

Das Verdienst als erster den Zusammenhang zwischen Pflanzenvorkommen und Metallgehalt des Bodens erkannt zu haben, gebührt Johann THALIUS, der bereits 1588 in seiner „Sylva hercynica“ über die Standortsverhältnisse von *Minuartia verna* schreibt: „Reperitur locis asperis secus vias, in montibus item apricis asperis, potissimum circa officinas metallicas ad acervos recrementorum metallicorum“. In der Folgezeit beschäftigten sich viele Botaniker mit diesem Problemkreis der schwermetallanzeigenden Pflanzen. Aber erst 1930 wurde durch LIBBERT eine auf schwermetallhaltigen Böden des Harzes vorkommende Pflanzengesellschaft, das *Armerietum halleri*, beschrieben. Es folgten die Untersuchungen des *Violetum calaminariae* der Aachener Zinkböden durch SCHWICKERATH (1931) und des niederländischen Geultales durch HEIMANS (1936). KOCH (1932) beschrieb von den Galmeipingen des Silberberges bei Osnabrück die *Thlaspi alpestre* — *Alsine verna* — Assoziation und SCHUBERT (1952) die Pflanzengesellschaften auf den Kupferschiefern des östlichen Harzvorlandes. Weiterhin folgten summarische Tabellen aus Nordwestdeutschland von TÜXEN (1937) und aus Belgien von LEBRUN (1954).

Während die mitteleuropäischen Assoziationen wenigstens teilweise bekannt sind, liegen aus den Alpen keine Aufnahmen oder Arbeiten vor. Doch war durch einige Hinweise in den Floren von FENAROLI (1955) und HEGI (1926) bzw. kleine Mitteilungen über den Schwermetallgehalt in Pflanzen (v. LINSTOW 1929, REPP 1963) das Vorkommen solcher Gesellschaften zu vermuten, das durch die geologische Literatur gestützt wurde (HOLLER 1936, 1953, HUTTENLOCHER 1934, MUTSCHLECHNER 1954, SRBIK 1929, TORNQUIST 1902).

Die vorliegende Arbeit soll daher mit der großräumigen Erfassung der Schwermetallpflanzengesellschaften einen Beitrag zur vegetationskundlichen Erforschung Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen liefern. Dabei legte ich Wert darauf, zu überprüfen, ob die bisher bekannten Assoziationen auch in anderen Gebieten vorkommen, ob neue Gesellschaften aufzufinden waren, und inwieweit die unterschiedliche soziologisch-systematische Einordnung (BRAUN-BLANQUET et TÜXEN 1943, SCHUBERT 1952, TÜXEN 1955, SCAMONI 1955, TÜXEN 1959, KRAUSCH 1962 und ELLENBERG 1963) eine einheitliche Gliederung erfassen könnte.

Eine große Bedeutung für die Besiedlung erzeicher Böden wird den chemischen Eigenschaften dieser Standorte zugestanden, die aber in den bisherigen Arbeiten quantitativ kaum berücksichtigt worden sind. Daher machte ich es mir zur besonderen Aufgabe, aus der Reihe der Standortsfaktoren den Zinkgehalt des Bodens zu untersuchen.

Die Veröffentlichungen von JENSCH (1894), SCHWICKERATH (1931) und MACQUINAY et RAMAUT (1960) enthalten nur Angaben über den Gesamtzinkgehalt des Bodens. Wegen der unterschiedlichen Festlegung dieses Metalles bei verschiedener Bodenazidität (SCHARRER und HÖFNER 1958) kommt ihm aber nur eine geringe biologische Aussagekraft zu. Deshalb soll das pflanzenverfügbare Zink und eine mögliche Korrelation zum Metallgehalt der Pflanzen erfaßt werden, worauf BERGH (1947) in Norwegen aufmerksam gemacht hat.

Die ersten chemischen Analysen an Galmeipflanzen verdanken wir RISSE (zit. nach BAUMANN 1885). Sie wurden durch die Ergebnisse von KÖNIG (1899), EMMERLING und KOLKWITZ (1914) und BERTRAND (1933) ergänzt. PERSSON (1956) analysierte „Kupfermoose“ auf ihren Schwermetallgehalt. LANGE und ZIEGLER (1963) sowie MACQUINAY und Mitarbeiter (1961) teilten Schwermetallgehalte von Flechten mit.

Wie die physiologischen Untersuchungen an Galmeipflanzen durch BAUMEISTER (1954), SCHWANITZ und HAHN (1954), BAUMEISTER und BURGHARDT (1956), WACHSMANN (1959), BRÖKER (1962) und REPP (1963) gezeigt haben, ist die Anpassung an den Schwermetallgehalt des Bodens nicht so groß, daß Schädigungen ausgeschlossen sind. Diese Pflanzen zeigen jedoch eine erheblich gesteigerte Widerstandskraft gegen die standortseigenen Schwermetalle, während eine allgemeine Resistenz gegen Schwermetallverbindungen nicht besteht.

Die Untersuchungen umfaßten die Schwermetallgesellschaften des Westharzes und seines Vorlandes. Weiterhin wurden die metallicolen Assoziationen Westfalens, des Mechernicher Bleisandgebietes und des Aachener Gebietes bearbeitet, das sich von Stolberg bis nach Plombières/Belgien erstreckt. Ebenso wurden die Metallvorkommen in Wiesloch bei Heidelberg, das Blei-Zink-Gebiet des Hochschwarzwaldes und die östlichen Vogesen in diese Arbeit einbezogen. In den Alpen wurden die Schwermetallgesellschaften in der Mieminger Kette bei Nasseireith und Biberwier, in der Metallzone der Gailtaler und Karnischen Alpen von Raibl (Cave del Predil) bis Oberdrauburg/Kärnten sowie in den Bergamasker Alpen aufgenommen. Zur Zeit werden diese Arbeiten in Westeuropa weitergeführt.

Die soziologischen Aufnahmen wurden vom Herbst 1962 bis zum Herbst 1963 durchgeführt. Die Bodenuntersuchungen und die Pflanzenanalysen erfolgten im Botanischen Institut der Universität Münster/Westfalen.

An dieser Stelle danke ich allen Herren, die diese Arbeit gefördert haben, vor allem meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. W. Baumeister, der mir das Thema als Dissertation überlassen hat, Herrn Dr. Burrichter für seine Beratung innerhalb der soziologisch-systematischen Fragestellung und Herrn Dr. Koppe, Bielefeld, für die Revision einer Anzahl von Moosproben. Herr Dipl.-Ing. Wietshnig, Thörl-Maglern, und Herr Forst-Ing. Zaworka, Bleiberg ob Villach, gaben mir wertvolle Hinweise und Hilfe während meines Aufenthaltes in Kärnten.

B. METHODIK

In der Methodik der floristischen Aufnahmen folgte ich der BRAUN-BLANQUETSchen Schule. Die Nomenklatur der Angiospermen richtet sich, soweit möglich, nach ROTHMALER (1963), die der Bryophyten nach GAMS (1956) und der Lichenen nach BERTSCH (1964).

Bei der Bestimmung der aktuellen Azidität liegen die Angaben von HERRMANN (1955) zu Grunde. Boden und Flüssigkeit (aqua dest. bzw. n/10 KCl) wurden im Verhältnis 10 g : 25 ccm unter häufigem Umrühren in der Aufschlämmung auf elektrochemischem Wege gemessen. In der Bestimmung der Wasserkapazität folgte ich der Methodik von MITSCHERLICH (HERRMANN 1955). Bei der Entnahme von Bodenproben wurden Kunststoffgeräte verwendet, da der Gebrauch der üblichen Geräte eine Erhöhung des Metallgehaltes nicht ausschließt. Von den Böden wurde das pflanzenverfügbare Zink der Feinerde (Kornfraktionen $< 2 \text{ mm } \phi$) mit 2 %iger Citronensäure nach den Angaben von MUNK (1956) zwei Stunden lang auf der Schüttelmaschine extrahiert. Die Zn-Bestimmung erfolgte kolorimetrisch mit Indo-oxin nach der von SCHARER und MUNK (1956) angegebenen Methode. Es wurde im Spektralphotometer ZEISS PM Q II bei $685 \text{ m}\mu$ gemessen. Der mittlere Fehler lag bei $\pm 2,8 \%$, der maximale Fehler bei $\pm 4,2 \%$. Sämtliche Bodenanalysen wurden an luftgetrocknetem Material vorgenommen.

Für die Pflanzenanalysen wurden die Pflanzen gründlich mit aqua dest. gewaschen, bei 105° C getrocknet, und die einzelnen Pflanzenteile bei Einwaagen von 100–200 mg im Kjeldahlkolben bei 250° C naß verascht. Das Veraschungsgemisch bestand aus 7 ml HNO_3 ($s = 1,4$) und 2 ml HClO_4 ($s = 1,54$). Aliquote Teile wurden nach den gleichen Analysenvorschriften auf Zink untersucht. Hier betrug der mittlere Fehler $\pm 1,5 \%$, der maximale Fehler $\pm 3,5 \%$.

Die Wurzelprofile, die nach den von KUTSCHERA (1960) entwickelten Verfahren ergraben wurden, hielt ich je nach den lokalen Gegebenheiten zeichnerisch oder photographisch fest.

Die Messung der Beleuchtungsstärke erfolgte mit einem Luxmeter.

Das Saatgut für die genetischen Untersuchungen wurde am Wuchsort der Arten gesammelt. Die Chromosomenzählung erfolgte an Wurzelspitzen, die nach DARLINGTON und LA COUR (1962) mit 0,001 mol Oxychinolin-Lösung zwei Stunden lang fixiert und mit Feulgen gefärbt wurden.

C. ZINKGEHALT DER SCHWERMETALLPFLANZEN

Die Zinkanalysen haben gezeigt, daß mindestens die Charakterpflanzen der *Violetea calaminariae* hohe Zinkkonzentrationen ertragen können.

In der vorliegenden Arbeit sind die Zinkgehalte durch folgende Begriffe charakterisiert:

Zinkgehalt	in Pflanzen	in Böden
sehr gering	$< 500 \text{ ppm}$	$< 500 \text{ ppm}$
gering	501 — 1 000	501 — 1 000
mittel	1 001 — 3 000	1 001 — 5 000
hoch	3 001 — 6 000	5 001 — 9 000
sehr hoch	6 001 — 10 000	9 001 — 15 000
extrem hoch	$> 10 000$	$> 15 000$

Die Quantitäten an Zink, die in den Pflanzen angehäuft werden, variieren jedoch von Art zu Art und von Organ zu Organ (Tab. 1).

Tabelle 1

Durchschnittlicher Zinkgehalt der einzelnen Schwermetallpflanzen (Breiniger Berg/Aachen, Juni 1963)

	<i>Armeria maritima calamin.</i>	<i>Silene cucubal. humilis</i>	<i>Thlaspi alpestre calamin.</i>	<i>Minuartia verna hercynica</i>	<i>Viola calami- naria</i>
Blüten	340 ppm 5 ‰	120 ppm 4 ‰	3 500 ppm 11 ‰	—	212 ppm
Sproßstiele	1 240 ppm 19 ‰	540 ppm 17 ‰	7 980 ppm 25 ‰	—	510 ppm
Blätter	2 030 ppm 31 ‰	720 ppm 22 ‰	11 500 ppm 36 ‰	2 920 ppm	700 ppm
Wurzel (0—10 cm)	1 700 ppm 26 ‰	950 ppm 29 ‰	9 300 ppm 28 ‰	4 130 ppm	—
Wurzel (10 cm)	1 180 ppm 18 ‰	900 ppm 28 ‰	—	—	—

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß die höchsten Zinkwerte in den Blättern bzw. in den Wurzeln zu finden sind. Diese Werte sind bis zu einigen hundert Malen größer als die Zinkkonzentrationen in Pflanzen, die auf normal versorgten Böden gewachsen sind (Tab. 2).

Tabelle 2

Zinkgehalte in Pflanzen von normal versorgten Böden

Art	Zinkgehalt (ppm)	Autor
<i>Avena pratensis</i> , Blätter	17	
<i>Bellis perennis</i> , Blätter	33	
<i>Hieracium umbellatum</i> , Blätter	96	
Kopfsalat, Blätter	4	BERTRAND 1928
Wiesenheu	7	MUNK 1956
<i>Iris</i> , Blätter	18	HIBBARD 1943
<i>Tussilago farfara</i> , Blätter	37	JAVILLIER 1908
<i>Trifolium pratense</i>	27—62	ANKE 1962
Spinat, Blätter	104	SCHAUMLOFFEL 1960

Weiterhin verdeutlichen die Ergebnisse der Bodenanalysen, daß der Metallgehalt in den einzelnen Bodenhorizonten recht variabel ist. Diese Tatsache trifft nicht nur für normal versorgte Böden, sondern auch für die schwermetallreichen Böden zu (Tab. 3).

Tabelle 3

Variabilität des Zinkgehaltes in den Bodenhorizonten

Boden-	Podsol		Waldboden		Schwermetallboden	
horizont	1)	2)	1)	3)	4)	
A ₀	—	—	28 ppm	—	5 600 ppm	
A ₁	33 ppm	49 ppm	26 ppm	7 800 ppm	4 100 ppm	
B	25 ppm	73 ppm	30 ppm	4 500 ppm	4 470 ppm	
C	34 ppm	132 ppm	47 ppm	42 200 ppm	3 970 ppm	

1) nach VINOGRADOV (1954), 2) nach STAIKOFF (1962), 3) nach SCHWICKERATH (1931),

4) nach eigenen Untersuchungen aus dem Harz (citronensäurelöslicher Anteil).

Wegen dieser Schwankungen in den einzelnen Bodenhorizonten lassen sich nur Pflanzen mit gleicher Wurzeltiefe vergleichen. Obwohl die Hauptwurzelmasse und die Wurzeltiefe der absorbierenden Teile sich bei den Flachwurzlern *Viola calaminaria* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* ebenso wie bei den Pfahlwurzlern *Armeria maritima* ssp. *calaminaria* und *Silene cucubalus* var. *humilis* entsprechen, sind die Differenzen im Zinkgehalt der Arten sehr groß. Sie lassen einen wirksamen Mechanismus innerhalb der Wurzeln vermuten, der das Eindringen bzw. die Weitergabe von Schwermetallionen wenigstens teilweise unterbinden kann.

Die Unterschiede im Zinkgehalt der einzelnen Arten zeigen relativ charakteristische Werte (Tab. 4). Auffällig ist der geringe Zinkgehalt von *Viola calaminaria*, während *Viola dubyana*, *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare* und *Thlaspi cepeaeifolium* relativ hohe Werte erreichen.

Diese beträchtliche Variation innerhalb der einzelnen Arten stimmt auch mit den wenigen bisher von anderen Autoren veröffentlichten Zinkanalysen an Galmeipflanzen überein, die der Tabelle 4 hinzugefügt sind. Dabei sind nur die vergleichbaren Analysen von Blättern ausgewertet worden.

Tabelle 4

Durchschnittlicher Zinkgehalt der Schwermetallpflanzen

Art	Eigene Untersuchungen		Literaturwerte	
	Zinkgehalt (ppm)	Zahl d. Stand-orte	Zinkgehalt (ppm)	Zahl d. Stand-orte
<i>Viola calaminaria</i> var. <i>westfalica</i>	579	3	—	—
<i>Viola calaminaria</i>	686	4	860 ¹⁾ ²⁾	2
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	1 719	27	1 535 ¹⁾ ³⁾	2
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>calaminaria</i>	1 895	2	2 446 ¹⁾ - ³⁾	3
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	3 007	17	2 650 ²⁾	1
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>halleri</i>	3 328	5	—	—
<i>Viola dubyana</i>	5 230	4	—	—
<i>Thlaspi cepeaeifolium</i>	5 440	2	—	—
<i>Thlaspi alpestre</i> ssp. <i>calaminare</i>	7 757	7	7 377 ²⁾ - ⁴⁾	3

¹⁾ nach BAUMANN (1885), ²⁾ nach JAVILLIER (1908), ³⁾ nach MACQUINAY et RAMAUT (1960), ⁴⁾ nach RISSE aus LABAND (1901).

Dabei ist außerdem zu beachten, daß der Zinkgehalt in den Pflanzen auf Grund der Akkumulatorwirkung während der Vegetationsperiode zunimmt, wie es bereits CANNON (1952) bei den Uran und Vanadium speichernden Pflanzen Nordamerikas nachweisen konnte (Tab. 5).

Tabelle 5

Mittlere Zinkanreicherung während der Vegetationsperiode in Schwermetallpflanzen

Art	Fundort	Juni ppm	Okt. ppm	Zunahme %
Zinkgehalt der Blätter von:				
<i>Cardaminopsis halleri</i>	Blankenrode	3 590	7 660	113,3
<i>Viola calaminaria</i> var. <i>westfalica</i>	Blankenrode	569	867	52,3
<i>Thlaspi alpestre</i> ssp. <i>calaminare</i>	Silberberg			
	Osnabrück	6 400	6 700	4,4

Zu den Werten der Tabelle 5 sei bemerkt, daß der Vegetationsbeginn von *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare* bereits Anfang April, derjenige von *Viola calaminaria* und *Cardaminopsis halleri* erst Anfang Mai lag. Eine im Mai gesammelte Probe des Galmeitäschelkrautes enthielt 2 910 ppm Zink in den Blättern.

Sind diese Pflanzen nun als Metallophyten im Sinne DUVIGNEAUD's (1958), Metallophile oder Metallresistente aufzufassen? Als Metallophyten werden jene Pflanzen bezeichnet, die zu ihrem optimalen Gedeihen das entsprechende Element in höheren Konzentrationen benötigen. Wie eine Fülle von Untersuchungen (z. B. bereits BRAUN 1854) ergeben haben, brauchen die Galmeipflanzen keine größeren Mengen an Zink zum Wachstum und können daher im Gegensatz zu den Kuprophyten Katangas und den Selenophyten Colorados nur als metallophil oder metallresistent gelten. Die Metallresistenz, d. h. die Zink- oder die Kupferresistenz ist durch physiologische Untersuchungen gesichert (BAUMEISTER 1954, SCHWANITZ und HAHN 1954, WACHSMANN 1959, REPP 1963). Ob die Pflanzen zinkliebend sind, läßt sich aus den bisherigen Ergebnissen noch nicht sicher schließen, zumal es sich meist um konkurrenzempfindliche Arten handelt, die wahrscheinlich im Laufe der Vegetationsentwicklung auf die Schwermetallböden zurückgedrängt worden sind.

Deshalb haben wir es hier wohl weniger mit den für den prospektierenden Geologen wichtigen „indicator plants“ (HARBAUGH 1950), als vielmehr mit „accumulator plants“ (ROBINSON 1947) zu tun, deren Blätter das entsprechende Element mitunter proportional zum Gehalt im Boden anhäufen, wie es in Tabelle 6 für die Schwermetallgesellschaften von Aachen und Blankenrode im Sauerland dargestellt ist.

Tabelle 6

Relation zwischen Zinkgehalt der Blätter und dem pflanzenverfügbaren Zink des Bodens. Bei der Berechnung des Prozentsatzes bildet der Zn-Gehalt des Bodens jeweils die Bezugsbasis.

		Aachen			Blankenrode		ϕ
Zn-Gehalt im Boden	ppm ‰	15 700 100	6 180 39	4 420 28	5 930 37	4 300 27	
Zn-Gehalt der Blätter von (ppm):							
<i>Silene cucubalus</i>		1 183	720	745	1 140	596	
var. <i>humilis</i>	7 ‰	11 ‰	17 ‰	19 ‰	14 ‰	13 ‰	13 ‰
<i>Minuartia verna</i>		4 359	2 920	1 868	2 530	1 222	
ssp. <i>hercynica</i>	28 ‰	47 ‰	42 ‰	42 ‰	30 ‰	37 ‰	37 ‰
<i>Viola calaminaria</i>		621	700	452	632	537	
	4 ‰	11 ‰	10 ‰	10 ‰	12 ‰	9 ‰	9 ‰

Dabei ist allgemein festzustellen, daß bei extrem hohen Zinkgehalten im Boden die Zinkmengen in der Pflanze absolut gesehen höher, in Relation zum Boden aber niedriger liegen.

