

|                              |    |            |                |                      |
|------------------------------|----|------------|----------------|----------------------|
| Osnabrücker naturwiss. Mitt. | 15 | S. 137–154 | 9 Abb., 2 Tab. | Osnabrück, Dez. 1989 |
|------------------------------|----|------------|----------------|----------------------|

## Das *Minuartio-Thlaspietum alpestris* Koch 1932, eine Pflanzengesellschaft schwermetallhaltiger Böden im Hüggelgebiet, Landkreis Osnabrück

mit 9 Abbildungen und 2 Tabellen

Marcus Koch\* & Lothar Kuhn\*\*

**Kurzfassung:** Zwei Standorte der Galmeipflanzengesellschaft *Minuartio-Thlaspietum alpestris* K. Koch 1932 mit den Assoziationskennarten *Thlaspi calaminare*, *Minuartia verna* ssp. *hercynica* und der Klassenkennart *Silene vulgaris* ssp. *humilis* werden vor dem Hintergrund unterschiedlicher anthropogener Einflußnahme dargestellt. Es handelt sich um zwei alte Abbaugelände von Zinkblende und Bleiglanz am Roten Berg bei Hasbergen und am Silberberg bei Hagen a. T. W., die in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts aufgegeben wurden. Schutz- und Pflegemaßnahmen zur Erhaltung dieser Pflanzengesellschaft werden diskutiert. Sie toleriert hohe Schwermetallkonzentrationen, wird jedoch bei Abnahme erhöhter Zinkkonzentrationen von konkurrenzstärkeren Arten verdrängt.

### 1 Historische Einleitung

Metallerze und insbesondere solche mit Edelmetallgehalt haben schon immer Menschen veranlaßt, sehr intensiv nach ihnen zu suchen und sie auszubeuten, so auch im Südkreis von Osnabrück: Am Silberberg bei Hagen a. T. W., der diesem Umstand seinen Namen verdankt, und am Roten Berg in Hasbergen. Hier treten Dolomitgesteine der Zechstein-Zeit zutage, die Bleiglanz (PbS), Zinkblende (ZnS) und Galmei ( $\text{ZnCO}_3$ ) sowie minimale Silberbeimengungen enthalten.

Schon 1180 findet sich eine urkundliche Erwähnung im Einkünfteverzeichnis der Domkirche Osnabrück über eine abgabepflichtige „Silverkuhle“ am Hüggel (Silberberg) vom Domprobst Lentfried (BÖDIGE 1906). Der Bergbau wurde im Tagebau mit Hilfe von Schürfrichtern betrieben; erst viel später wurden auch einige Stollen in das Gestein getrieben. Im Jahre 1189 verbot Heinrich VI. den Bischöfen den Betrieb der erschlossenen Silbergruben. Vom regen Interesse am Erzabbau zeugt die Verleihung der Abbaurechte auf Silber am Hüggel an Bischof Konrad (1227–1238) durch Heinrich VII. am 1. April 1235. Das Schürfen nach Silber lohnte sich aber nicht, und die Förderung wurde erst im Jahre 1722 von Fürstbischof Ernst August II. für vier Jahre wieder aufgenommen (KOSMAHL 1970). Das 18. Jahrhundert brachte keinen nennenswerten Bergbau: 1730 ein kleines Bergwerk eines Meyer zu Natrup und 1782 Abbauprobe eines ungarischen Adligen namens von Demyen (BÖDIGE 1906). Bis zu diesem Zeitpunkt waren schon einige Schächte und Stollen angelegt worden und damit auch Abraumhalden. Im Jahre 1860 übernahm dann die neu gegründete Osnabrücker Zinkgesellschaft die Abbaurechte von Osnabrücker Geschäftsleuten und

\* Marcus Koch, Oststraße 11, 4506 Hagen a. T. W.

\*\* Lothar Kuhn, Hermann-Löns-Weg 8, 4506 Hagen a. T. W.

begann 1867 mit umfangreicheren Bemühungen vor allem auf den zuvor gegründeten Feldern Aaron (u. a. Roter Berg) und Kronprinz (Silberberg und Domprobst-Sundern) mit mehreren Schächten, längeren Stollen und größeren Schürfrichtern (Pingen). Die Gesamtförderung an Erz und Haufwerk betrug von 1867–1873 in den beiden oben genannten Feldern zusammen immerhin etwa 1150 Tonnen (KOSMAHL 1970). Die Erzförderung wurde 1873 eingestellt.

Der zuvor über Jahrhunderte betriebene Abbau, der vor allem im letzten Jahrhundert umfangreichere Gesteinsbewegungen verursachte, gab so den Galmeipflanzen den nötigen Lebensraum. Die Herkunft dieser Pflanzen im Untersuchungsgebiet bleibt unklar. Prinzipiell lassen sich aber drei Möglichkeiten anführen: Nacheiszeitliche Relikte, Verschleppung durch den Menschen (insbesondere Bergleute) und evolutionäre Anpassung an diese besonderen Umweltbedingungen. Neben der Nutzung durch den Bergbau wurde auch Gestein für Bauzwecke von Privatleuten gebrochen, und Schwerspat von den Halden und aus den Pingen wurde, mit Kalk und Zement vermischt, als „Dielengrus“ verwendet.