Außerdem sei darauf verwiesen, daß sich eine Art in zwei verschiedenen Gebieten hinsichtlich dieser Beziehung variabel verhalten kann, wie es ein Vergleich der Schwermetallgesellschaft des Silberberges bei Osnabrück mit denjenigen des Aachener und Blankenroder Gebietes zeigt (Tab. 7). So erreicht die Relation bei *Silene cucubalus* var. *humilis* am Silberberg den Wert von 51 ‰, in den beiden anderen Gebieten dagegen nur 13 ‰.

Tabelle 7

Relation im Zinkgehalt von Pflanze und Boden am Silberberg bei Osnabrück

Zn-Gehalt im Boden	5 060 ppm 100 ‰	2 480 ppm 49 ‰	1 240 ppm 24 ‰	Ø
Zn-Gehalt in den Blättern von:				
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	2 050 ppm 40 ‰	1 411 ppm 57 ‰	700 ppm 56 ‰	51 ‰
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	2 460 ppm 48 ‰	1 390 ppm 56 ‰	759 ppm 61 ‰	55 ‰
<i>Thlaspi alpestre</i> ssp. <i>calaminare</i>	6 790 ppm 134 ‰	4 280 ppm 172 ‰	1 631 ppm 131 ‰	145 ‰

Auch im Harz bleibt das Verhältnis zwischen pflanzenverfügbarem Zink des Bodens und der Pflanze gewahrt (Tab. 8).

Tabelle 8

Zinkrelation zwischen Pflanze und Boden im Harz

Zn-Gehalt im Boden	7 365 ppm 100 ‰	3 460 ppm 45 ‰	1 825 ppm 27 ‰	Ø
Zn-Gehalt der Blätter von:				
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	3 840 ppm 52 ‰	1 621 ppm 47 ‰	905 ppm 49 ‰	49 ‰
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	8 470 ppm 114 ‰	—	1 682 ppm 91 ‰	102 ‰
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>balleri</i>	6 500 ppm 89 ‰	2 496 ppm 73 ‰	1 137 ppm 62 ‰	74 ‰

Allerdings muß dabei beachtet werden, daß durch die Überschwemmungen der Flüsse stets zinkhaltige Pochsande auf den Flußterrassen abgelagert werden. Dadurch wird der Zinkgehalt der oberen Bodenschicht (0—2 cm) erhöht (EMMERLING und KOLKWITZ 1914). Deshalb wird als Bezugswert der darunterliegende Bereich (2—10 cm) herangezogen.

Für die Alpen ergeben sich ähnliche Beziehungen wie in den bisher besprochenen Gebieten (Tab. 9).

Tabelle 9

Verhältnis zwischen Zinkgehalt von Pflanzen und Böden in den Alpen.

	Bergamasker Alpen		Gailtaler Alpen	
Zn-Gehalt im Boden (0—5 cm)	16 360 ppm 100 ‰	6 630 ppm 40 ‰	14 330 ppm 83 ‰	10 850 ppm 66 ‰
Zn-Gehalt der Blätter von:				
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	3 460 ppm 21 ‰	1 571 ppm 24 ‰	4 180 ppm 29 ‰	3 555 ppm 32 ‰
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	2 659 ppm 16 ‰	1 947 ppm 29 ‰	5 020 ppm 35 ‰	4 740 ppm 43 ‰
<i>Thlaspi cepeae- folium</i>	—	—	6 080 ppm 42 ‰	4 840 ppm 44 ‰

Eine Relation zwischen Gesamtzinkgehalt des Bodens und dem Zinkgehalt in den Blättern der Pflanzen scheint nicht zu bestehen, wie aus einem Vergleich mit den von MACQUINAY und RAMAUT (1960) mitgeteilten Werten hervorgeht. Lediglich *Silene cucubalus* var. *humilis* macht hiervon eine Ausnahme (Tabelle 10).

Wenn die aufgenommenen Zinkmengen in den Pflanzen zu groß werden, führt es zu Chlorosen, wie HEWITT (1954) in physiologischen Versuchen mit Zuckerrüben und Spinat zeigen konnte. Wegen des Antagonismus zum Eisen wird der Metabolismus der Pflanzen, besonders die Chlorophyllbildung, gestört. Die Pflanzen zeigen also eine Eisenmangelchlorose. Solche Vergiftungserscheinungen sind besonders durch EMMERLING und KOLKWITZ (1914) sowie durch KNICKMANN (1959) aus dem Innerstegebiet bekannt geworden, wo der durch Hochwasser aufgespülte Pochsand bei Hafer und Zuckerrüben Chlorosen verursacht. Ebenso sind schädigende Einflüsse durch zinkhaltige Abwässer aus Bergwerken auf den Wiesen des Elpetales im Sauerland durch KÖNIG (1899) beobachtet worden. Doch handelt es sich hier grundsätzlich um negative Wirkungen bei Nicht-Schwermetallikern.

Tabelle 10

Relation zwischen Zinkgehalt der Pflanzen und Gesamtzink des Bodens (n. MACQUINAY et RAMAUT 1960)

Aufnahmeorte	la Calamine	Plombières	Angleur	Sippenaken
Gesamtzinkgehalt des Bodens	31 400 ppm 100 ‰	31 100 ppm 99 ‰	24 000 ppm 76 ‰	4 600 ppm 14 ‰
<i>Thlaspi alpestre</i>	15 200 ppm	5 700 ppm	12 100 ppm	8 500 ppm
ssp. <i>calaminare</i>	48 ‰	18 ‰	50 ‰	184 ‰
<i>Viola calaminaria</i>	—	900 ppm 3 ‰	3 700 ppm 12 ‰	1 700 ppm 39 ‰
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	1 500 ppm 5 ‰	1 600 ppm 5 ‰	1 300 ppm 6 ‰	570 ppm 8 ‰

Von Galmeipflanzen wurden bisher solche Chlorosen nicht beschrieben, möglicherweise weil die toxische Wirkung hoher Quantitäten an Zink eine

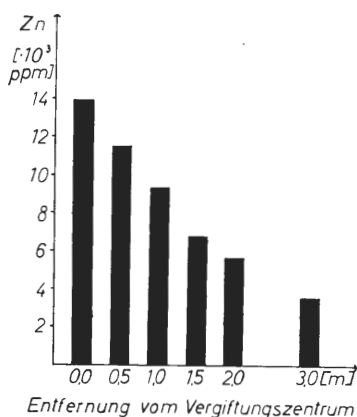


Abb. 1. Zinkgehalt in Abhängigkeit von der Entfernung vom Entgiftungszentrum bei chlorotischer *Cardaminopsis halleri*.

Keimung vielfach überhaupt verhindert (LUNDEGARDH 1948). Auf der Galmewiese in Blankenrode konnte ich dagegen eine solche Chlorose bei Pflanzen von *Cardaminopsis halleri* feststellen. In einer stark durchnässten Zone waren die Exemplare dieser Art sehr klein (bis 5 cm hoch), die unteren Blätter noch hellgrün, die oberen und die Sproßspitze gelbweiß. Hangaufwärts nahm der Chlorophyllgehalt in den Blättern zu, die Individuen waren wesentlich größer. Dafür enthielten diese Pflanzen nur ein Viertel der Zinkmengen, die sich in den chlorotischen Exemplaren nachweisen ließen (Abb. 1).

Die aktuelle Azidität des Bodens lag bei $\text{pH} = 6,9$ (in H_2O) bzw. 6,5 (in $n/10 \text{ KCl}$). Das Angebot an pflanzenverfügbarem Zink erreichte im Vergiftungszentrum Werte von 8 000 ppm, außerhalb der chlorotischen Zone einen Wert von 5 000 ppm. Dieser Unterschied kann eine der Ursachen für die Entstehung der Chlorose sein.

D. DIE INITIALSTADIEN DER SCHWERMETALLGESELLSCHAFTEN

In fast allen untersuchten Gebieten sind nur noch vereinzelt schwermetallhaltige Böden auf dem Austreichenden erzführender Schichten erhalten, da die meisten von ihnen schon seit Jahrhunderten beschürft werden. Dagegen haben sich die Assoziationen auf den von Menschen geschaffenen Standorten ausbreiten können. Es sind dies die Halden und Pingen und die mit Pochsanden angeereicherten Uferzonen einiger Flüsse. Während auf den natürlichen Standorten die Schwermetallpflanzengesellschaften ihre optimale Ausbildung erreicht haben, liegen bei der Besiedlung der anthropogen bedingten Flächen noch Initialstadien vor, die eine bestimmte Sukzessionsfolge aufweisen. Diese Stadien halten vielfach mehrere Jahrzehnte vor. (Deshalb erachte ich den Begriff „Phase“ für diese Entwicklungsstufen als unangebracht). Da diese Sukzession an allen Stellen gleichartig ist, kann sie gemeinsam besprochen werden.

a. Das *Silene*-Stadium.

Abgesehen von Kümmerformen der Krustenflechten *Lecanora spec.* und *Acarospora spec.* kann in diesem Stadium von den höheren Pflanzen nur *Silene cucubalus* var. *humilis* den Anforderungen, die ein Steilhang einer Halde an die Vegetation stellt, gerecht werden (Tab. 11). Sie kann als Pionierpflanze eine Überscotterung bzw. Übersandung ihrer oberirdischen Teile ertragen und leitet die Stabilisation des Substrates ein. Zu dem sehr hohen Schwermetallgehalt und dem allgemeinen Nährstoffmangel des Haldenmaterials kommt als weiteres ökologisches Problem die geringe Wasserkapazität, an die sich *Silene cucubalus* var. *humilis* mit einer bis 2,50 m langen Pfahlwurzel gut angepaßt hat.

Dadurch ist es der Pflanze bei Austrocknung der oberen Schichten möglich, die tieferliegenden Wasserreserven zu erreichen. Das bei geringen Niederschlägen nur oberflächlich eingesickerte Wasser kann durch ein in dieser Bodenzone ausgebildetes und reich verzweigtes System von Seitenwurzeln aufgenommen werden.

Der Gehalt an pflanzenverfügbarem Zink erreicht in diesem Stadium sehr hohe Werte (mehr als 10 000 ppm), die aber höchstens ein Viertel des Gesamt-

zinkgehaltes betragen. Die Werte eines Ackerbodens liegen demgegenüber vergleichsweise bei 15 ppm (Münster-Gievenbeck), nach VINOGRADOV (1954) zwischen 10—100 ppm (Tab. 11).

Die Blätter von *Silene cucubalus* var. *humilis* sind in Anpassung an die großen Temperaturmaxima und an die Trockenheit dieser Standorte besonders schmal, zeigen aber oft an warmen Tagen während der Mittagszeit deutliche Welkerscheinungen, die die schwierige Wasserversorgung nur verdeutlichen.

Die Kümmerformen der Krustenflechten waren bei trockenem Wetter nur sehr schwer zu erkennen und wurden daher bei den Aufnahmen nicht berücksichtigt.

Tabelle 11

Silene-Stadium

Aufnahme Nr.	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Probenentnahme	Juni	Juni	Juni	Aug.	Aug.	Aug.
Exposition	SW	E	ESE	SW	S	S
°	25	20	20	20	15	10
Höhe über NN	520	400	300	1 150	2 050	1 800
Wasserkapazität ‰	14,1	10,2	19,2	15,7	18,7	22,4
pH-Wert (H ₂ O dest.)	5,9	6,8	6,4	7,9	7,5	6,8
pH-Wert (n/10 KCl)	5,2	6,2	6,0	7,1	6,8	6,4
Pfl.verfügbares Zn im Boden (0—50 cm) ppm	8 440	10 800	14 150	10 160	18 400	52 400
Zn-Gehalt d. Blätter von <i>Silene</i> (ppm)	1 630	585	1 180	650	4 180	3 840
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	+ 2	2.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Die Proben der Aufnahmen Nr. S1—S6 (Tab. 11) sind folgenden Orten entnommen:

Aufn. Nr.	S1 Halde bei Frankenscharnhütte/Harz
	S2 Bleikuhle bei Blankenrode/Sauerland
	S3 Galmeschutthalde bei La Calamine/Belgien
	S4 Halde des Matthäusstollen in Bleiberg ob Villach/Kärnten
	S5 Halde am Reißkofel bei Oberdrauburg/Kärnten
	S6 Galmehalde am Pizzo Arera/Bergamasker Alpen

b. Das *Minuartia*-Stadium.

Als zweite Pionierpflanze (Tab. 12) an steilen Hängen oder als erste auf flacheren Standorten, an denen feinerereiches Material eingeschwemmt ist, erscheint *Minuartia verna* ssp. *hercynica*, die mit ihrem reichverzweigten, aber höchstens 30 cm in die Tiefe reichenden Wurzelsystem höhere Ansprüche an die Wasserkapazität des Bodens stellt. Diese Art verträgt ebenfalls eine schwache Übersichtung und ein Rutschen des Materials, was sich oft in einer bis zu 20 cm freiliegenden hangabwärts gerichteten Hauptwurzel zeigt.

Infolge der lockeren Lage der trockenen Feinerde ist die Wärmeableitung in der oberen Bodenschicht geringer als im *Silene*-Stadium, dessen Gesteine eine große Wärmeleitfähigkeit besitzen. Deshalb kommt es zu einer starken Erwärmung der Bodenoberfläche, die die Frühlingsmiere mit ihren nadelförmigen Blättern ohne sichtbaren Schaden ertragen kann. In geringer Tiefe wird durch die dichtere Lage der Feinerde die Wasserkapazität und die Temperaturleit-

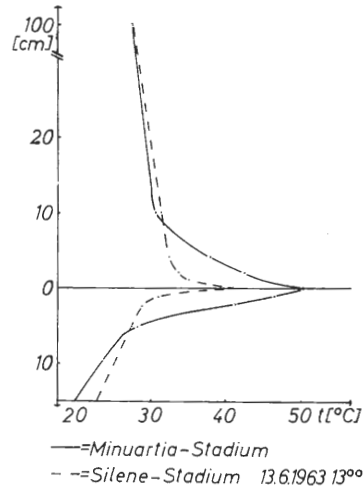


Abb. 2. Verlauf der Boden- und Lufttemperatur im *Silene*- und *Minuartia*-Stadium in Blankenrode/Sauerland.

fähigkeit größer, so daß die Wasserbilanz im *Minuartia*-Stadium wesentlich günstiger als im *Silene*-Stadium ist. Über die Temperaturverhältnisse möge die folgende Darstellung Aufschluß geben. (Abb. 2).

Durch den geringen Anteil an grobem Material wird bei der Verwitterung etwas weniger Zink frei. Trotzdem ist der Gehalt an pflanzenverfügbarem Zink noch sehr groß, wie es aus Tabelle 12 zu ersehen ist.

Tabelle 12

Minuartia-Stadium

Aufnahme Nr.	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Probenentnahme	Juni	Juni	Juni	Aug.	Aug.	Aug.
Exposition	SSE	E	S	S	SSW	S
Deckungsgrad %	2	20	20	30	35	20
Höhe über NN	15	3	10	20	5	10
	480	400	260	1 000	2 050	2 150
Wasserkapazität %	23,3	31,9	30,2	27,2	32,4	31,7
pH-Wert (H ₂ O dest.)	6,2	6,7	6,9	7,8	7,7	6,8
pH-Wert (n/10 KCl)	5,5	6,2	6,5	7,2	7,3	6,4
Pfl.verfügbares Zn im Boden (ppm)						
von: 0—8 cm	3 620	18 490	11 630	10 800	14 200	31 100
9—20 cm	3 580	14 360	12 800	11 000	—	49 300
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	1.2	.	1.2	1.2	.	1.2
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	2.2	1.2	2.2	2.2	+3	2.2
<i>Thlaspi cepeaeifolium</i>	.	.	.	.	1.2	.

Die Aufnahmeorte der Tab. 12 liegen:

- Aufn. Nr. M1 Schlackenhalde bei Mittelschulenburg im Harz
M2 Bleikuhle bei Blankenrode/Westfalen
M3 Halde am Schlangenberg bei Breinig östlich von Aachen
M4 Halde bei Bleiberg-Hüttendorf/Kärnten
M5 Galmeischutt am Jauken bei Oberdrauburg in Kärnten
M6 Galmeischutthalde an der Ciema di Grem in den Bergamasker Alpen

Etwas abgeändert in der Artenkombination ist das Initialstadium der Schwermetallpflanzengesellschaft in den Gailtaler Alpen (Aufn. Nr. M5, Tab. 12). Dort bildet *Minuartia verna* zusammen mit *Thlaspi cepeaeifolium* WULFEN auf den feinerdereichen Stellen die Pioniervegetation, während auf dem zinkhaltigen Grobschutt der Taubenkropf und die Frühlingsmiere als Pionierpflanzen siedeln.

c. Das Euphrasia-Stadium

Nachdem die Pionierpflanzen der Initialstadien das Gesteinsmaterial gefestigt und eine Pedogenese eingeleitet haben, kommt eine Reihe weiterer Arten als Siedler auf den schwermetallhaltigen Böden hinzu, deren Wasserkapazität wesentlich größer geworden ist. Es sind dies *Festuca ovina* ssp. *ovina*, *Agrostis tenuis*, *Rumex acetosa*, verschiedene *Thymus*-Arten je nach der Verbreitung der Assoziationen und als kennzeichnende Art dieses Stadiums *Euphrasia stricta* bzw. *Euphrasia salisburgensis* in den Alpen.

Im Schutz der Polster von *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und *Festuca ovina* kommen auch bereits die ersten Moose hinzu, die aber in diesem Stadium meist nur als Kümmerformen erscheinen.

Der Feinerdegehalt nimmt auf Grund der fortschreitenden Bodenbildung und der starken unterseitigen Verrottung der *Minuartia*-Polster zu. Das Angebot an pflanzenverfügbarem Zink wird im Vergleich zu den vorhergehenden Stadien in den oberen 20 cm geringer und ermöglicht dadurch auch die Keimung anderer Arten (Tab. 13).

Tabelle 13
Euphrasia-Stadium

Aufnahme Nr.	E1	E2	E3	E4	E5
Probenentnahme	Juni	Juni	Juni	Aug.	Aug.
Aufnahmefläche m ²	100	100	10	100	100
Exposition	NW	W	ENE	SE	—
°	10	20	15	5	—
Deckungsgrad d. Krautsch. %	30	25	20	10	20
Deckungsgrad d. Bodensch. %	1	1	—	—	1
Höhe über NN	350	400	265	1 300	2 050
Wasserkapazität	28,7	35,2	38,7	34,0	32,2
pH-Wert (H ₂ O dest.)	6,4	6,9	7,2	6,3	6,9
pH-Wert (n/10 KCl)	5,7	6,3	6,9	5,7	6,3
Pfl.verfügbares Zink in 0—20 cm Tiefe (ppm)	—	7 860	10 500	7 380	30 100
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	1.2	2.2	1.2	+2	.
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	1.2	1.2	1.1	1.2	2.2
<i>Festuca ovina</i> ssp. <i>ovina</i>	2.2	1.2	1.2	.	.
<i>Euphrasia stricta</i>	+1	1.1	1.1	.	.
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	.	.	.	1.1	2.1
<i>Thymus pulegioides</i>	+1	+1	.	.	.
<i>Campanula rotundifolia</i>	.	+1	+1	.	.
<i>Agrostis tenuis</i>	+1	.	.	.	.
<i>Thymus alpinus</i>	.	.	.	+1	+1
<i>Dianthus silvester</i>	.	.	.	+2	+2
<i>Bryum caespiticium</i>	+°	+°	.	.	+°
<i>Weisia viridula</i>	.	+1	.	.	.
<i>Tortella tortuosa</i>	.	.	.	.	+1

Die Fundorte der Aufnahmen Nr. E1—E5 (Tab. 13) liegen an folgenden Stellen:

- Aufn. Nr. E1 W-Hang des Rammelsberges/Harz
E2 W-Hang der Bleikuhle b. Blankenrode in Westfalen
E3 Pinge am Breiniger Berg b. Aachen
E4 Mte Castillo/Bergamasker Alpen
E5 Pizzo Arera/Bergamasker Alpen.

Während die drei bisher beschriebenen Initialstadien überall gleichartig sind, setzt von nun an in den einzelnen Gebieten eine stärkere floristische Differenzierung ein. Es kommen die für die Schwermetallassoziationen charakteristischen Arten hinzu, die das Typikum der einzelnen Gesellschaften bilden. Die mittlere Artenzahl bleibt sehr gering, was auf die starke ökologische Spezialisierung dieser Pflanzenverbände hindeutet.

E. DIE MITTELEUROPÄISCHEN SCHWERMETALLGESELLSCHAFTEN

Bei allen erwähnten Gesellschaften handelt es sich eindeutig um Assoziationen auf Schwermetallböden. SCHWICKERATH (1933), WESTHOFF (1946), BRAUN-BLANQUET (1951), SCHUBERT (1952) und TÜXEN (1955) faßten deshalb die damals bekannten Assoziationen wegen der gemeinsamen verbindenden Arten zum Verband des *Violion calaminariae* SCHWICKERATH 1933 zusammen, das der Klasse *Festuco-Brometea* zugeteilt wurde. Dagegen stellt ELLENBERG (1963) sie zu den Trockenrasen-Verbänden der einzelnen Gebiete. Ein Teil der Gesellschaften besitzt zwar eine Reihe von *Festucion vallesiaca*-Arten und hat auch Beziehungen zu dieser Ordnung; andere dagegen enthalten Pflanzen des *Mesobromion* oder des *Stipeto-Poion xerophila*.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung gestalten eine Zuordnung aller, besonders der alpinen Gesellschaften zu den *Festuco-Brometea* recht schwierig. Um der Sonderstellung gerecht zu werden, kann man deshalb diese auf schwermetallhaltiger Unterlage wachsenden Assoziationen zwanglos zur Klasse *Violetea calaminariae* BR-BL et TX 1943 zusammenfassen. In ihr kann bis jetzt nur eine Ordnung *Violetalia calaminariae* ausgeschieden werden. Aus diesem Grunde fallen Ordnungs- und Klassenkennkarten, die hier erstmals erfaßt werden, zusammen.

Kennarten der Klasse und Ordnung:

Silene cucubalus var. *humilis*

Minuartia verna ssp. *hercynica*.

In der Ordnung kann man jedoch drei Verbände unterscheiden, die geographisch getrennte Räume besiedeln,

1. das mehr Trockenheit ertragende *Armerion halleri* in Mitteldeutschland,
2. das *Thlaspeion calaminariae* des westlichen Mitteleuropas und
3. das alpine *Galio-Minuartion verna*.

Sie sind durch Kennarten und Trennarten floristisch gut zu fassen.

I. *Armerion halleri* ERNST all. nov.

a. Systematik des *Armerion halleri*-Verbandes.

Die Untersuchungen der Schwermetallgesellschaften im östlichen Harzvorland durch SCHUBERT (1952) und die eigenen Aufnahmen aus dem Westharz ermöglichen eine Zusammenfassung dieser Assoziationen zu einem eigenen Verband. Die in diesem Gebiet endemische *Armeria maritima* ssp. *halleri* ist die einzige Kennart des Verbandes. Als Trennarten gegen die anderen Schwermetall-Assoziationen besitzt das *Armerion halleri* *Cladonia alccicornis*, *Asperula cynanchica*, *Silene otites*, *Scabiosa canescens* und *Potentilla heptaphylla*, also alles Arten mit kontinental-submediterraner Ausbreitungstendenz. Die Verbreitung des Verbandes bleibt nach den bisherigen Kenntnissen zunächst auf den Harz und die Mansfelder Mulde beschränkt, wenn man von dem verschleppten Vorkommen der fragmentarischen Ausbildung bei Littfeld im Siegerland absieht.

Außerhalb des Untersuchungsgebietes beschreibt SCHUBERT (1952) aus dem hercynischen Bereich drei Gesellschaften: das *Armerietum halleri mansfeldense* SCHUBERT 1952, das *Armerietum halleri saalense* SCHUBERT 1952 und das *Armerietum bottendorfense* SCHUBERT 1952, zu dem noch das *Armerietum halleri hercynicum* (LIBBERT 1930) KNAPP 1942 (= *Arabideto-Armerietum halleri* TX 1945 Mskr.) zu rechnen ist.

Unter Berücksichtigung der eigenen Untersuchungsergebnisse lassen sich die Schwermetallpflanzengesellschaften des Harzes und der Mansfelder Mulde folgendermaßen soziologisch einordnen:

Das *Armerietum bottendorfense* ist eine durchaus selbständige Assoziation. Es enthält als Kennart *Armeria maritima* ssp. *bottendorfense*, als Trennarten gegen die anderen Schwermetallgesellschaften *Thymus chamaedrys*, *Poa badensis*, *Festuca sulcata* und *Festuca glauca*.

Vergleicht man das *Armerietum halleri* LIBBERT 1930 der Innerste-Terrasse mit den Aufnahmen, die SCHUBERT (1952) von den Kupferschiefern der Mansfelder Mulde mitgeteilt hat, und mit den eigenen Aufnahmen des westlichen Harzvorlandes (Assoziationstabelle I im Anhang), dann wird sofort deutlich, daß die Grasnelkenflur des Westharzes eine artenarme Ausbildung des *Armerietum halleri mansfeldense* SCHUBERT 1952 darstellt.

Das *Armerietum halleri saalense* SCHUBERT 1952 ist eine geographische Rasse des *Armerietum halleri*. Es enthält als Trennarten *Festuca duvalii* und *Erysimum crepidifolium*.

Deshalb können das *Armerietum halleri saalense*, das *Armerietum halleri mansfeldense* und das *Armerietum halleri hercynicum* mit der Assoziations- und Verbandskennart *Armeria maritima* ssp. *halleri* zu der Assoziation *Armerietum halleri* LIBBERT 1930 zusammengezogen werden. In dieser Assoziation ist auch das *Arabideto-Armerietum halleri* TX 1945 enthalten, da *Cardaminopsis halleri* sich nur als Trennart der feuchten Subassoziation, wie noch zu zeigen ist, verwenden läßt.

Aus diesem Verband war es mir nur möglich, das *Armerietum halleri* zu untersuchen.

b. Das *Armerietum halleri* LIBBERT 1930

Die artenarme, meist lückige Krautschicht dieser Gesellschaft wird hauptsächlich aus den Polstern von *Minuartia verna* ssp. *hercynica*, *Armeria maritima* ssp. *halleri* und *Silene cucubalus* var. *humilis* gebildet. Zu ihnen gesellen sich Ökotypen von *Festuca ovina* ssp. *ovina* und *Agrostis tenuis* sowie Kümmerformen von *Rumex acetosa*. Sträucher und Bäume fehlen in allen metallicolen Gesellschaften vollständig. Recht auffällig ist das üppige Blühen der Charakterarten, das in keiner anderen Rasengesellschaft eine so lange Zeitspanne umfaßt. Schon Anfang April sind in günstigen Jahren die grünen Polster der Minuartien mit weißen Blütensternen übersät, zu denen Ende April das leuchtende Rot der auf niedrigen Schäften stehenden Blütenköpfe von *Armeria maritima* ssp. *halleri* hinzukommt. Mitte Mai erreicht der Aspekt durch die Blüten von *Silene cucubalus* var. *humilis* seine volle Entwicklung, die dann in unterschiedlicher Intensität den ganzen Sommer hindurch anhält und erst im Spätherbst ausklingt.

Einzige Charakterart dieser Gesellschaft ist *Armeria maritima* ssp. *halleri*.

Im Harz und seinem nördlichen Vorland ist das *Armerietum halleri* auf das anstehende schwermetallhaltige Gestein des Rammelsberges und auf die Schlackenhalde des Erzbergbaues beschränkt. Außerdem ist sie auf den mit Pochsanden durchsetzten Geröll- und Schotterflächen der Oker, Grane, Innerste, Sieber und Söse zu finden. Ein durch den Bergbau verschleppter Fundort der Gesellschaft liegt in Littfeld bei Siegen in Westfalen, wo aber *Minuartia verna* ssp. *hercynica* vollkommen fehlt.

In der Grasnelken-Flur des Westharzes lassen sich vier Subassoziationen unterscheiden, über deren Struktur die 35 Aufnahmen der Assoziationstabelle I (im Anhang) Aufschluß geben. Es sind dies: *Armerietum halleri typicum*, *Armerietum halleri cladonietosum*, *Armerietum halleri achilletesum* und *Armerietum halleri cardaminopsidetosum*.

Die typische Subassoziation, die zuerst von TÜXEN (1945) erwähnt wurde, enthält bei hohem Anteil der Kennarten der Assoziation, *Armeria maritima* ssp. *halleri*, und der Klasse, *Silene cucubalus* var. *humilis* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica*, nur wenige Begleiter. Die Böden dieser Subassoziation sind nährstoffarm und ihre Wasserkapazität ist gering. Deshalb sind die Pfahlwurzler wie *Silene cucubalus* var. *humilis* und *Armeria maritima* ssp. *halleri* mit ihren oft über zwei Meter langen Wurzeln allen anderen Konkurrenten überlegen. Die Standorte des *Armerietum halleri typicum* zeichnen sich durch große Mengen an pflanzenverfügbarem Zink aus (Tab. 14). Die Werte liegen im Durchschnitt bei 7 300 ppm. Auf den Flußterrassen der Innerste und Oker reichen die schwach humosen schotterhaltigen Feinsande bis in die Tiefe von 2–5 cm. Darauf folgen die Wechsellagen kleiner und grober Schotter bis in den Grundwasserbereich hinein, der etwa bei 1,20–1,50 m liegt.

Eine zweite Untergesellschaft der Grasnelken-Flur, das *Armerietum halleri cladonietosum*, enthält als Differentialarten *Cladonia chlorophaea* und *Cladonia rangiformis*. Diese Subassoziation zerfällt in zwei Varianten, in die Variante von *Calluna vulgaris* (Aufn. Nr. 18–21, Tab. I) und *Deschampsia flexuosa* (Aufn. Nr. 8–17, Tab. I).

Die Variante von *Calluna vulgaris* ist in ihrer Verbreitung auf das Bergbaug Gebiet von Littfeld/Siegerland beschränkt und kommt dort noch in einer ver-

nässungsanzeigenden Subvarianten mit *Molinia coerulea* vor. Der Gehalt an pflanzenverfügbarem Zink ist im Vergleich zu den Böden des Harzes gering (3 100 ppm Zink).

Die Variante von *Deschampsia flexuosa* zerfällt im Harz in eine typische Subvariante (Aufn. Nr. 8—11, Tab. I) und in eine Subvariante mit der thermophilen *Cladonia alcicornis* und *Cornicularia aculeata* (Aufn. Nr. 12—17, Tab. I).

Die Lichenen der Subvariante von *Cladonia alcicornis* sind von KLEMENT (LAMPE und KLEMENT 1958) im Bereich der Innerste und Oker als eigene Kryptogamengesellschaft, das *Cladonietum alcicornis* KLEMENT 1951, gefaßt worden. Die Schotterflächen der Innerste und Oker, auf denen diese Subvariante zu finden ist, entbehren fast der gesamten Feinerde, so daß selbst Kümmerformen von *Rumex acetosa* nicht mehr auftreten. In den Schottern werden die eingestrahelten Wärmemengen in erheblichem Maße gespeichert. Den Temperaturverlauf möge das Diagramm der Abbildung 3 verdeutlichen.

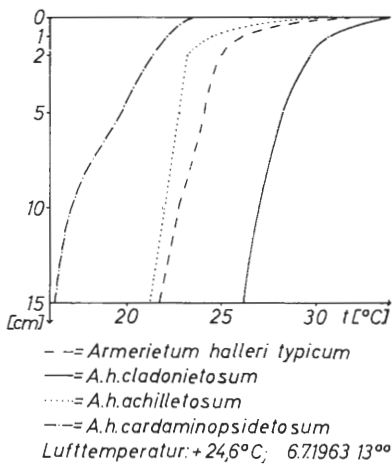


Abb. 3. Verlauf der Bodentemperatur im *Armerietum halleri* auf der Okerterrasse bei Vienenburg.

Die dritte Subassoziation (Aufn. Nr. 22—27, Tab. I), das *Armerietum halleri achilletosum*, enthält als Trennarten *Achillea millefolium* und *Plantago lanceolata*, mit denen eine Reihe weiterer Begleiter wie *Campanula rotundifolia* und *Pimpinella saxifraga* vergesellschaftet sind.

Fundorte der Aufnahmen in der Assoziationstabelle I.

- | | |
|-----------|---|
| Aufn. Nr. | 1 Halde bei Langelsheim |
| | 2 Haldenfußfläche 2 km nördlich von Langelsheim |
| | 3 An der Straße Oker-Vienenburg, km 1,1 |
| | 4 Innersteterrasse bei Lautental |
| | 5 Okerterrasse bei Stadt Oker |
| | 6 Sieber, an den Schlackenhalde |
| | 7 Littfeld, Fuß der Halde „Zeche Hohenstein“ |
| | 8 Flußbett der Abzucht |
| | 9 An der Schutthalde bei Königshof |

- Aufn. Nr. 10 Innerste bei Lautental
 11 Granetal, an den Schlackenhalden
 12 Südlich der Brücke Wiedelah-Schladen, rechte Okerterrasse
 13 Innerste bei Langelsheim
 14 Okerterrasse bei Vienenburg
 15 Wöltingerode
 16 Oker am Olmühlenweg
 17 Westhang des Rammelsberges
 18 Zeche Victoria I, Littfeld
 19 Littfeld, in der Nähe von Aufn. Nr. 18
 20 Littfeld, Haldengelände der Zeche Heinrichsegen
 21 Littfeld, Fuß der großen Halde „Zeche Hohenstein“
 22 Oker bei Stadt Oker
 23 Innerste-Terrasse Jerstedt
 24 Innerste Terrasse b. Kunigunde/Harz
 25 Innerste-Terrasse b. Baddeckenstedt
 26 Innerste-Terrasse südl. Ottfresen
 27 Innerste-Terrasse b. Derneburg
 28 Frankenscharnhütte
 29 Innerste-Terrasse b. Wildemann
 30 Halde bei Mittelschulenburg
 31 Granetal an den Schlackenhalden
 32 Innerste, Schotterterrasse b. Lindtal
 33 Oker bei Vienenburg
 34 Zwischen Eisdorf und Nienstedt
 35 Wiesengelände nach Müsern/Siegen.

Tabelle 14

Durchschnittlicher Zinkgehalt von Pflanzen und Böden im *Armerietum halleri*

Subassoziation	typicum	cladonietosum	achilleetos.	cardaminopsidet.		
Aufnahme Nr.	4	8	14	23	34	A*
Probenentnahme	Juni	Juni	Juni	Juni	Juni	Sept.
Pflanzenverfügbares Zn im Bodenbereich (ppm) von:						
0—2 cm	7 250	3 420	5 600	2 016	6 700	6 390
2—5 cm	5 730	—	—	1 825	—	—
6—10 cm	9 000	3 460	—	—	—	6 410
15—20 cm	—	—	4 110	1 654	4 710	—
40—45 cm	—	—	4 470	—	—	—
50—60 cm	—	—	3 970	—	—	—
Zn- Gehalt der Blätter (ppm) von:						
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	3 840	1 621	1 632	905	1 638	—
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	8 470	—	2 649	1 682	—	—
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>halleri</i>	6 500	2 496	6 100	1 137	—	—
<i>Cardaminopsis</i> <i>halleri</i>	—	—	—	—	6 550	15 420
<i>Festuca ovina</i> ssp. <i>ovina</i>	191	—	—	—	—	—

A* = Aushub der Innerste in der Nähe der Kiesgewinnung Vienenburg

Diese Untergesellschaft ist an den Stellen ausgebildet, wo die Bodenbildung schon weiter fortgeschritten ist. Der Gehalt an pflanzenverfügbarem Zink im Boden ist erheblich erniedrigt. Die Wasserkapazität ist so günstig, daß eine Fülle von Flachwurzlern ohne herabgesetzte Vitalität zu gedeihen vermag. Durch den hohen Deckungsgrad von *Festuca ovina* wird aber die konkurrenzempfindliche *Minuartia* in ihrer Lebenskraft sichtlich reduziert. Von den Moosen treten hier besonders häufig *Brachythecium salebrosum* und *Pohlia annotina* auf. Fragmente dieser Assoziation sind mit der Innerste, Oker und Söse weit in das Harzvorland hinausgeschwemmt worden und lassen sich noch bei Nienstedt und Marienburg antreffen. Die Entfernung von den letzten geschlossenen Schwermetallrasen beträgt 12 km bzw. 20 km.

Als vierte Subassoziatio n der Grasnelkenmatte ist das *Armerietum halleri cardaminopsidetosum* (Aufn. Nr. 28—35, Tab. I) mit *Cardaminopsis halleri* zu erwähnen. Diese Untergesellschaft nimmt wasserzügige Standorte der Assoziatio n ein. In ihr tritt wegen der großen Feuchtigkeit *Armeria maritima* ssp. *halleri* stärker zurück. Der Schwermetallgehalt ist im Gegensatz zu den Vermutungen von BITTMANN (1949) relativ hoch.

II. *Thlaspeion calaminariae* ERNST all. nov.

a. Systematik des *Thlaspeion*-Verbandes.

Von den Gesellschaften des *Armerion halleri* unterscheiden sich die metallicolen Gesellschaften Westfalens und des Aachener Galmeidistriktes durch eigene Kennarten. SCHWICKERATH (1933) nannte diesen Verband nach der Kennart der Aachener Schwermetallrasen *Violion calaminariae*. Da aber diesem Verband auch die südfranzösischen Schwermetallgesellschaften¹ zugeordnet werden können, schlage ich vor, den Namen des Verbandes nach der einzigen Verbandskennart *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare* in *Thlaspeion calaminariae* zu ändern.

Von den Assoziationen des Verbandes wird in dieser Arbeit nur das *Violetum calaminariae* berücksichtigt.

Das von KOCH (1930) für den Silberberg bei Osnabrück als eigene Assoziatio n aufgestellte *Thlaspeeto-Minuartietum vernae* ist eine fragmentarische Ausbildung des *Violetum calaminariae* und verliert daher seine Selbständigkeit.

Das *Thlaspeion calaminariae* ist im Gegensatz zum *Armerion halleri* westlich der Weser verbreitet und umfaßt auch die Schwermetallrasen Südfrankreichs.

b. Die Assoziatio n des *Thlaspeion calaminariae*

1. Das *Violetum calaminariae* SCHWICKERATH 1931

Neben den Klassenkennarten, *Silene cucubalus* var. *humilis* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und der Verbandskennart *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare*

¹ Diese Untersuchungen stehen vor dem Abschluß und werden an anderer Stelle veröffentlicht.

geben die Assoziationskennarten des *Violetum calaminariae* der Gesellschaft das Gepräge. Es sind dies:

Viola calaminaria und

Armeria maritima ssp. *calaminaria*.

Zu ihnen gesellen sich dann Arten mit einer weiten ökologischen Amplitude hinzu (Tab. II im Anhang).

SCHUBERT (1952) und ROTHMALER (1963) stellen diese *Armeria* zur Unterart *halleri*. Doch unterscheidet sich die Grasnelke des Aachener Galmeigebietes durch die starke Behaarung des Schaftes und der Blätter sowie durch die lang zugespitzten äußeren Hüllblätter deutlich von der *Armeria maritima* ssp. *halleri* und ist mit der *Armeria vulgaris* II *elongata* f. *calaminaria* PETRI 1863 identisch. Beiden Unterarten ist die langsame Verrottung der Blätter vergangener Vegetationsperioden und der starke Amingeruch gemeinsam. Die Aachener Unterart wurde daher mit *Armeria maritima* ssp. *calaminaria* (PETRI) bezeichnet.

Schon im zeitigen Frühjahr öffnen sich an den kurzen Stämmchen des Galmeitäschelkrautes die schwach lila gefärbten Kreuzblüten, im April bestimmen die weißen Blüten von *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und Anfang Mai das Gelb der Zinkveilchen sowie das Rosa der Grasnelken den Aspekt dieser Assoziation, während sich erst im Juni die weißen Kronen des Taubenkropfes öffnen. Im Spätsommer wird durch die roten, weißen oder seltener blauen Blüten von *Polygala vulgaris* und das satte Gelb von *Helianthemum nummularium* die größte farbliche Mannigfaltigkeit entwickelt.

Diese Gesellschaft ist im Aachener Gebiet an vielen Stellen gut ausgebildet, aber durch die starke Industrialisierung und Bebauung des Geländes im Vergleich zu den von SCHWICKERATH 1940 (in SCHWICKERATH 1954) kartierten Flächen erheblich zurückgegangen. Sie findet sich hauptsächlich auf den Pingen und Halden des bereits seit römischer Zeit betriebenen Bergbaues am Breiniger Berg und Brockenberg, bei Stolberg und Gressenich. Das Zink ist hier fast stets an die Verwerfungen der Kreide gebunden und kommt als Kieselszinkerz ($\text{H}_2\text{Zn}_2\text{SiO}_5$) und Zinkspat (ZnCO_3) vor. Die Gesellschaft zieht sich dann von Nirm bei Aachen nach Belgien hinein in das Territorium von La Calamine, Moresnet, Plombières an der Geul entlang über Sippenaken bis nach Epen in den Niederlanden. Fragmente dieser Gesellschaft kommen noch im Gebiet von Mechernich in der Eifel, am Silberberg und Roten Berg bei Osnabrück, im Elpe- und Valmetal bei Ramsbeck im Sauerland sowie im Altenaer Galmeidistrikt vor, in denen aber einige Charakterarten fehlen. Nach den Angaben älterer Florenwerke (cf. apud RUNGE 1955) dürfte diese Gesellschaft auch auf den zinkführenden Massenkalken bei Brilon aufgetreten sein, wo sie aber nicht mehr aufgefunden werden konnte.

Der Galmeiveilchenrasen (Tab. II im Anhang) zerfällt in vier Subassoziationen, deren Vorkommen im wesentlichen durch die Bodenbeschaffenheit bedingt wird: *Violetum calaminariae typicum*, *Violetum calaminariae cladonietosum*, *Violetum calaminariae cardaminopsidetosum* und *Violetum calaminariae achilleetosum*.

Die typische Subassoziation, das *Violetum calaminariae typicum*, (Aufn. Nr. 1—6) weist neben den Kennarten der Assoziation, des Verbandes und der Klasse nur eine geringe Anzahl von Begleitern auf. In ihr ist besonders *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* optimal entwickelt.

Durch *Cladonia rangiformis* und *Cladonia chlorophaea* ist das *Violetum calaminariae cladonietosum*, die zweite Subassoziation, differenziert. Sie zerfällt in zwei Varianten, in eine typische und eine von *Calluna vulgaris*. Die typische Variante findet sich besonders auf den Pingen des Silberberges bei Osnabrück. Von den Kennarten der Assoziation und der höheren soziologischen Einheiten finden sich hier nur *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare*, *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und *Silene cucubalus* var. *humilis*.

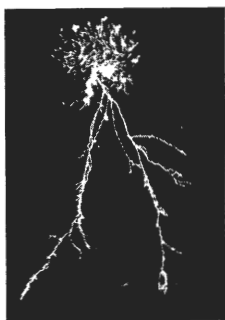


Abb. 4. Wurzelsystem von *Minuartia verna* ssp. *hercynica* in der typischen Subassoziation.

Die Angabe des Vorkommens von *Viola calaminaria* auf diesen schwermetallhaltigen Böden dürfte nach einem Studium der Lokalfloren (BUSCHBAUM 1879, KOCH 1934, 1958) wohl auf einen falschen Analogieschluß von GAMS in HEGI zurückzuführen sein, der leider in einen Teil größerer Florenwerke eingegangen ist. Ebenso handelt es sich hier nicht um zwei Unterarten von *Thlaspi alpestre*, wie es in der Neuauflage des HEGI (1963) mitgeteilt wird, sondern nur um die ssp. *calaminare*.

Infolge der Beschattung durch angrenzenden Wald und die Lage der Pingen am Nordhang ist eine üppige Kryptogamenschicht aufgekommen. Über den Lichtgenuß und über die Temperaturverhältnisse mögen die folgenden Meßergebnisse orientieren (Abb. 5).

Der Gehalt des Bodens an pflanzenverfügbarem Zink und der Zinkanteil in den Blättern ist aus der Tabelle 15 zu ersehen.

Der Bergbau ist am Silberberg ebenfalls bereits gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts eingestellt worden, und größere vererzte Klüfte oder Nester von Zink- und Bleierzen haben hier höchstens vereinzelt angestanden. Die Verbreitung der Assoziation in diesem Gebiet ist wegen der kleinräumigen Zersplitterung der Schwermetallböden nie allzu umfangreich gewesen. Der Durchmesser der größten Pinge beträgt sechs Meter. Dadurch läßt sich auch wohl die fragmentarische Ausbildung der Assoziation in diesem Gebiet erklären.

Die *Calluna*-Variante des *Violetum calaminariae cladonietosum* findet sich im Aachener Gebiet. Sie zerfällt in zwei Subvarianten, in eine von *Molinia coerulea* (Aufn. Nr. 9—11, Tab. II) und in eine andere von *Luzula multiflora* (Aufn. Nr. 12—14, Tab. II). Die Subvariante von *Molinia* gedeiht auf den feuchten Böden und ist sehr artenarm. Die *Luzula multiflora*-Ausbildung nimmt dagegen trocknere Stellen ein. Das *Violetum calaminariae cladonietosum* unterscheidet sich durch die größere Azidität des Bodens (pH = 6,4) deutlich von den anderen Subassoziationen.

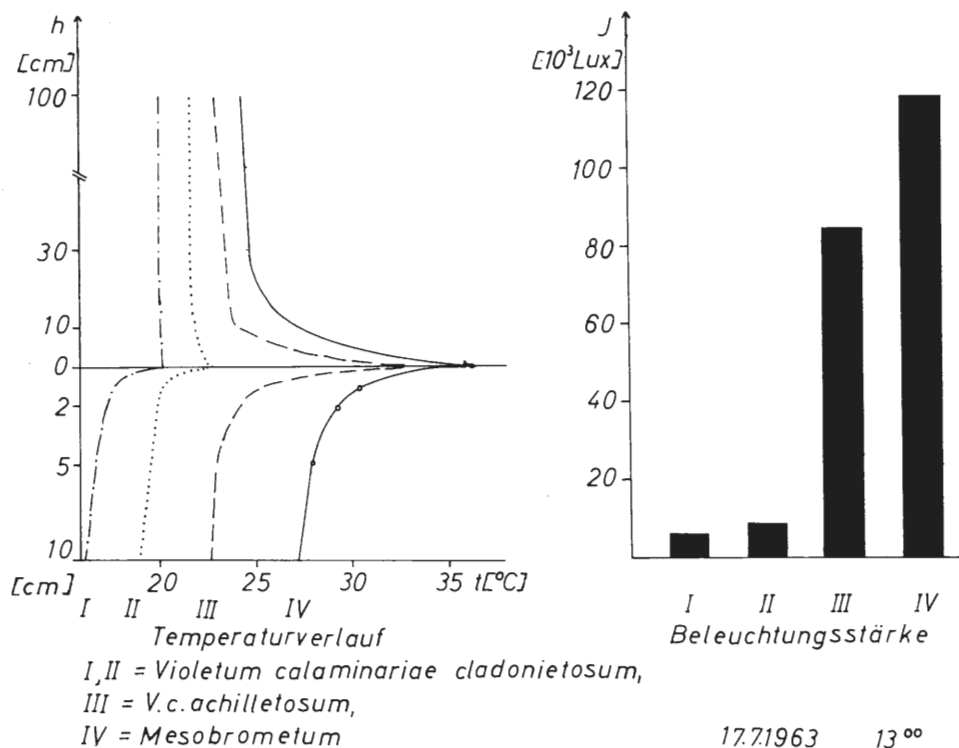


Abb. 5. Temperatur und Lichtgenuß der Schwermetallgesellschaft am Silberberg b. Osnabrück.

Tabelle 15

Durchschnittlicher Zinkgehalt von Pflanzen und Böden im *Violetum calaminariae* am Silberberg bei Osnabrück

Subassoziation	typicum	cladonietosum	achilletosum
Aufnahme Nr.	II 1	II 7	II 27
Probenentnahme	Juni	Juni	Juni
Pflanzenverfügbares Zn (ppm)			
in 0—8 cm	5 060	2 480	1 240
10—15 cm	7 280	3 200	1 755

Zn-Gehalt der Blätter (ppm) von:

<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	2 050	1 411	700
— schmalblättrig	—	1 184	—
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	2 460	1 390	759
<i>Thlaspi alpestre</i> ssp. <i>calaminare</i>	6 790	4 280	1 631

Auf den älteren humusreicheren Böden hat das *Violetum calaminariae* eine Untergesellschaft mit *Achillea millefolium* und *Plantago lanceolata* (Aufn. Nr. 15—27, Tab. II) ausgebildet, das *Violetum calaminariae achillettosum*. Sie tendiert stärker zu den benachbarten Halbtrockenrasen, in die der Galmeiveilchenrasen als Mosaik eingesprengt ist.

Das Bodenprofil dieser Untergesellschaft am Brockenberg bei Aachen läßt folgende Horizontierung erkennen:

- A₀ 0— 2 cm schwärzlich-brauner Rohhumus mit hohem Anteil an Grasnellenblättern
- A₁ 2— 20 cm schwarzbrauner, stark humoser feinsandiger Lehm (Lößlehm), gut durchwurzelt
- B 20— 30 cm gelbbrauner, feinsandiger Lehm (Lößlehm)
- C 30—120 cm rötlich-brauner Lößlehm mit einzelnen Steinen. Holzkohlenreste und Schlacken als Kennzeichen anthropogener Überformung.

Die Annahme von PAFFEN (1940), daß die aufgelagerte Rohhumusschicht (A₀) und die dann gebildete schwarze Feinerde (A₁) zinkarm seien und deshalb den gegen Schwermetallsalze empfindlichen Arten eine Wachstumsmöglichkeit geben, kann für das pflanzenverfügbare Zink nicht bestätigt werden. Der Zinkgehalt ist im Wurzelbereich der oberen Bodenschichten zwar zurückgegangen; doch liegt er noch um das Hundertfache über den Werten nichtschwermetallhaltiger Böden. Die nachgewiesenen Zinkmengen betragen im A₀- und A₁-Horizont 1 500—1 600 ppm, im B-Horizont 4 800 ppm.

In dieser Untergesellschaft lassen sich drei Varianten unterscheiden, eine typische, eine von *Koeleria gracilis* und eine von *Euphrasia nemorosa* (Aufn. Nr. 15—27, Tab. II). Während die Variante von *Koeleria gracilis* und *Scabiosa columbaria* (Aufn. Nr. 22—24, Tab. II) durch den hohen Deckungsgrad der Gräser und ihre starke Wurzelkonkurrenz *Minuartia verna* ssp. *hercynica* vollkommen zurückgedrängt hat, sind die Bestände der typischen Variante (Aufn. Nr. 15—21) noch offener.

Die Frühlingsmiere ist hier neben den anderen Kennarten noch vertreten. Der pH-Wert der Böden dieser Subassoziation liegt zwischen 6,9 und 7,4. Die Variante von *Euphrasia nemorosa* (Aufn. Nr. 25—27) aus dem Osnabrücker Gebiet ist nach Aufnahmen von KOCH (1930) früher reichhaltiger gewesen, aber durch die zunehmende Bewaldung der angrenzenden Halbtrockenrasen heute an Arten stark verarmt.

Zum *Violetum calaminariae achillettosum* (Aufn. Nr. 16—18, Tab. II) sind auf Grund eigener Untersuchungen auch das *Violetum calaminariae avenetosum* LEBRUN 1954 und das *Violetum calaminariae alluviale* HEIMANS 1936 zu rechnen, das sich auf den zinkhaltigen Böden der Geul von Plombières bis nach Epen erstreckt. Das Vorkommen an der Geul ist ebenso wie die Ausbildung des *Armerietum halleri* an der Innerste und Oker sekundärer Natur.

Die vierte Subassoziation, das *Violetum calaminariae cardaminopsidetosum* (Aufn. Nr. 28—30, Tab. II) besitzt *Cardaminopsis halleri* und *Bryum bimum* als Trennarten. Sie gedeiht kleinräumig auf dem blei- und zinkhaltigen Boden sowie auf den Halden bei Ramsbeck im Sauerland und enthält nur die Verbandskennart *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare*.



Abb. 6. *Violetum calaminariae achilletosum*.

Tabelle 16

Durchschnittlicher Zinkgehalt in Böden und Pflanzen des *Violetum calaminariae*

Subassoziation	typicum		clado- nietosum	achilletosum	carda- minopsidet.
Aufnahme Nr.	II 4	II 5	II 10	II 17	II 28
Probenentnahme	Juni	Juni	Juni	Sept.	Juni
Pflanzenverfügbares Zn (ppm) in					
0— 5 cm	6 180	15 700	4 420	1 520	7 250
5— 10 cm	6 190	17 900	5 275	1 608	7 600
10— 15 cm	8 490	18 070	7 560	4 860	—
30— 38 cm	10 000	—	—	—	—
105—110 cm	9 900	—	—	—	—

Zn-Gehalt d. Blätter (ppm) von:

<i>Silene cucubalus</i>					
var. <i>humilis</i>	720	1 183	745	1 545	—
<i>Minuartia verna</i>					
ssp. <i>hercynica</i>	2 920	4 350	1 868	—	—
<i>Armeria maritima</i>					
ssp. <i>calaminaria</i>	2 030	—	1 760	—	—
<i>Viola calaminaria</i>	700	621	452	973	—
<i>Thlaspi alpestre</i>					
ssp. <i>calaminare</i>	11 500	12 000	—	8 400	9 700
<i>Festuca ovina</i>	591	—	—	—	—
<i>Cardaminopsis halleri</i>	—	—	—	—	15 660
<i>Rumex acetosa</i>	—	—	—	—	4 800

Die Verarmung der Gesellschaft läßt sich aus der schattigen Lage der ost-exponierten steilen Hänge enger Täler erklären. Das Angebot an pflanzenverfügbarem Zink ist hoch und schwächt die Vitalität der Ökotypen von *Rumex acetosa* und *Agrostis tenuis* erheblich. Über das pflanzenverfügbare Zink und die in den Blättern nachgewiesenen Mengen gibt Tabelle 16 Auskunft.

Der hohe Anteil an pflanzenverfügbarem Zink in Aufnahme Nr. II 5 wird durch das Haldenmaterial bedingt, dessen Gesamtzinkgehalt zwischen 40 000 und 80 000 p. p. m. schwankt.

Die Fundorte der Aufn. Nr. 1—30 der Assoziationstabelle II:

Aufn. Nr.	1	Pinge östl. der Höhe 180, Silberberg/Osnabrück
	2	Pinge westl. d. Höhe 180, Silberberg/Osnabrück
	3	Pinge bei Vicht/Stolberg
	4	Breiniger Berg/Aachen
	5	Schutthalde a. d. Emmaburg b. La Calamine/Belgien
	6	Brockenberg/Aachen
	7	Pinge nördl. d. Höhe 180, Silberberg/Osnabrück
	8	Pinge östl. d. Höhe 180, Silberberg/Osnabrück
	9	Breiniger Berg/Aachen
	10	Schlangenberg bei Breinig/Aachen
	11	Breiniger Berg/Aachen
	12	Halde bei Binsfeldhammer/Stolberg
	13	Velauer Berg/Stolberg
	14	Münsterbusch/Stolberg
	15	Pinge bei Loh/Stolberg
	16	Ufer der Geul bei Plombières/Belgien
	17	Ufer der Geul bei Epen/Niederlande
	18	Altenberg-Halde bei La Calamine/Belgien
	19	Halde d. Zeche Zufriedenheit b. Gressenich/Aachen
	20	Breiniger Berg/Aachen
	21	Nirmer Tunnel/Aachen
	22	Schlangenberg bei Breinig/Aachen
	23	Brockenberg/Aachen
	24	Breiniger Berg/Aachen
25—27		Pinge östl. d. Höhe 180, Silberberg/Osnabrück
	28	Fuß der Halde „Grube Juno“ im Elpetal b. Brilon/Sauerland
	29	neben Nr. 28
	30	Schutthalde bei Werdern-Ramsbeck im Valmetal b. Brilon/Sauerland.

Tabelle 17

Fragmentarische Ausbildung des *Violetum calaminariae* in der Mechernicher Triasbucht

Aufnahme Nr.	K 1	K 2
Aufnahmefläche m ²	100	100
Deckungsgrad der Krautschicht %	5	10
Wasserkapazität	20,4	21,8
pH-Wert (H ₂ O dest.)	6,4	6,5
pH-Wert (n/10 KCl)	5,9	5,9
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>calaminaria</i>	1.2	1.2
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	+2	1.2
Fundorte der Tab. 17:	K 1 Roggendorf/Eifel	
	K 2 Scheven/Eifel	

In der Mechernicher Triasbucht zwischen Kommern und Scheven gedeiht ein Fragment des *Violetum calaminariae* mit *Armeria maritima* ssp. *calaminaria* und *Silene cucubalus* var. *humilis*. Diese dem Buntsandstein entstammenden Sande sind blei- und kupferführend und enthalten nur geringe Spuren Zink. Neben der Nährstoffarmut ist die Wasserkapazität mit ihren geringen Werten der entscheidende Faktor in der Besiedlung, so daß nur die beiden Pfahlwurzler, der Taubenkropf, der hier eine starke Übersandung ertragen muß, und die Grasnelke, gedeihen können. Diese beiden Arten erreichen mit fast drei Meter langen Wurzeln das Grundwasser und können dadurch in den trockenen Witterungsperioden ihre Wasserbilanz ausgleichen. Das von HEGI erwähnte Vorkommen von *Viola calaminaria* in diesem Gebiet konnte nicht gefunden werden. Die folgenden zwei Aufnahmen mögen die Verhältnisse dieser fragmentarischen Ausbildung wiedergeben (Tab. 17).

2. Das *Violetum calaminariae westfalicum*.

Das *Violetum calaminariae westfalicum* ist als geographische Rasse des Aachener Galmeiveilchenrasen aufzufassen. *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare* und *Armeria maritima* ssp. *calaminaria* fehlen in dieser Gesellschaft. Die gelbblühende *Viola calaminaria* wird durch die vikariierende *Viola calaminaria* var. *westfalica* (A. SCHULZ) ersetzt, auf deren taxonomische Stellung noch im folgenden eingegangen wird.

Der Aspekt der Gesellschaft wird von Mai bis in den späten Oktober hinein durch die blauen bis rötlich-violetten Blüten des Westfälischen Galmeiveilchens bestimmt. Mit ihm sind noch *Silene cucubalus* var. *humilis* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* sowie die zinkresistenten Formen von *Rumex acetosa*, *Festuca ovina* ssp. *ovina* und *Campanula rotundifolia* vergesellschaftet.

Diese geographische Rasse des *Violetum calaminariae* ist auf das Gebiet des ehemaligen Tagebaues „Bleikuhle“ bei Blankenrode im Sauerland beschränkt. Hier wurden wahrscheinlich schon seit römischer Zeit bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts (KNAPE 1912) Blei- und Zinkerze, die an eine Verwerfung zwischen Oberer Kreide und Buntsandstein gebunden sind, bergbaulich genutzt. Als weiterer Wuchsort der Gesellschaft ist die etwa ein Kilometer südwärts gelegene „Galmeiwiese“ in der Nähe des Wäschebaches zu erwähnen. Hier wird der Boden durch Hangwasser mit Schwermetallen angereichert, wie es aus den Ergebnissen der Tabelle 18 zu ersehen ist.

Im *Violetum calaminariae westfalicum* lassen sich drei Subassoziationen abtrennen (Aufn. Nr. 31—39 der Assoziationstabelle II im Anhang), das *Violetum typicum*, das *Violetum cladonietosum* und das *Violetum cardaminopsidetosum*.

Die typische Subassoziation (Aufn. Nr. 31—33) und diejenige von *Cladonia rangiformis* (Aufn. Nr. 34—36) sind im Bereich der Pinggen und der Halden zu finden. Besonders auffällig ist bei diesen Subassoziationen der hohe Anteil an Moosen in der Bodenschicht. Die Zinkmengen, die den Pflanzen zur Verfügung stehen, erreichen auch in diesem Gebiet eine beträchtliche Höhe (Tab. 18).

Auf der Galmeiwiese in Blankenrode ist eine feuchte Subassoziation mit *Cardaminopsis halleri* ausgebildet, in der auch *Viola calaminaria* var. *westfalica* einen Deckungsgrad von 40 % erreicht. *Silene cucubalus* var. *humilis* tritt nur noch sehr selten auf. *Minuartia verna* ssp. *hercynica* kann sich als konkurrenzschwache Art gegen die großen Polster von *Viola* und *Cardaminopsis halleri* mit ihren zahlreichen Ausläufern nicht behaupten.

Tabelle 18

Durchschnittlicher Zinkgehalt von Böden und Pflanzen im *Violetum calaminariae westfalicum*

Subassoziation	tyricum	cladonietosum	cardaminopsid.
Aufnahme Nr.	II 31	II 34	II 38
Probenentnahme	Juni	Juni	Juni
Wasserkapazität	52,4	48,7	61,2
pH-Wert (H ₂ O dest.)	7,0	6,6	6,8
pH-Wert (n/10 KCl)	6,5	6,0	6,3
Pflanzenverfügbares Zn (ppm)			
in 0—5 cm	5 930	4 300	5 060
5—10 cm	5 400	3 900	5 220
10—15 cm	—	—	5 800
35—40 cm	—	—	827
Zn-Gehalt der Blätter (ppm) von:			
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	1 140	596	—
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	2 530	1 222	—
<i>Viola calaminaria</i> var. <i>westfalica</i>	632	537	569
<i>Cardaminopsis halleri</i>	—	—	3 590

Die Aufnahmen der Tab. II (im Anhang) wurden an folgenden Orten erstellt:

Aufn. Nr.	31	E-Hang der Bleikuhle
	32	Pinge am Schurenberg
	33	S-Hang der Bleikuhle
	34	Haldengelände am Schurenberg
	35	E-Hang der Bleikuhle
	36	NW-Rand der Bleikuhle
	37	Haldengelände am Schurenberg
	38	Galmeiwiese östlich des Wäschebaches
	39	neben Nr. 38

3. Taxonomische Stellung des Galmeiveilchens.

Um über die umstrittene taxonomische Stellung des Galmeiveilchens Klarheit zu gewinnen, wurden Chromosomenzählungen durchgeführt. Zur zytologischen Untersuchung dienten Wurzelspitzen, die aus Samen von folgenden Fundorten gezogen wurden:

Galmeirasen des Breiniger Berges bei Aachen
 Galmeischutthalde bei La Calamine/Belgien
 Galmeiwiese bei Blankenrode/Westfalen
 Bleikuhle bei Blankenrode/Westfalen

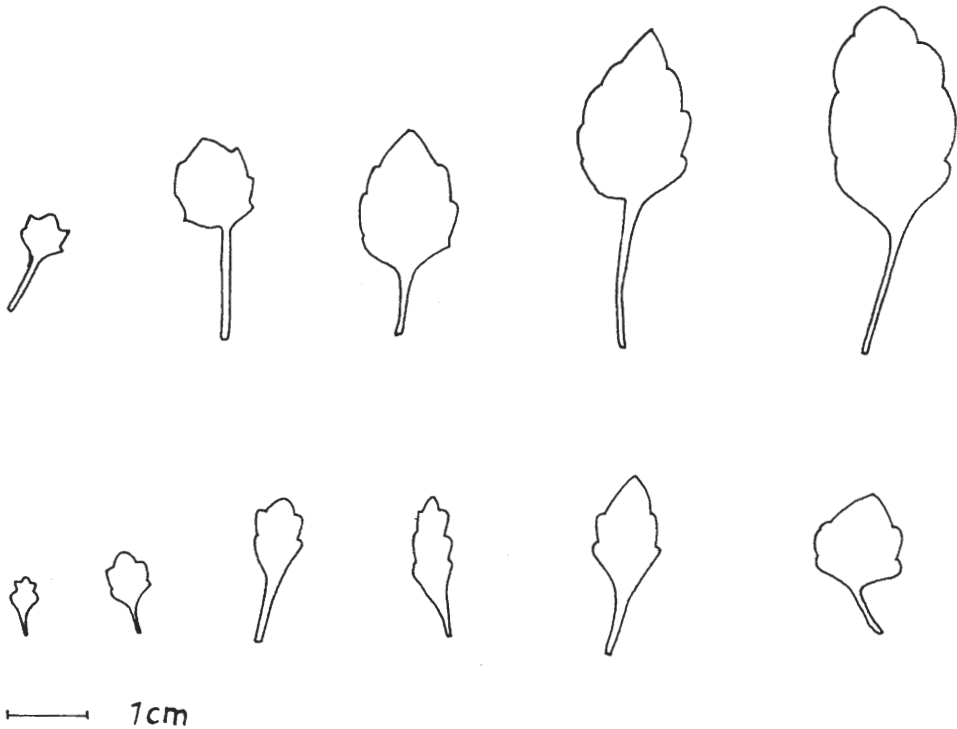


Abb. 7. Form und Größe der Grundblätter beim Blankenroder (oben) und Aachener Galmeiveilchen (unten).

Sämtliche ausgezählten Chromosomenplatten der Wurzelspitzen der Galmeiveilchen ergaben die Zahl $2n = 52$. Damit wurde die Zählungen von HEIMANS (1961) an Pflanzen aus dem belgischen und niederländischen Galmeigebiet sowie diejenigen von GRIESINGER (1937) an Material aus Blankenrode bestätigt.

CLAUSEN (1927) und FOTHERGILL (1944) ermittelten für *Viola lutea* HUDS. von schwermetallarmen Standorten den diploiden Chromosomensatz $2n = 48$. Auf Grund dieser Ergebnisse trennte HEIMANS (1961) das Galmeiveilchen des Aachener Zinkdistriktes von der *Viola lutea*-Gruppe, in die sie von DE CANDOLLE 1824 als *Viola lutea* ssp. *elegans* var. *calaminaria* eingeordnet wurde, und erhob sie wieder zu einer eigenen Art: *Viola calaminaria* LEJ.

Das Galmeiveilchen von Blankenrode wurde von A. SCHULZ (1912) als westfälische Rasse zum Vogesenstiefmütterchen, *Viola lutea* ssp. *elegans*, gestellt, weil die Individuen mit vielen der Vogesen große Ähnlichkeit haben. Da aber der Chromosomensatz der Blankenroder Pflanzen ($n = 26$) deutlich von dem der *Viola lutea* ($n = 24$) unterschieden ist und mit dem von *Viola calaminaria* übereinstimmt, können die westfälischen Exemplare dieses Veilchens ebenfalls zu *Viola calaminaria* LEJ. gestellt werden.

Doch differieren die Veilchen von Aachen und Blankenrode in einer Reihe von Merkmalen, die die Aufstellung einer eigenen Varietät erforderlich macht.

Daher schlage ich vor, sie *Viola calaminaria* var. *westfalica* (A. SCHULZ) zu benennen. Sie ist durch folgende Merkmale charakterisiert:

Planta 10—40 cm alta; caulibus e basi procumbente adscendentibus, stolonibus raris et brevibus; foliis inferioribus ovato-cordatis, in petiolum abrupte angustatis, superioribus vel ovato-oblongis vel oblongis vel lanceolatis. Stipulis palmato-partitis. Floribus coeruleis vel purpureo-violaceis; petalis superioribus et lateralibus obovatis, ad 25 mm longis, infimo obcordato. $n = 26$. Fl. V—X.

In pascuis calaminariis et acervis recrementorum metallicorum Blankenrodensis apud Paterbrunnam in Guestphalia. (leg. Ernst 1963).



Abb. 8. Diploider Chromosomensatz aus der Wurzelspitze von *Viola calaminaria* var. *westfalica*.

Die Pflanzen werden 10—40 cm hoch. Die Stengel steigen von einer niederliegenden Basis heraus auf. Im Vergleich zu den Aachener Individuen sind die Ausläufer nur spärlich vorhanden und kurz. Die unteren Blätter sind wesentlich größer als diejenigen der Aachener Exemplare, herzförmig und plötzlich in den Blattstiel zusammengezogen (Abb. 8), die oberen sind entweder eiförmig-länglich, länglich, oder lanzettlich.

Am auffälligsten unterscheiden sich die beiden Galmeiveilchen in ihren Blüten. Im Gegensatz zu den fast stets gelben Blütenblättern des Aachener Galmeiveilchens besitzen die Exemplare von Blankenrode stets blaue oder rotviolette Blüten. Ihre oberen und seitlichen Petalen sind verkehrt-eiförmig und bis 25 mm lang; das untere ist verkehrt herzförmig.

Die Pflanzen blühen von Mai bis Oktober und sind auf der Galmeiwiese und den Halden in Blankenrode bei Paderborn in Westfalen zu finden.

III. *Galio anisophylli* — *Minuartia verna* ERNST all. nov.

a. Systematik des Verbandes.

Die alpinen metallicolen Pflanzengesellschaften, die zum erstenmal beschrieben werden, zeigen eine andere Physiognomie. In ihnen sind als Trennarten gegen die mitteleuropäischen Schwermetallgesellschaften alpine Pflanzen wie *Galium anisophyllum*, *Poa alpina* und *Dianthus silvester* (Tab. III) zu werten, so daß die Aufstellung eines eigenen Verbandes gerechtfertigt erscheint. Diese differenzierenden Arten des alpinen Schwermetallverbandes sind auch in den alpinen Schutt- und Mattengesellschaften verbreitet. Sie können daher nicht als Verbandskennarten verwendet werden. Ein geographischer oder ökologischer Begriff darf nach den Nomenklaturvorschlägen für Einheiten der soziologischen Systematik nicht gebraucht werden, da er über die Rangstufen der Einheiten nichts aussagt. Deshalb schlage ich vor, den Verband nach der Klassenkennart, *Minuartia verna* ssp. *hercynica*, und der dominierenden alpinen Differentialart, *Galium anisophyllum*, mit *Galio anisophylli*-*Minuartia verna* zu benennen.

Die Verbreitung des Verbandes beschränkt sich nach den bisherigen Untersuchungen auf die Alpen, in denen er mit zwei Assoziationen, dem *Violetum dubyanae* und dem *Thlaspeetum cepeaefolii*, vertreten ist.

b. Die Assoziationen des *Galio*-*Minuartia verna*.

1. Das *Violetum dubyanae* ERNST ass. nov.

Eine Schwermetallpflanzengesellschaft der südlichen Kalkalpen, das *Violetum dubyanae*, wird durch *Viola dubyana* BURNAT gekennzeichnet (Aufn. Nr. 1—10 der Assoziationstabelle III im Anhang). Diese Assoziation hebt sich physiognomisch, besonders durch die zahlreichen blauen Blüten von *Viola dubyana*, sehr deutlich von den angrenzenden Rasengesellschaften ab.

Während PITSCHMANN und REISIGL (1959) das in den Bergamasker Alpen endemische Veilchen der Sektion *Melanium* als Charakterpflanze im Schutt der Gipfellagen bezeichnen, konnte ich es nur im Schwermetallrasen von *Silene cucubalus* var. *humilis* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* antreffen. Gegen ein Vorkommen in alpinen Schuttgesellschaften sprechen auch die Untersuchungen von FENAROLI (1954) und MERXMÜLLER (1957), die Aufnahmen über die an Endemiten reichen alpinen Schuttgesellschaften des Pizzo Arera veröffentlicht haben, ohne *Viola dubyana* zu verzeichnen. Ebenso gibt FENAROLI (1956) als charakteristischen Wuchsort Wiesen und Matten der Bergamasker Alpen an.

Neben der Kennart *Viola dubyana* enthält das *Violetum dubyanae* die Assoziations-Trennarten *Euphrasia salisburgensis* und *Thymus alpinus*. Als Trennarten des Verbandes treten *Galium anisophyllum*, *Poa alpina* und *Dianthus silvester* hinzu.

Die Gesellschaft ist verglichen mit denen anderer benachbarter Rasen artenarm, worin sich ebenfalls der Charakter einer Spezialistengesellschaft zeigt.

Das *Violetum dubyanae* wurde von mir im Gebiet des Pizzo Arera aufgenommen, der westlich der Presolana zwischen der Valle Seriana und Valle Brembana seine Kalkgipfel über 2500 m erhebt. Die Halden auf der Südseite



Abb. 9. Galmeischutthalde am Pizzo Arera.

dieser Erhebung ziehen sich mit den Ruinen alter Bergwerksgebäude von der Buchenwaldstufe in 1 600 m Höhe bis zu den alpinen Matten in 2 250 m hinauf (Abb. 9). Besonders unterhalb der meist vegetationsfreien Halden und auf den anstehenden zinkhaltigen Kalkbänken, die zwischen den Esinoriffkalken und den Raibler Schichten liegen, ist diese Gesellschaft verbreitet. Weitere Vorkommen sind von mir am Monte Castillo, auf der Ciema di Menna, am Monte Golla und Monte Secco sowie in der Presolana aufgenommen worden.

Es ist zu vermuten, daß das *Violetum dubyanae* noch in der Grigna auf Grund der dort vorkommenden erzführenden Schichten und der Verbreitung von *Viola dubyana* (Arealkarte bei PITSCHMANN und REISIGL 1959) vorhanden ist.

In der metallicolen Gesellschaft der Bergamasker Alpen sind zwei Subassoziationen zu unterscheiden, das *Violetum dubyanae typicum* (Aufn. Nr. 1—6, Tab. III) und das *Violetum dubyanae cardaminopsidetosum* (Aufn. Nr. 7—10, Tab. III). Während die typische Untergesellschaft die trockeneren Standorte besiedelt, gedeiht an den feuchten Stellen der Südhänge die Subassoziation von *Cardaminopsis halleri*. Die Böden sind verbrauchte Lehme, deren humoser A-Horizont 10—20 cm mächtig ist und über einen schwach ausgebildeten B-Horizont in das anstehende zinkhaltige Kalkgestein hinüberführt. Die Bodenreaktion ist neutral bis basisch. In beiden Untergesellschaften ist das Angebot an pflanzenverfügbarem Zink recht groß. Aus diesem Grund ist auch der Zinkgehalt der Pflanzen im Vergleich zu denen des *Armerion* und *Violion* stark angestiegen (Tab. 19).

Tabelle 19

Durchschnittlicher Zinkgehalt im *Violetum dubyanae*

Aufnahme Nr.	III 10	III 8
Wasserkapazität %	40,5	51,2
pH-Wert (H ₂ O dest.)	7,5	6,9
pH-Wert (n/10 KCl)	7,1	6,3
Pflanzenverfügbares Zn (ppm)		
in 0—5 cm	6 630	16 360
5—10 cm	8 740	15 300
10—20 cm	8 990	14 600
Zn-Gehalt der Blätter (ppm) von:		
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	1 571	3 460
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	1 947	2 659
<i>Viola dubyana</i>	4 490	6 480
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	—	4 240
<i>Cardaminopsis halleri</i>	—	12 400

Die Fundorte der einzelnen Aufnahmen der Tab. 19 und der Tab. III (im Anhang):

Aufn. Nr.	1	Ciema di Grem, 1900 m
	2	Halde an der Ciema di Menna, 1 750 m
	3	Halde am Pizzo Arera, 2 200 m
	4	Südhang des Pizzo Arera, 2 250 m
	5	Monte Castillo, Halde bei 1 300 m
	6	Pizzo Arera, 1 600 m
	7	Halde am Pizzo Arera, 2 000 m
	8	Pizzo Arera, Südhang unterhalb Nr. 7, 1 850 m
	9	Ciema di Grem, 1 800 m
	10	Monte Castillo, 1 450 m

2. Das *Thlaspeetum cepeaefolii* ERNST ass. nov.

Auf den schwermetallhaltigen Böden und den Halden der Gailtaler und der Karnischen Alpen siedelt das *Thlaspeetum cepeaefolii*, das in dem Endemiten dieses Gebietes, *Thlaspi cepeaefolium* WULFEN, die einzige Kennart der Assoziation besitzt. An weiteren hochsteten Arten sind neben den beiden Klassencharakterarten, *Silene cucubalus* var. *humilis* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica*, noch die Verbandstrennarten *Galium anisophyllum*, *Poa alpina* und *Dianthus silvester* vertreten (Tab. III, Aufn. Nr. 11—22).

Die Verbreitung der Assoziation deckt sich mit dem Vorkommen der Charakterart. Im einzelnen zieht sich das Areal vom Lumkofel bei St. Lorenzen im Lessachtal über den Jauken und Reißkofel durch die Metallzone der Gailtaler Alpen bis nach Bleiberg am Südfuß der Villacher Alpe. Fernerhin findet sich die Gesellschaft auf den schwermetallhaltigen Ablagerungen der Gailitz von Arnoldstein flussaufwärts bis nach Raibl (Cave del Predil), wo sie sich in den Karnischen Alpen am Predilpaß entlang häuft.

Im *Thlaspeetum cepeaeifolii* lassen sich zwei Subassoziationen unterscheiden, das *Thlaspeetum cepeaeifolii typicum* (Aufn. Nr. 11—17, Tab. III im Anhang) und das *Thlaspeetum cepeaeifolii erysimetosum* (Aufn. Nr. 18—22). Das *Thlaspeetum cepeaeifolii typicum* ist nur auf den feinerdereicheren Standorten der Gailtaler und Karnischen Alpen zu finden. Die *Erysimum silvestre*-Subassoziation dagegen ist den Grobschutt-Halden bei Bleiberg ob Villach eigen. Die Wasserkapazität des Haldenmaterials ist gering; das Wärmespeichungsvermögen hingegen ist recht groß (Tab. 20).

Da in diesem Bergbaugebiet ein Teil der Halden erst in jüngster Zeit wiedergewältigt wurde und eine Besiedlung von Schottermaterial recht lange Zeit in Anspruch nimmt, ist das *Thlaspeetum cepeaeifolii erysimetosum* nur auf den alten, ruhenden Halden und den schwermetallhaltigen Schuttflächen unterhalb der Sonnseiten und der Rauchfangwände gut ausgebildet, während es sonst über die Pionierstadien von *Silene cucubalus* var. *humilis* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* noch nicht herausgekommen ist (Aufn. Nr. 18—22). Außerdem erschweren die Temperaturmaxima dieser südexponierten Lagen eine Vegetationsentwicklung. Das warme Mikroklima dieser Standorte ermöglicht eine Besiedlung durch thermophile Arten, wie sie *Erysimum silvestre* und *Scrophularia canina* (Trennarten der Subassoziation) darstellen.

Die Fundorte der Aufnahmen der Tab. III (im Anhang):

- Aufn. Nr. 11 Gailitzufer b. Arnoldstein/Kärnten
 12 Raibl (Cave del Predil), bei der Mauth
 13 Reißkofel bei Dellach/Kärnten
 14 Jauken bei Oberdrauburg, Schutthalde d. Südseite
 15 Jauken bei Oberdrauburg, Schutthalde d. Nordseite
 16 Gailitzufer bei Arnoldstein/Kärnten
 17 Lummkofel bei St. Lorenzen i. Lessachtal/Kärnten
 18 Rauchfangwände d. Erzalpe b. Bleiberg/Kärnten
 19 Matthäus-Halde in Bleiberg ob Villach/Kärnten
 20 Halde d. Frz.-Josef-Stollen Bleiberg-Kadutschen/Kärnten
 21 Sonnseiten d. Erzalpe b. Bleiberg-Kreuth
 22 Fuggergraben in Bleiberg-Kreuth

Über die Wasserkapazität und die den Pflanzen zugänglichen Zinkmengen, die besonders im *Thlaspeetum cepeaeifolii typicum* eine beträchtliche Höhe erreichen, unterrichten die Untersuchungsergebnisse der Tabelle 20.

Tabelle 20

Durchschnittlicher Zinkgehalt des *Thlaspeetum cepeaeifolii*.

Subassoziation	typicum		erysimetosum
Aufnahme Nr.	III 12	III 14	III 19
Wasserkapazität ‰	44,9	42,3	25,4
pH-Wert (H ₂ O dest.)	6,8	7,8	7,9
pH-Wert (n/10 KCl)	6,3	7,2	7,1
Pflanzenverfügbares Zn (ppm) in 0—10 cm	10 580	14 330	7 380
Zn-Gehalt der Blätter (ppm) von:			
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	3 555	4 180	485
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	4 740	5 020	2 190
<i>Thlaspi cepeaeifolium</i>	4 800	6 080	—
<i>Erysimum silvestre</i>	—	—	456

IV. Stetigkeitsgrade innerhalb der Schwermetallpflanzengesellschaften.

Um eine bessere Übersicht und Vergleichsmöglichkeit über das Vorhandensein der einzelnen charakterisierenden oder differenzierenden Arten in den untersuchten Einzelbeständen der Assoziationen zu schaffen, sind die Kenn- und Trennarten der metallicolen Gesellschaften und der höheren systematischen Einheiten zu Stetigkeitsklassen im Sinne BRAUN-BLANQUET's (1951) zusammengefaßt worden (Tab. 21). In dieser Tabelle sind auch die von SCHUBERT (1952) mitgeteilten Aufnahmen der Schwermetallgesellschaften des östlichen Harzvorlandes berücksichtigt worden.

Neben den Kenn- und Trennarten des *Armerion halleri* (*Armeria maritima* ssp. *halleri*, *Cladonia alcornis*, *Asperula cynanchica*, *Silene otites*, *Scabiosa canescens* und *Potentilla heptaphylla*) und denen des *Thlaspeion calaminariae* (*Thlaspi alpestre* ssp. *calaminare*) haben die genannten Verbände noch folgende gemeinsame Arten, die sie vom Verband des *Galio-Minuartion verna* differenzieren:

Festuca ovina ssp. *ovina*,
Rumex acetosa und
Agrostis tenuis.

Bei der Aufstellung der Tabelle wird wegen einer besseren Übersicht auf den Zusatz des Deckungswertes verzichtet.

V. Fragmente von Schwermetallgesellschaften mit unsicherer Einordnung.

Ohne sie einer Assoziation oder einem Verband zuzuordnen, seien hier noch einige fragmentarische Ausbildungen von Pflanzengesellschaften auf schwermetallhaltigen Böden in Mitteleuropa erwähnt. Die Ursachen der Unvollständigkeit dieser Gesellschaften sind einerseits durch eine Störung bzw. Vernichtung ihrer Wuchsorte durch den Bergbau, zum anderen aber oft in der Kleinräumigkeit der anstehenden schwermetallhaltigen Schichten zu suchen.

Die Kupfererze bei Niedermarsberg in Westfalen haben seit dem 12. Jahrhundert einen oft unterbrochenen, aber lebhaften Bergbau hervorgerufen, der erst im Jahr 1930 endgültig zum Erliegen kam (Geol. Blatt Marsberg 2587). In diesem Raum sind auf den Kupferschiefern und auf dem anstehenden Gestein des Jittenberges Fragmente einer Schwermetallgesellschaft ausgebildet, die durch eine kupferresistente Ökotype von *Silene cucubalus* var. *humilis* (SCHWANITZ und HAHN 1954) charakterisiert ist. Über die Zusammensetzung der Gesellschaft mögen die beiden Aufnahmen der Tabelle 22 Aufschluß geben.

Tabelle 21

Mitteleuropäische Schwermetallpflanzengesellschaften

Verband:	Armerion		Thlaspeion	Galio-Minuartion	
Assoziation:	Armerietum bottendorffensis SCHUBERT 1952	Armerietum halleri LIBBERT 1930	Violetum calaminariae SCHWICKERATH 1931	Violetum dubyanae ass. nov.	Thlaspectum cepeaeifolii ass. nov.
Zahl der Aufnahmen:	29	78	41	15	12
Kennart der Armerietum bottendorffensis:					
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>bottendorffensis</i>	V	.	.	.	.
Trennarten des Armerietum bottendorffensis:					
<i>Thymus chamaedrys</i>	V	.	.	.	.
<i>Poa badensis</i>	IV	.	.	.	.
<i>Festuca glauca</i>	IV	.	.	.	.
<i>Festuca sulcata</i>	IV	.	.	.	.
Kennart des Armerion halleri:					
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>halleri</i>	.	V	.	.	.
Trennarten des Armerion halleri:					
<i>Cladonia alpicornis</i>	V	III	.	.	.
<i>Asperula cynanchica</i>	V	III	.	.	.
<i>Silene otites</i>	IV	II	.	.	.
<i>Scabiosa canescens</i>	III	III	.	.	.
<i>Potentilla heptaphylla</i>	III	II	.	.	.
Kennarten des Violetum calaminariae:					
<i>Viola calaminaria</i>	.	.	IV	.	.
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>calaminaria</i>	.	.	III	.	.
Trennart des Violetum cal. westfalicum:					
<i>Viola calaminaria</i> var. <i>westfalica</i>	.	.	II	.	.
Kennart des Thlaspeion calaminariae:					
<i>Thlaspi alpestre</i> ssp. <i>calaminare</i>	.	.	IV	.	.
Trennarten des Armerion und Thlaspeion:					
<i>Festuca ovina</i> ssp. <i>ovina</i>	I	IV	IV	.	.
<i>Agrostis tenuis</i>	III	IV	III	.	.
<i>Rumex acetosa</i>	.	IV	IV	.	.
Kennart des Violetum dubyanae:					
<i>Viola dubyana</i>	.	.	.	V	.
Trennarten des Violetum dubyanae:					
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	.	.	.	V	.
<i>Thymus alpinus</i>	.	.	.	V	.
Kennart des Thlaspectum cepeaeifolii:					
<i>Thlaspi cepeaeifolium</i>	.	.	.	.	III
Trennarten des Galio-Minuartion vernae:					
<i>Galium anisophyllum</i>	.	.	.	IV	IV
<i>Poa alpina</i>	.	.	.	IV	IV
<i>Dianthus silvester</i>	.	.	.	I	III
Klassen- und Ordnungskennarten:					
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	.	V	IV	IV	V
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	V	IV	III	V	IV

Tabelle 22

Fragmentarische Schwermetallgesellschaft auf den Kupferschiefen bei Niedermarsberg

Aufnahme Nr.	J 1	J 2
Aufnahmefläche m²	100	100
Exposition	SW	S
°	20	10
Deckungsgrad der Krautschicht ‰	30	30
Deckungsgrad der Bodenschicht ‰	40	5
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	2.2	1.2
<i>Dianthus deltoides</i>	1.3	1.2
<i>Rumex acetosa</i>	1.1°	1.1°
<i>Agrostis tenuis</i>	+2	+2
<i>Festuca ovina</i> ssp. <i>ovina</i>	.	+1
<i>Campanula rotundifolia</i>	.	+1
<i>Cladonia chlorophaea</i>	+2	+2
<i>Cladonia foliacea</i>	1.2	.
<i>Cladonia fimbriata</i>	2.1	.
<i>Bryum caespitium</i>	+2°	+2°
<i>Rhacomitrium lutescens</i>	+1	+1

Die starke Bewegung des Haldenmaterials (Aufn. Nr. J1) und die langsame Verwitterung des anstehenden Kupferschiefers (Aufn. Nr. J2) erschweren die Besiedlung dieses schwermetallhaltigen Bodens. Da der fragmentarischen Gesellschaft Kennarten fehlen, läßt sie sich in keine der vorhergenannten Assoziationen einordnen.

In Süddeutschland finden sich einige metallicole Assoziationsfragmente im Haldengebiet des ehemaligen Zinkbergbaues in Wiesloch-Baiertal bei Heidelberg sowie im Bergbaugbiet des Hochschwarzwaldes. Da an diesen Stellen nur *Silene cucubalus* in der Schwermetallvarietät *humilis* als charakteristische Art zu finden ist, mögen nur die Aufnahmen angeführt werden (Tab. 23).

Tabelle 23

Fragmentarisch ausgebildete Schwermetallgesellschaft Süddeutschlands.

Aufnahme Nr.	W 1	SW 1	SW 2
Aufnahmefläche m²	100	100	100
Exposition	.	.	W
°	.	.	10
Deckungsgrad der Krautschicht ‰	20	80	60
Deckungsgrad der Bodenschicht ‰	1	10	30
pH-Wert (H ₂ O dest.)	6,6	5,8	.
pH-Wert (n/10 KCl)	6,2	5,1	.
Pfl.verfügbares Zn (ppm) 0—10 cm	4 437	230	—
Zn-Gehalt der Blätter von <i>Silene cucubalus</i> (ppm)	335	128	—
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	1.2	1.2	+2
<i>Rumex acetosa</i>	+1	1.1	1.2°
<i>Festuca ovina</i> ssp. <i>ovina</i>	.	1.2	3.2
<i>Calluna vulgaris</i>	.	4.4	1.2
<i>Cladonia chlorophaea</i>	.	1.2	2.2
<i>Cladonia silvatica</i>	.	1.2	1.2
<i>Cetraria islandica</i>	.	1.2	1.2
<i>Stereocaulon spec.</i>	.	.	+2
<i>Bryum caespitium</i>	+2°	.	.
<i>Polytrichum piliferum</i>	.	+1	+1

Fundorte der Aufnahmen der Tab. 23:

Aufn. Nr. W1 Halde der Erzwäsche in Wiesloch/Heidelbg.
SW1 Halde am Schauinsland/Schwarzwald
SW2 in der Nähe von Nr. SW1.

Der Wettersteinkalk der Heiterwand (Lechtaler Alpen) setzt sich, nur durch die tiefe Furche des Fernpasses bei Nassereith unterbrochen, im Ostteil der Mieminger Kette (Marienberg Joch, Wanneck) fort. Schon seit dem Mittelalter ist die bergmännische Tätigkeit auf den Wettersteinkalk mit seinen blei- und galmeiführenden Schichten gerichtet. Durch den regen Bergbau, der meist erst nach dem Ersten bzw. Zweiten Weltkrieg eingestellt wurde (MUTSCHLECHNER 1954), ist das gesamte Gebiet stark anthropogen überformt, so daß natürlich anstehender und verwitterter schwermetallhaltiger Boden nicht mehr zu finden ist. Auf den zinkreichen Schuttfächen und Halden haben sich nur die Initialstadien einer Schwermetallassoziaton ausbilden können. Die Gesellschaft ist deshalb noch artenarm. Auf Grund der Verbandstrennnarten, *Galium anisophyllum* und *Dianthus silvester*, ist sie dem Galio-Minuartion vernaе zu zuordnen. Da der Schwermetallgesellschaft Assoziationscharakterarten fehlen, läßt sie sich noch nicht in eine Assoziation einordnen. Doch kann die systematische Stellung dieser Assoziationsfragmente vielleicht entschieden werden, wenn noch weitere Aufnahmen von den zinkhaltigen Böden der nördlichen Kalkalpen vorliegen. Hier sei nur die Assoziationstabelle mitgeteilt (Tab. 24).

Auf der Flußterrasse der Loisach, die das Gebiet nach Norden entwässert, hat sich in dieser fragmentarischen Gesellschaft eine feuchte Variante mit *Cardaminopsis halleri* entwickelt (Aufn. Nr. N4), die sich von den anderen Rasengesellschaften recht scharf abhebt.

Tabelle 24

Fragmentarisch ausgebildete Schwermetallgesellschaft der Mieminger Kette und Lechtaler Alpen

Aufnahme Nr.	N 1	N 2	N 3	N 4
Aufnahmefläche m ²	100	100	100	100
Exposition	SW	W	SW	S
Deckungsgrad der Krautschicht %	15	15	20	2
Deckungsgrad der Bodenschicht %	50	60	40	50
Pfl.verfügbares Zn (ppm) 0—10 cm	8 219	12 142	2 788	40
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>	+2	1.2	2.2	2.2
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>	3.2	3.2	2.2	1.2
<i>Cardaminopsis halleri</i>	.	.	.	+2
<i>Thymus polytrichus</i>	+2	+2	+2	.
<i>Dianthus silvester</i>	.	+2	+2	.
<i>Galium anisophyllum</i>	.	.	+2	.
<i>Molinia coerulea</i>	.	.	.	3.2
<i>Bryum caespiticium</i>	.	1.2	2.2	+2
<i>Cephalozia starkei</i>	.	.	.	+1
<i>Cladonia</i> div. spec.	.	.	.	3.3

Fundorte der Tabelle 24:

- Aufn. Nr. N1 Galmeischutthalde an der Heiterwand in den Lechtaler Alpen
N2 Galmeischutt am Fuße des Wanneck/Mieminger Kette
N3 Halde am Haferkar/Mieminger Kette
N4 Ufer der Loisach bei Biberwier am Fernpaß.

Außerhalb des Untersuchungsgebietes sind in Mitteleuropa noch einige weitere fragmentarisch ausgebildete Schwermetallpflanzengesellschaften zu erwähnen: so die Gesellschaft auf den zink- und bleihaltigen Böden Oberschlesiens, die sich nach den Aufnahmen von GRÜNDLER (1931) aber soziologisch nicht einordnen läßt. In ihr soll nach allerdings unbestätigten Angaben von CHRISTIANSEN (1931) *Armeria maritima* ssp. *halleri* neben *Cardaminopsis halleri* vorkommen. Der Zinkgehalt der Pflanzen wird von LABAND (1901) mit 2018 ppm angegeben, derjenige des Bodens von JENSCH (1894) mit 89 300 ppm bis 118 800 ppm.

Fernerhin sei bemerkt, daß auf den alten Halden des Erzbergbaues in den Vogesen bei St. Marie-aux-Mines und La-Croix-aux-Mines keine Schwermetallpflanzengesellschaften gefunden wurden. Es handelt sich hier um grobblockiges Haldenmaterial, das fast immer vegetationsfrei bleibt, und es fehlen hier auch ausbeißende Erzkörper, deren chemische Eigenschaften die Vegetationsdecke beeinflussen können (CHARRIN 1950).

Ob darüber hinaus die auf den kupferhaltigen Böden von Killarney auf Ross-Island/Irland beschriebene *Silene maritima*-*Armeria maritima*-Assoziation TX 1952 (BRAUN-BLANQUET und TÜXEN 1952), die vorläufig dem *Armerion maritimae* BR-BL et DE LEEUW 1936 zugeteilt wurde, ebenfalls in diese Klasse gehört, läßt sich erst nach Kenntnis der englischen Schwermetallpflanzengesellschaften beurteilen, zumal *Armeria maritima* zwar zur Unterart *maritima* gestellt, aber von den Autoren mit einem Fragezeichen versehen wurde.

Einen Überblick über alle bekannten Vorkommen von Schwermetallgesellschaften in Mitteleuropa vermittelt die nachstehende Karte.



VI. Pflanzengeographisches Spektrum.

Das pflanzengeographische Spektrum wurde nur nach den größeren Verbreitungsgruppen unterteilt. Dabei bedeutet das Signum NW nordisch-subatlantische Pflanzen, W euatlantische Arten, (W) Pflanzen subatlantischer Herkunft, SW mediterran-subatlantische Elemente, (S) präalpine und alpin-präalpine Arten, A alpine Pflanzen, S Arten mit submediterraner Herkunft, SO mediterran-kontinentale und mediterran-eurasische Arten, (O) Pflanzen mit allgemein eurasischem Areal, O Pflanzen mit kontinentaler Verbreitung.

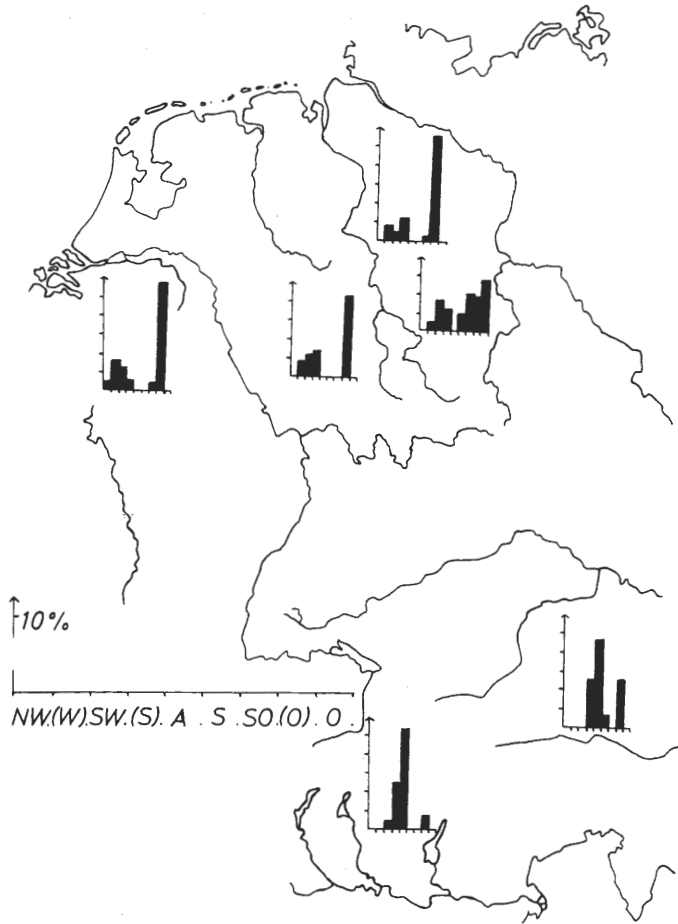


Abb. 11. Pflanzengeographische Spektren der mitteleuropäischen Schwermetallgesellschaften.

Vergleichen wir nun die pflanzengeographischen Spektren der Schwermetallpflanzengesellschaften, so ergibt sich folgendes Bild:

In die Assoziationen des *Armerion halleri* dringen Arten mit kontinentaler und mediterran-kontinentaler Herkunft ein. Zur ersten Gruppe gehören unter anderem *Astragalus danicus*, *Seseli annum*, *Potentilla heptaphylla* sowie *Scabiosa canescens* und *Scabiosa ochroleuca*. Die Pflanzen mit mediterran-kontinentaler Ausbreitungstendenz sind durch *Carex humilis*, *Festuca duvalii*, *Alyssum montanum*, *Silene otites* und *Poa badensis* charakterisiert. Der Anteil der mediterran-kontinentalen und kontinentalen Elemente am Arteninventar des *Armerion*-Verbandes beträgt 21 % (Tab. 25). Dadurch wird der kontinentale Charakter des *Armerion halleri* besonders betont. In der artenarmen Ausbildung der Graselkenflur des Westharzes sind diese Pflanzen aber wesentlich seltener anzutreffen (Abb. 11).

Tabelle 25

Pflanzengeographische Spektren der einzelnen Schwermetallpflanzen-Verbände

	Armerion halleri	Thlaspeion calam.	Galio- Minuartion
NW (nordisch-subatlant.)	2,1 ‰	4,5 ‰	—
W (eu-atlantisch)	—	—	—
(W) (subatlantisch)	6,9 ‰	10,1 ‰	—
SW (mediterran-subatl.)	10,3 ‰	13,2 ‰	0,7 ‰
(S) (alpin-präalpin)	14,1 ‰	15,8 ‰	23,8 ‰
A (alpin)	—	—	55,2 ‰
S (submediterran)	9,5 ‰	—	6,3 ‰
SO (mediterran-kontinental)	8,8 ‰	1,7 ‰	—
(O) (eurasiatisch)	36,1 ‰	54,6 ‰	14,0 ‰
O (kontinental)	11,9 ‰	—	—

In den Gesellschaften des westlicheren *Thlaspeion calaminariae* fällt der hohe Anteil der allgemein-eurasiatisch verbreiteten Arten (55 ‰) auf, während Eu-Atlantiker und Kontinentale überhaupt fehlen. Daneben kommen die präalpinen Arten, zu denen ich *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und *Viola calaminaria* rechnen möchte, fast mit der gleichen Häufigkeit vor (16 ‰) wie die Subatlantiker (10 ‰) und die mediterran-subatlantischen Elemente (13 ‰). Die Pflanzen mit subatlantischem Areal sind durch *Thlaspi alpestre* ssp. *calaminaria* und *Euphrasia nemorosa*, diejenigen mit mediterran-subatlantischer Verbreitung hauptsächlich durch *Polygala vulgaris* und *Euphrasia stricta* vertreten.

Kennzeichnend für die Schwermetallpflanzengesellschaften des Galio-Minuartion *vernae* ist das Fehlen subatlantischer Arten und das Aufkommen von sehr viel alpinen (55 ‰) und präalpinen (23,8 ‰) Elementen. Zur Gruppe mit alpinem Areal zählen unter anderem *Viola dubyana*, *Thlaspi cepae-ae-folium*, *Thymus alpinus*, *Poa alpina* und *Galium anisophyllum*. Die Arten mit einem präalpinen bis alpin-präalpinen Verbreitungszentrum sind durch *Minuartia verna* ssp. *hercynica*, *Thymus polytrichus* und *Euphrasia salisburgensis* vertreten. Die allgemein-eurasiatisch verbreiteten Pflanzen sind erheblich zurückgegangen (14 ‰). Dafür treten in den südlichen Kalkalpen auf Grund des günstigeren Klimas wieder submediterrane Elemente wie *Scrophularia canina* und *Erysimum silvestre* hinzu.

Die Anteile der einzelnen pflanzengeographischen Gruppen werden also durch die allgemeine Tendenz der sie umgebenden Gesellschaften mitbestimmt.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Im Rahmen der soziologischen Untersuchungen der Schwermetallpflanzengesellschaften Mitteleuropas wurde die Zuordnung der *Violetalia calaminariae* zur Klasse Festuco-Brometea überprüft. Dabei ergab sich, daß die Ordnung zur Klasse Violetea calaminariae BR-BL. et TX. 1943 zu stellen ist, die durch die Kennarten *Silene cucubalus* var. *humilis* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* klar umrissen ist.

2. Die metallicolen Assoziationen wurden in drei Verbände aufgegliedert, von denen das *Armerion halleri* und das *Galio anisophylli-Minuartion vernae* neu ausgewiesen wurden.

3. Neben den bekannten Schwermetallgesellschaften konnten das *Violetum dubyanae* und das *Thlaspeetum cepeaeifolii* als bisher noch nicht beschriebene Assoziationen, das *Violetum calaminariae westfalicum* als neue geographische Rasse herausgestellt werden.

4. Die floristische Gliederung der Gesellschaften in Subassoziationen, Varianten und Subvarianten wurde ökologisch unterbaut.

5. Das pflanzenverfügbare Zink im Boden wurde erfaßt und zum Metallgehalt der Pflanzen in Korrelation gesetzt.

6. Die Systematik von *Armeria maritima* ssp. *halleri* und von *Viola calaminaria* wurde überprüft. *Armeria maritima* ssp. *calaminaria* (PETRI) wurde der Unterart *halleri* entgegengestellt. Das Galmeiveilchen von Blankenrode wurde als eigene Varietät, *Viola calaminaria* var. *westfalica* (A. SCHULZ), beschrieben.

LITERATUR

- Anders, J., 1928. Die Strauch- und Laubflechten Mitteleuropas. Jena 1928.
- Anke, M., 1962. Der Mineralstoffgehalt des Futters auf verschiedenen geologischen Formationen. in: Mikronährstoffversorgung der Böden (Symposium) Dtsch. Akad. Landwirtsch. Berlin, Tagungsberichte 56, 105—126.
- Bach, R., Kuoch, A. u. Moor, M., 1962. Die Nomenklatur der Pflanzengesellschaften. Mitt. flor-soziol. Arb.gem. NF 9.
- Baumann, A., 1885. Das Verhalten von Zinksalzen gegen Pflanzen und im Boden. Die landw. Versuchsstation 31, 1—53.
- Baumeister, W., 1954. Über den Einfluß des Zinks bei *Silene inflata* Sm. Ber. dtsch. bot. Ges. 67, 205—213.
- Baumeister, W., u. Burghardt, H., 1956. Über den Einfluß des Zinks bei *Silene inflata* Sm. Ber. dtsch. bot. Ges. 69, 161—168.
- Becker, W., 1905. Die systematische Behandlung der Formenkreise der *Viola calcarata* und *lutea* (im weitesten Sinne genommen) auf Grundlage ihrer Entwicklungsgeschichte. Beih. Bot. Centralbl., Bd. 18 B.
- Berg, G., 1950. Blei und Zink. Die metallischen Rohstoffe Bd. 9 Stuttgart 1950 (dort die übrige geologische Literatur der bearbeiteten deutschen Gebiete).
- Bergh, H., 1947. On plant-available zinc in soil. Kgl. norske Vindensk. Selsk. Forh. 20, 41—44.
- Bertrand, G., et Andreitcheva, M., 1933. Sur la teneur comparée en zinc des feuilles vertes et des feuilles étoilées. C. r. Acad. Sci. Paris 197, 1374—1376.
- Bertsch, K., 1964. Flechtenflora von Süddeutschland. Stuttgart 1964.
- Bittmann, E., 1949. Die Pflanzengesellschaften des Okertales zwischen Stadt Oker und Schladen als Planungsgrundlage zur Lebendverbauung, Hochwasserschutz und Aufforstung. Dipl. Arbeit Stolzenau 1949 Mskr.
- Bradshaw, A. D., 1952. Populations of *Agrostis tenuis* resistant to lead and zinc poisoning. Nature (London) 169, 1098.
- Braun, H., 1854. Über das Vorkommen von Zink im Pflanzenreich. Verh. Kgl. Preuß. Akad. Wiss. Berlin 1854, 175—179.
- Braun-Blanquet, J., 1951. Pflanzensoziologie, 2. Aufl. Wien 1951.

- Braun-Blanquet, J., et Tüxen, R., 1943. Übersicht über die höheren Vegetationseinheiten Mitteleuropas. SIGMA Comm. No. 84. Montpellier 1943.
- Braun-Blanquet, J., und Tüxen, R., 1952. Die Pflanzengesellschaften Irlands. Veröff. Geobot. Inst. Rübel zu Zürich 25.
- Bröcker, W., 1962. Genetisch-physiologische Untersuchungen an *Silene inflata* Sm. Diss. Münster 1962.
- Buschbaum, H., 1891. Flora des Regierungsbezirks Osnabrück. Osnabrück 1891.
- Cannon, H. L., 1952. The effect of uranium-vanadium deposits on the vegetation of the Colorado Plateau. Amer. J. Sci. 250, 735—770.
- Charrin, V., 1950. La richesse des anciennes mines métalliques des Vosges. Genie Civil 70, 270—272.
- Christiansen, W., 1931. Die mitteldeutschen Formenkreise der Gattung *Armeria*. Bot. Archiv 31, 247—265.
- Clausen, J., 1927. Chromosome numbers and the relationship in the genus *Viola*. Ann. of Bot. 41, 677—714.
- Clausen, J., 1931. Cytogenetic and taxonomic investigations on *Melanium* violets. Hereditas 15, 219 ff. 1931.
- Czuray, E. J., 1962. Jauken und Gurina. Der Anschnitt 14, 35—39.
- Darlington, C. D., and La Cour, L. F., 1962. Methoden der Chromosomenuntersuchung. Stuttgart 1962.
- De Candolle, 1824. Prodomus systematis naturalis regni vegetabilis sive humeratio contracta ordinum generum specierumque plantarum Bd. I. Paris 1824.
- Drude, O., 1902. Der hercynische Florenbezirk. Vegetation der Erde VI, Leipzig 1902.
- Duvigneaud, P., 1958. La végétation du Katanga et de ses sols metallifères. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 90, 127—286.
- Ellenberg, H., 1963. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. (Einführung in die Phytologie, Bd. IV,2). Stuttgart 1963.
- Emmerling, O., und Kolkwitz, R., 1914. Chemische und Biologische Untersuchungen über die Innerste. Mitt. Königl. Landesanst. Wasserhyg. 18.
- Fenaroli, L., 1954. Beitrag zur Kenntnis eines neuen Endemismus der Ostalpen: *Linaria Tonzigi* Lona. Festschrift Aichinger Bd. I. (Angew. Pfl.-soziologie, Sonderheft).
- 1955. Flora delle Alpi. Milano 1955.
- Fothergill, P. G., 1944. The somatic cytology of our British species of the genus *Viola*. New Phytol. 43, 23—35.
- Freytag, M., 1868. Über den Einfluß des Zinkoxyds und seiner Verbindungen auf die Vegetation. Mitt. landw. Akad. Poppelsdorf 1, 1868.
- Gams, H., 1957. Kleine Kryptogamenflora, IV. Moos- und Farnpflanzen. Stuttgart 1957.
- Gerstlauer, L., 1943. Vorschläge zur Systematik der einheimischen Veilchen. Ber. Bayer. Bot. Ges. 26, 12—55.
- Gregor, J. W., 1946. Ecotyp differentiation. New Phytol. 45, 254—270.
- Griesinger, R., 1937. Über hypo- und hyperdiploide Formen von *Petunia*, *Hyoscyamus*, *Lamium* und einige andere Chromosomenzählungen. Ber. dtsh. bot. Ges. 55, 556—571.
- Gründler, P., 1931. Beitrag zur Ökologie und Soziologie der oberschlesischen Haldenflora. Mitt. Beuth. Geschichts- u. Musealver. 13/14.
- Harbaugh, J. W., 1950. Biogeochemical investigations in the Tri-State-District (Missouri, Kansas, Oklahoma). Econ. Geol. 45, 548—567.
- Hayek, A., 1922. Versuch einer natürlichen Gliederung des Formenkreises der *Minuartia verna*. Österr. Bot. Z. 71, 89—116.
- Hegi, G., 1926—1963. Illustrierte Flora von Mitteleuropa. München 1926—1963.
- Heimans, J., 1936. De Herkomst van de Zinkflora aan de Geul. Nederl. Kruidk. Archief 46, 878—897.
- 1961. Taxonomic, phytogeographical and ecological problems round *Viola calaminaria*, the zinc violet. Publ. Nat. Gen. Limburg 12, 57—71.
- Herrmann, R., Knickmann, E., u. Thun, K., 1955. Methodenbuch Bd. I. Die Untersuchung von Böden. Radebeul-Berlin 1955.
- Hewitt, E. J., 1954. Metal Interrelationships in Plant Nutrition. J. Exp. Bot. Vol. 5, 13.
- Holler, H., 1936. Die Tektonik der Bleiberger Lagerstätte. VII. Sonderheft der Carinthia II (Mitt. Ver. Nat. Landesmuseum Kärnten) 63, 35—46.

- Holler, H., 1953. Der Blei- und Zinkerzbergbau Bleiberg, seine Entwicklung, Geologie und Tektonik. Carinthia II, 63, 1.
- Huttenlocher, H. F., 1934. Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Schweiz. Min. u. Pet. Mitt. XIV, 1.
- Jacquemart, S., 1958. Contribution à l'écologie des haldes calaminaires. I. Colonisation d'un milieu neuf. Bull. Inst. R. Sci. nat. de Belgique, 34, 28 p. II.
- Javillier, M., 1908. Le zinc chez les plantes. Annales de l'Institut Pasteur 22, 720—727.
- Jensch, E., 1894. Beiträge zur Galmeiflora Oberschlesiens. Z. angew. Chem. 7, 14—15.
- Jowett, D., 1958. Population of *Agrostis* ssp. tolerant to heavy metals. Nature, 182, 816.
- Issler, E., 1942. Vegetationskunde der Vogesen. Pflanzensoziologie 5. Jena 1942.
- Iversen, 1940. Blütenbiologische Studien, 1. Dimorphie und Monomorphie bei *Armeria*. Kgl. danske Vidensk. Selsk. Biol. Midd. Bd. 15.
- Knape, 1912. Die wichtigsten industriellen Unternehmungen des Paderborner Landes in fürstbischöflicher Zeit. Diss. Münster 1912.
- Knapp, R., 1942. Zur Systematik der Wälder, Zwergstrauchheiden und Trockenrasen des euro-sibirischen Vegetationskreises. Arbeiten aus der Zentralstelle f. Veg. Kartierung. Beil. z. 12. Rundbr. 81 p.
- Knickmann, E., 1959. Zur Nutzung unfruchtbarer Böden mit hohem Gehalt an Blei und Zink. Z. Pflernährung, Düng. u. Bodenkd. 84, 255—258.
- Koch, K., 1932. Die Vegetationsverhältnisse des Silberberges im Hügellgebiet bei Osnabrück. Mitt. naturw. Ver. zu Osnabrück, 22, 117—149.
- Koch, K., 1934, 1958. Flora des Regierungsbezirks Osnabrück und der benachbarten Gebiete. Osnabrück 1934, 1958.
- König, J., 1899. Die Verunreinigung der Gewässer, deren schädliche Folgen, sowie die Reinigung von Trink- und Schmutzwasser, Bd 2. Berlin 1899.
- Krausch, H. D., 1962. Vorschläge zur Gliederung der mitteleuropäischen Sand- und Silikat-Trockenrasen. Mitt. flor.-soziol. Arb.gem. NF 9, 1962.
- Kurrisen Pagnier, 1925. Botanisch-Chemische Waarnemingen over de zinkvegetatie van Epen. Nat. Maandblad 14, 86—89.
- Kutschera, L., 1960. Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. Frankfurt/M. 1960.
- Laband, L., 1901. Zur Verbreitung des Zinkes im Pflanzenreiche. Z. f. Nahr- u. Genußmittel 4, 489—492.
- Lampe, W., u. Klement, O., 1958. Die Flechtenvegetation zwischen Oker und Leine im Raume von Hildesheim bis zum Harzrand. Zeitschr. Mus. Hildesheim NF 12.
- Lange, O. L., u. Ziegler, H., 1963. Der Schwermetallgehalt von Flechten aus dem *Acarosporium sinopicae* auf Erzschlackenhalden des Harzes. Mitt. flor.-soziol. Arb.gem. NF 10 Stolzenau 1963.
- Lebrun, J., Noirfalise, A., Heinemann, P. u. Van den Berghen, C., 1949. Les associations végétales de Belgique. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 82, 105—207.
- Libbert, W., 1930. Die Vegetation des Fallsteingebietes. Mitt. flor.-soziol. Arb.gem. in Niedersachsen, 1, 32—34.
- Linstow, O. v., 1929. Bodenanzeigende Pflanzen. Abh. Preuß. Geol. Landesamt. 114.
- Lundegårdh, H., 1948. Some aspects of the determination and distribution of zinc. Kgl. Lantbruks-Hogskol. Ann. 15, 1—36.
- Macquinay, A., et Ramaut, J. L., 1960. La teneur en zinc des plantes du *Violetum calaminariae*. Naturalistes Belges 41, 265—273.
- Macquinay, A., Lamb, I. M., Lambinon, J., et Ramaut, J. L., 1961. Dosage du zinc chez un lichen calaminaire belge: *Stereocaulon nanodes* f. *tyroliense*. Physiol. Plant. 14, 1961.
- Marsden-Jones, E. M., and Turrill, W. B., 1957. The Bladder Compions (*Silene maritima* and *S. vulgaris*). The Ray — Society, 139, London 1957.
- Mattfeld, J., 1922. Geographisch-genetische Untersuchungen über die Gattung *Minuartia* (L.) Hiern. Bot. Jahrb. f. Syst. LVII, 127, 14—63.
- Merxmüller, H., u. Ehrendorfer, F., 1957. *Galium montisarerae*, eine neue Sippe der Bergamasker Alpen. Österr. Bot. Z. 104, 228—233.
- Metz, R., Richter, M., u. Schürenberg, H. 1957. Die Blei-Zinkerzgänge des Schwarzwaldes. Monogr. Deutsch. Blei-Zinklagerstätten 14, Beih. Geol. Jb. 29.
- Meusel, H., 1943. Vergleichende Arealkunde. Berlin 1943.

- Mönkemeyer, W., 1927. Die Laubmoose Europas, Bd. IV. Leipzig 1927.
- Mosseray, R., 1937. Remarques sur les principaux groupements végétaux observés au cours de l'herborisation dans la vallée de la Vesdre. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 69, fasc. 2, 188—191.
- Mückenhausen, E. V., 1962. Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt 1962.
- Munk, H., 1956. Die Bestimmung kleinster Mengen Zink in Böden sowie pflanzlichen und tierischen Substanzen. Diss. Gießen 1956.
- Mutschlechner, G., 1954. Der Erzbergbau in der Umgebung von Imst. Schlern-Schr. 110, Imster Buch, 29—59, Innsbruck 1954.
- Paffen, K., 1940. Heidevegetation und Odlandwirtschaft der Eifel. Beitr. Landesk. Rheinlande 3. Reihe 3, Bonn 1940.
- Persson, H., 1956. Studies in „Copper Mosses“. J. Hattori Bot. Laborat. 17, 1—18.
- Petri, F., 1863. De genere *Armeria*. Berlin 1863.
- Pitschmann, H., u. Reisigl, H., 1959. Endemische Blütenpflanzen der Südalpen zwischen Luganersee und Etsch. Ergebnisse der XI. Internationalen Pflanzengeographischen Exkursion durch die Ostalpen. Veröff. Geobot. Inst. Rübel 35.
- Repp, G., 1963. Die Kupferresistenz des Protoplasmas höherer Pflanzen auf Kupferböden. Protoplasma 57, 643—659.
- Riley, R., 1956. The influence of the breeding system on the genecology of *Thlaspi alpestre* L. New Phytol. 55, p. 319 ff.
- Robinson, W. O., Lakin, H. W., and L. E. Reichen, 1947. The zinc content of plants on the Friedensville zinc slime ponds in relation biogeochemical prospecting. Econ. Geol. 42, 572—582.
- Rothmaler, W., 1963. Exkursionsflora von Deutschland IV. Berlin 1963.
- Rune, O., 1953. Plant life on serpentines and related rocks in the north of Sweden. Acta phytogeogr. Suecica 31, 1—139.
- Runge, R., 1955. Die Flora Westfalens. Münster 1955.
- Sandell, E. B., 1950. Colorimetric determination of traces of metals. New York 1950.
- Sandstede, H., 1931. Die Gattung *Cladonia*. Rabenhorst's Kryptogamenflora Bd. IX, IV2. Leipzig 1931.
- Scamoni, A., 1955. Einführung in die praktische Vegetationskunde. Berlin 1955.
- Schade, A., 1933. Das Acarosporetum sinopicae als Charaktermerkmal der Flechtenflora sächsischer Bergwerkshalden. Isis. Sitzungsber. Naturw. Ges. Dresden 1932, 127—160.
- Scharfetter, R., 1938. Das Pflanzenleben der Ostalpen. Wien 1938.
- Scharrer, K., u. Höfner, W., 1958. Über die Sorption und Auswaschung des Zink im Boden. Z. Pflernährung, Düng. u. Bodenkde. 81, 201—212.
- Scharrer, K., u. Munk, H., 1956. Die quantitative Bestimmung kleinster Mengen Zink in Böden, Pflanzen und tierischen Substanzen sowie Düngemitteln. Z. Pflernährung, Düng. u. Bodenkde. 74, 24—32.
- Schaumlöffel, E., 1960. Über die colorimetrische Bestimmung der Mikronährstoffe Kupfer, Zink, Kobalt, Mangan, Eisen und Molybdän aus einer Aschenlösung durch fraktionierte Extraktion. Landwirtsch. Forschung 13, 278—286.
- Schimper, A., u. Faber, F., 1935. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. 3. Aufl. Jena 1935.
- Schmidt, A., 1962. Eine neue Grundzahl in der Gattung *Viola*. Ber. dtsh. bot. Ges. 75, 78—84.
- Schubert, R., 1952. Die Pflanzengesellschaften der schwermetallhaltigen Böden des östlichen Harzvorlandes. Diss. Halle/S. 1952.
- 1954. Die Pflanzengesellschaften der Bottendorfer Höhen. Wiss. Z. Univ. Halle-Wittenberg 4, 99—120.
- Schulz, A., 1912. Über die auf schwermetallhaltigem Boden wachsenden Phanerogamen Deutschlands. Jahresber. westf. Prov. Ver. Wissenschaft u. Kunst 40, 209—227.
- Schwanitz, F., u. Hahn, H., 1954. Genetisch-entwicklungsphysiologische Untersuchungen an Galmeipflanzen. Zeitschr. f. Bot. 42, I, 179—190; II, 459—471.
- Schwickerath, M., 1931. Das Violetum calamariae der Zinkböden in der Umgebung Aachens. Beitr. z. Naturdenkmalpfl. 14, 463—503.
- 1933. Die Vegetation des Landkreises Aachen und ihre Stellung im nördlichen Westdeutschland. Aachener Beitr. z. Heimatk. 13, 1—135.
- 1954. Die Landschaft und ihre Wandlung, auf geobotanischer und geographischer Grundlage entwickelt und erläutert im Bereich des Meßtischblattes Stolberg. Aachen 1954.

- Srbik, R. R. v., 1929. Überblick des Bergbaues von Tirol und Vorarlberg in Vergangenheit und Gegenwart. Ber. nat. wiss. med. Ver. in Innsbruck 41, 113—279.
- Staikoff, Z., u. Dontscheff, I., 1962. Gehalt der Böden Bulgariens an Mikronährstoffen. in: Über die Mikronährstoffversorgung der Böden (Symposium). Deutsche Akad. Landwirtsch. Berlin, Tagungsberichte 56, 62—85.
- Thalius, J., 1588. Sylva Hercynica, sive Catalogus plantarum sponte nascentium in montibus et locis vicinis Hercynae. Frankfurt/M. 1588.
- Tornquist, 1902. Führer durch das Oberitalienische Seengebirge. Berlin 1902.
- Tucker, T. C., and Kurk, L. T., 1955. A comparison of several chemical methods with the bioassay procedure for extracting zinc from soils. Proc. Soil Sci. Soc. America 19, 477—481.
- Tüxen, R., 1937. Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Mitt. flor.-soziol. Arb. gem. Niedersachsens 3.
- 1945. Das Arabideto-Armerietum halleri. Stolzenau 1945 Mskr.
- 1955. Das System der nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. Mitt. flor.-soziol. Arb. gem. Stolzenau 1955.
- 1962. Zur systematischen Stellung von Spezialisten-Gesellschaften. Mitt. flor.-soziol. Arb. gem. NF 9, 1962.
- Vinogradov, A. P., 1954. Geochemie seltener und nur in Spuren vorhandener chemischer Elemente im Boden. Berlin 1954.
- Vogt, T., 1942. Geokjemisk og geobotanisk malmletting. Kgl. norske Vidensk. Selsk. Forh. 15, II, 5—8; III, 21—24.
- Vogt, T., Braadlie, O., u. Bergh, H., 1943. Geochemical and geobotanical ore prospecting. IX. Bestimmung von Cu, Zn, Pb, Mn und Fe in Pflanzen von Röros. Kgl. norske Vidensk. Selsk. Forh. 16, 55—58.
- Vogt, T., and Bergh, H., 1947. Geochemical and geobotanical ore prospecting. XI. Zinc and lead in soil. Kgl. norske Vidensk. Selsk. Forh. 20, 100—105.
- Wachsmann, C. I., 1959. Wasserkulturversuche zur Wirkung von Blei, Kupfer und Zink auf die Gartenform und Schwermetallbiotypen von *Silene inflata* Sm. Diss. Münster/W. 1959.
- Wear, J. I., 1956. Effects of soil pH and calcium on uptake of zinc by plants. Soil Sci. 81, 1956.
- Westhoff, V., Dijk, Ir. J. W. u. a. 1946. Overzicht der Plantengemeenschappen in Nederland. 2. Aufl. Amsterdam 1946.

Anschrift des Verfassers: Dr. Wilfried Ernst, 44 Münster, Botanisches Institut der Universität, Schloßgarten 3.

TABELLE I
Armerion halleri ERNST all. nov.
Armerietum halleri LIBBERT 1930

Armerietum halleri LIBBERT 1930

typicum

cladonietosum

Aufnahme Nr.								Var. v. Deschampsia flexuosa							
								typ. Subvar.				Subvar. v. Cornicularia			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Aufnahmefläche m²	5	10	10	100	100	25	10	100	100	100	100	100	100	100	100
Exposition	SSW	.	WNW	.	.	.	NW	.	.	NNW	.	WNW	.	.	.
o	10	.	10	.	.	.	5	.	.	20	.	30	.	.	.
Deckungsgrad d. Krautsch. %	50	60	70	60	90	90	90	90	40	40	50	50	40	40	30
Deckungsgrad d. Bodensch. %	3	2	20	1	.	5	3	5	50	10	10	50	65	30	60
pH-Wert (H ₂ O)	6,4	.	6,5	5,2	.	5,5	.	6,2	5,4	.	5,7	.	5,7	6,1	.
pH-Wert (n/10 KCl)	5,8	.	5,7	4,7	.	5,0	.	5,5	4,8	.	5,2	.	5,3	5,6	.
Kennart der Assoziation und des Verbandes:															
Armeria maritima ssp. hall.	1.1	2.2	3.2	3.1	3.2	2.2	4.2	3.2	1.2	1.2	2.2	+1	+2	2.2	1.2
Trennarten der Subassoziation von Cladonia chlorophaea:															
Cladonia chlorophaea	.	.	.	.	.	.	.	1.2	+2	2.2	1.2	2.2	1.2	1.2	+2
Cladonia rangiformis	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	1.2	1.2	.	1.2	.	.
Trennarten d. Var. u. Subvar. v. Deschampsia flexuosa:															
Deschampsia flexuosa	.	.	.	.	.	.	.	3.3	.	+2	2.2	.	1.2	+2	1.2
Cornicularia aculeata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.2	2.2	1.2	3.2
Cladonia alcicornis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	2.2	2.2	2.2
Trennarten d. Var. u. Subvar. v. Calluna vulgaris:															
Calluna vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Molinia coerulea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trennarten der Subassoziation von Achillea millefolium:															
Achillea millefolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	.	.	.
Plantago lanceolata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trennart der Subassoziation von Cardaminopsis halleri:															
Cardaminopsis halleri	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trennarten des Armerion und des Thlaspeion gegen d. Galio-Münartion:															
Festuca ovina ssp. ovina	.	.	.	2.2	2.2	.	+2	+2	.	.	.	2.3	1.2	2.2	1.2
Agrostis tenuis	+2	1.2	1.2	.	1.2	2.2	.	2.2	.	+2	+2	+1	+2	+2	.
Rumex acetosa	.	.	.	.	.	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kennarten der Klasse u. Ordnung:															
Silene cucubalus var. hum.	1.2	+1	+1	2.2	+1	+2	.	+2	+2	1.2	+2	+2	1.1	1.2	+2
Minuartia verna ssp. herc.	3.3	4.3	3.2	1.2	3.3	3.2	.	1.2	1.2	+2	1.2	1.2	+2	+2	+2
Begleiter:															
Campanula rotundifolia	.	.	.	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	+1	.	.	.
Euphrasia stricta	.	.	.	.	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.
Thymus pulegioides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	.	.	.
Holcus lanatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium pilosella	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia cyparissias	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	.	.
Cerastium vulgatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pimpinella saxifraga	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla erecta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Moose u. Flechten:															
Ceratodon purpureus	1.2	.	2.2	.	.	1.2	.	.	.	.	.	+2	.	.	.
Bryum caespitium	.	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Weisia viridula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pohlia nutans	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Pleurozium schreberi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pohlia annotina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Brachythecium salebrosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stereocaulon coralloides	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.

Außerdem je einmal in: Nr. 9: *Cladonia pocillum* 1.2 *Cladonia mitis* 2.2; Nr. 11: *Cladonia fimbriata* 2.1, Nr. 14: *Claudonia verticillata* +1; Nr. 15: *Polytrichum piliferum* 1.1; Nr. 21: *Ranunculus acer* +1, *Linum catharticum* 2.1, *Leontodon hispidus* 1.2; Nr. 26: *Trifolium repens* 2.2, *Trifolium pratense* +1; Nr. 27: *Galium mollugo* +2, *Trifolium pratense* 1.1.

					adhilotosum							cardaminopsidetosum													
Var. v. Calluna																									
		typ. Subvar.		Subvar. v. Molinia																					
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	62	27	28	29	30	31	32	33	34	35						
100	100	100	100	25	100	100	100	100	100	100	100	100	10	10	100	100	100	100	50						
.	W	SSW	SSW	SSW	NW	.	.	.	.	E	.	NW	NNW	SSW	.	.	.	.	S						
.	5	10	10	5	5	.	.	.	.	5	.	30	5	30	.	.	.	.	10						
70	80	60	90	55	40	100	100	70	90	95	90	75	70	60	80	80	90	90	100						
30	20	5	10	10	60	.	.	35	10	2	15	.	3	10	10	5	1	20	.						
6,3	6,1	.	.	.	6,2	.	.	6,5	6,7	6,9	.	5,9	.	6,5	5,8	.	5,9	.	.						
5,7	5,7	.	.	.	5,7	.	.	5,9	6,0	6,5	.	5,2	.	5,7	5,2	.	5,3	.	.						
+2	2.2	3.2	1.2	2.2	2.1	+2	2.2	3.2	2.2	1.1	2.2	.	.	.	3.2	+1	3.3	1.1	+2						
2.2	2.2	1.2	+2	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	1.2	.	.	.	.	.						
.	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
2.2	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	3.2	3.3	4.4	1.2	+2	.	.	+2 ^o	+2 ^o	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.						
.	.	.	.	1.2	2.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	1.1	+2	+1	2.1	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	+1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.1	.	.	.	+1	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	2.2	1.2	1.2	1.2	+2	+2	3.2						
.	+2	1.2	.	+2	+2	3.2	5.4	2.2	4.3	4.3	2.2	2.2	2.2	3.2	3.3	2.2	2.2	3.2	.						
.	+2	2.2	2.2	1.2	+1	2.2	.	1.2	1.2	1.1	1.1	.	+2	+1	.	+2	2.2	4.3	4.3						
.	.	1.1 ^o	1.2	+2	+1	.	1.2	+2	+2	1.2	+2	1.1 ^o	.	+1 ^o	.	1.2	1.1	1.1	1.2						
+2	1.3	+2	+2	.	.	+1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	.	2.2	2.2	.	+1	+2	+2	.						
1.2	+2	.	.	.	.	1.1	.	3.2	2.2	2.1	.	2.3	1.2	1.2	1.2	2.2	+2	+2	.						
.	.	.	.	.	.	+1	+1	1.1	+1	+1	+1	1.1	.	.	.	.	+1	.	.						
.	.	.	.	+1	2.1	.	.	2.1	2.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	+2	+2	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	2.2	3.2	.	.	.	.	.	3.2	+2	.	.						
+1	.	.	.	.	.	+1	.	+1	+1	.	.	.	.	+1	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
+2	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	+2	+2	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	.						
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	+1	.	.						
.	+2	.	.	+1	.	.	.	+2	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	1.2	2.2	+1	4.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	+2	2.2	.	.	.	.	.	.	3.2	.						
.	.	.	.	.	.	.	.	+2	1.2	.	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.						
.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						

Thlaspeion calaminiariae ERNST all. nov.

typicum											cladonietosum											
											typische Variante		Variante v. <i>Calluna vulgaris</i>									
													Subvariante v. <i>Luzula multiflora</i>					Subvariante v. <i>Molinia caerulea</i>				
											7	8	9	10	11	12	13	14				
Aufnahme Nr.		1	2	3	4	5	6				7	8	9	10	11	12	13	14				
Aufnahmefläche m ²		5	2	10	40	50	25				2	4	10	100	50	10	10	100				
Exposition		N	NW	ENE	N	E	E				ESE	ESE	ESE	SSE		E	W	W				
o		20	10	15	15	35	30				.	5	2	.	15	5	5	3				
Deckungsgrad der Krautschicht %		50	60	80	75	60	70				70	50	40	90	90	100	90	90				
Deckungsgrad der Bodenschicht %		1	40	.	2	2	5				20	50	20	20	20	.	20	5				
pH-Wert (H ₂ O dest.)		.	6,9	7,2	7,4	.	7,4				.	6,3	6,3	.	6,5	6,6	.	6,6				
pH-Wert (n/10 KCl)		.	6,4	6,8	7,0	.	7,1				.	5,8	5,7	.	5,9	6,3	.	5,8				
<u>Kennart des Violetum calaminariae:</u>																						
<i>Viola calaminaria</i>		.	.	1.1	+1	+1	1.1				.	.	2.2	1.1	2.2	3.2	3.3	2.2				
<i>Armeria maritima</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	2.2	2.3	+2	.	.	.				
spp. calaminaria		.	.	2.2	+3	.	+2				.	.	2.2	2.3	+2	.	.	.				
<u>Trennart des Violetum calaminariae westfalicum:</u>																						
<i>Viola calaminaria</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
var. westfalica		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<u>Trennarten der Subass. 1 Var. und Subvar. v. Cladonia rangiforalis:</u>																						
<i>Cladonia chlorophaea</i>		.	.	.	.	.	.				+1	1.1	1.1	.	.	+1	.	+1				
<i>Cladonia rangiforalis</i>		.	.	.	.	.	.				1.2	1.2	3.3	2.2	1.2	.	2.2	.				
<i>Calluna vulgaris</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	2.2	2.2	+2	+2	+2				
<i>Luzula multiflora</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	1.1	1.1	1.2	+2	.	.				
<i>Molinia caerulea</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	3.3	3.3	3.2				
<u>Trennarten der Subass. und Var. v. Achillea millefolium:</u>																						
<i>Achillea millefolium</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	+1	.	.	.	.				
<i>Plantago lanceolata</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	+1				
<i>Carex hirta</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Koeleria gracilis</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Scabiosa columbaria</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Carex caryophylla</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Euphrasia nemorosa</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		.	.	.	.	.	.				.	5.8	.	.	.	.	.	.				
<u>Trennarten der Subassoziation v. Cardaminopsis halleri:</u>																						
<i>Cardaminopsis halleri</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Bryum bimum</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<u>Kennart des Thlaspeion calaminariae:</u>																						
<i>Thlaspi alpestre</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
spp. calaminariae		2.2	2.2	2.1	.	1.2	1.2				2.2	3.2	+1	+1	1.2	1.1	.	1.2				
<u>Trennarten des Thlaspeion u. Armerion gegen Galio-Minuartien:</u>																						
<i>Festuca ovina</i> ssp. <i>ovina</i>		.	.	2.2	2.2	3.3	3.3				.	.	3.3	3.3	3.3	.	3.3	2.3				
<i>Rumex acetosa</i>		.	.	.	.	+1 ⁰	+1 ⁰	+1 ⁰			.	.	.	+1	+1	2.1	+1	+1				
<i>Agrostis tenuis</i>		.	.	.	.	.	.	.			.	.	.	2.2	2.2	.	2.2	3.2				
<u>Kennarten der Klasse u. Ordnung:</u>																						
<i>Silene cucubalus</i> var. <i>humilis</i>		1.2	3.2	2.2	.	2.3	1.2				4.2	+2	+1	2.2	+1	3.2	+2	+2				
<i>Minuartia verna</i> ssp. <i>hercynica</i>		1.2	+2	1.2	3.2	.	+2				.	1.2	2.2	1.2	.	.	.	.				
<u>Begleiter:</u>																						
<i>Pimpinella saxifraga</i>		.	.	.	.	+1	+1				.	.	+1	+1	.	1.1	.	.				
<i>Polygala vulgaris</i>		.	.	.	.	.	+1				.	.	.	+1	1.1	.	.	.				
<i>Euphrasia stricta</i>		.	.	+1	1.1	.	1.1				.	.	.	1.1	+1	.	.	.				
<i>Thymus pulegioides</i>		.	.	.	+1	+1	1.1				.	.	+1	+1	+1	.	.	.				
<i>Campanula rotundifolia</i>		.	.	.	.	2.1	.				.	.	+1	+1	.	.	.	+1				
<i>Potentilla erecta</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	2.2	+2	2.2	.	.	.				
<i>Ranunculus acris</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	+1	+1	.	.	+1				
<i>Cerastium vulgatum</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	+1	.	.	.	.				
<i>Galium mollugo</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	+1	.	.	.	.	.				
<i>Linum catharticum</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Hieracium umbellatum</i>		.	.	.	r.1	.	.				.	.	.	+1	.	.	.	.				
<i>Holcus lanatus</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<u>Moose und Flechten:</u>																						
<i>Bryum caespitium</i>		.	2.2	.	+2 ⁰	+1 ⁰	.				2.2	.	.	.	2.2	1.2	1.2	1.1				
<i>Ceratodon purpureus</i>		+1	2.2	.	.	.	.				2.2	.	.	1.2	.	.	+1	.				
<i>Pohlia nutans</i>		.	.	.	.	1.2	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Weisia viridula</i>		+2	.	.	.	+2	.				.	.	.	.	+1	+1	1.2	.				
<i>Scleropodium purum</i>		.	+1	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Cephaloziella starkei</i>		.	+1	.	.	.	.				+1	.	.	+1	.	.	.	.				
<i>Pleurozium schreberi</i>		.	.	.	.	+1	.				.	.	+1	.	.	.	.	.				
<i>Pohlia annotina</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Eurhynchium swartzii</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Barbula hornschiuchiana</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Camptothecium sericeum</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Hylocomium splendens</i>		.	.	.	.	.	.				.	+1	.	.	.	.	.	.				
<i>Otenidium molluscum</i>		.	+2	.	.	.	.				.	.	.	.	+1	.	.	.				
<i>Cladonia verticillata</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Cladonia pocillum</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				
<i>Peltigera rufescens</i>		.	.	.	.	.	.				.	.	.	.	.	.	.	.				

Violetum dubyanae ERNST ass. nov.											Thlaspeetum cepeaeifolii ERNST ass. nov.											
typicum						cardaminopsidetosum					typicum							erysimetosum				
Aufnahme Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Aufnahmefläche m²	100	100	100	100	100	100	100	5	100	100	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Exposition	SW	.	S	.	S	SE	N	S	SE	SE	.	.	SW	SSE	S	.	SSE	SE	SSE	SE	S	ESE
o	5	.	2	.	20	5	5	20	5	10	.	.	5	35	35	.	20	35	25	25	25	25
Deckungsgrad der Krautschicht %	60	40	80	50	75	98	100	95	50	80	50	40	80	50	70	60	50	30	40	40	60	60
Deckungsgrad der Bodenschicht %	2	.	10	2	2	5	5	2	.	2	.	2	.	.	.	2	30	2	2	30	5	.
pH-Wert (H₂O dest.)	7,3	.	6,8	6,9	7,1	6,9	7,4	6,9	7,5	7,5	.	6,8	.	7,6	7,8	6,5	7,4	8,1	7,9	.	7,6	7,9
pH-Wert (n/10 KCl)	6,9	.	6,3	6,5	6,8	6,5	7,0	6,3	7,1	7,1	.	6,3	.	7,2	7,4	6,0	7,1	7,3	7,3	.	7,2	7,5
Höhe über NN (x 1000 m)	1,9	1,7	2,2	2,2	1,3	1,6	2,0	1,8	1,8	1,4	0,8	1,1	1,9	2,1	1,8	0,8	1,9	1,3	1,1	1,0	1,3	1,2
Kennart des Violetum dubyanae:																						
Viola dubyana	2.2	2.2	1.2	1.2	1.2	+2	+2	1.2	+2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trennart d. Violetum dubyanae:																						
Euphrasia salisburgensis	2.1	2.1	3.1	2.1	2.1	1.1	+1	3.1	+1	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thymus alpinus	1.2	1.2	1.2	2.2	1.2	1.2	2.2	+2	2.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trennart der Subassoziation von Cardaminopsis halleri:																						
Cardaminopsis halleri	.	.	.	.	.	.	3.3	+2	1.2	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kennart des Thlaspeetum cepeaeifolii:																						
Thlaspi cepeaeifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.2	2.2	+2	+2	2.2	+2	1.2	.	.	.	.	.
Trennart der Subassoziation von Erysimum silvestre:																						
Erysimum silvestre	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	1.2	1.2	+2	1.1
Scrophularia canina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	1.2	+2	+1	.
Trennart des Verbandes gegen Thlaspeion und Armerion:																						
Poa alpina	1.2	+2	2.2	1.2	3.2	3.2	.	3.2	.	2.2	+1	.	2.2	+2	1.2	+1	+2	+2	.	.	1.2	+2
Galium anisophyllum	+2	.	+2	1.2	1.2	+2	1.1	1.1	+2	1.2	.	.	+2	1.2	1.2	+2	+2	.	.	+1	+1	+1
Dianthus silvester	.	.	.	+2	.	+2	.	.	.	.	.	+2	.	+2	1.2	.	.	.	1.2	2.2	.	+2
Klassen- und Ordnungssennarten:																						
Minuartia verna ssp. hercynica	1.2	2.2	1.2	1.2	+2	1.2	2.2	1.2	3.2	2.2	r.2	2.2	2.2	1.2	2.2	3.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.2
Silene cucubalus var. humilis	2.2	.	.	2.2	2.2	3.2	.	2.2	2.2	2.2	1.2	1.1	3.2	1.2	3.2	1.2	2.2	2.3	2.2	2.2	3.2	1.2
Begleiter:																						
Thymus polytrichus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	+2	+2
Solidago alpina	.	.	.	.	.	+1	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Genista tinctoria	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthyllis vulneraria ssp. alpest.	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Viola alpestris	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Molinia altissima	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tortella tortuosa	+1	.	+1	.	+2	1.1	1.2	+2	.	+2	.	+2	.	.	.	+1	3.2	.	.	.	.	.
Cephaloziella starkei	+1	.	+1	.	.	+1	+1	.	.	+1	.	.	.	.	.	+1	1.1	.	.	.	.	.
Bryum caespitium	.	.	1.2	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.
Rhacomitrium lutescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	.	3.2	1.2	.
Cladonia pyxidata	.	.	1.2	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	+2	.

Je 1 – 4 Hefte bilden einen Jahrgang, dessen Bezugspreis 10,— DM voraussichtlich nicht überschreiten wird.

Westfälische Vereinsdruckerei, Münster (Westf.)