## 2 Die Galmeipflanzen des Gebietes

Schon sehr früh fand diese Vegetation im Gebiet besondere Beachtung. Bereits im Jahre 1837 erwähnte ARENDT, ein Osnabrücker Privatlehrer, das Voralpenhellerkraut und die Frühlingsmiere am Silberberg. Er hatte diese Arbeit als Ergänzung der „Chloris hanoverana“ von MEYER (1836) gedacht, dabei aber weniger auf eigene Beobachtungen zurückgegriffen als auf fremde Herbarbelege und die Angaben von FLEDDERMANN aus Lotte (s. MEYER 1849). Dieser entdeckte auch die Vorkommen am Silberberg. Da sich jedoch erhebliche Fehler in diesem Werk fanden, erkannte MEYER (1849) diesen Zusatz zu seinem Buch nicht an; nur eine Angabe ließ er gelten, den Nachweis des Hellerkrautes am Silberberg. Die Angaben FLEDDERMANNs zur Frühlingsmiere bestätigte KARSCH 1853. Schließlich erbrachte EGGEMANN (1859) Nachweise von *Minuartia verna* und *Thlaspi alpestre* am Silberberg und wies zum ersten Mal auch auf ein Vorkommen in Hasbergen hin. Doch erst SCHULZ (1912) zeigte, daß diese Pflanzen speziell auf diese Böden angewiesen sind. Zuvor hatte bereits BÖDIGE (1906) auf die geologischen Besonderheiten und die durch „manche Seltenheit ausgezeichnete Flora“ hingewiesen. Es war schließlich KARL KOCH, der sich erstmals ausführlich mit dem Silberberg und seinen Pflanzen beschäftigte. Er erstellte pflanzensoziologische Aufnahmen und benannte verschiedene Assoziationen. Unter anderem widmete er sich intensiv der Galmeivegetation und benannte die Gesellschaft als *Alsine verna-Thlaspi alpestre*-Assoziation (1932).

In den 60er Jahren ordnete ERNST (1965) die von KOCH beschriebene Gesellschaft dem *Violetum calaminare* SCHICKERATH 1931 zu. Dieses Urteil wurde jedoch von ihm selbst nach vergleichenden, weltweiten Untersuchungen revidiert (1974), da er in Großbritannien ähnliche Gesellschaften vorfand.

Die Gesellschaft am Silberberg und am Roten Berg stellt wohl das einzige Vorkommen dieser Assoziation auf dem europäischen Kontinent dar. In typischer Ausprägung besiedeln die Pflanzen als Pioniere Rohböden des dolomitischen Zechsteins mit Beimengungen von Zink und Blei. Bei diesen Böden handelt es sich durchgehend um



Abb. 1. *Minuartia verna* HIERN ssp. *hercynica* (WILLK.) SCHWARZ am Roten Berg

Schürfrichter oder Halden, die durch ständigen Wassermangel und hohen Lichtgenuß charakterisiert sind. Es lassen sich mit fortschreitender Bodenbildung und damit ausgeglichenerem Wasserhaushalt und abnehmenden Schwermetallgehalten mehrere Stadien mit jeweils typischen Begleitern unterscheiden, wie dies schon KOCH (1932) getan hat.

Für den Roten Berg finden sich leider keine weiteren Bemerkungen, so daß die hier gemachten Untersuchungen nicht mit älteren Veröffentlichungen verglichen werden konnten. Jedoch hat sich, nicht zuletzt durch eine bis heute anhaltende Nutzung als Wiese und Weide, ein bemerkenswertes Pflanzengefüge eingestellt.

### 3 Untersuchungsgebiet

Der Silberberg wie auch der Rote Berg sind Teile eines bewaldeten Höhenzuges etwa acht Kilometer südwestlich der Stadt Osnabrück. Der gesamte Höhenzug trägt den Namen Hüggel im weiteren Sinne und schiebt sich zwischen das Wiehengebirge im Norden und den Teutoburger Wald im Süden. Der Rote Berg schließt den Hüggelkomplex nach Westen mit einer Höhe von 108 m über NN ab. Der Silberberg ist ihm im Süden vorgelagert und erreicht eine Höhe von 179,8 m über NN.

Die Untersuchungsflächen am Silberberg sind ehemalige Schürfrichter, die noch Galmeivegetation aufweisen und überwiegend inmitten großkroniger Waldbestände liegen. Am Roten Berg wurden ebenso Flächen mit verbliebener Galmeivegetation ausgewählt. Es handelt sich dabei um Wegränder, Gesteinsaufschüttungen und ein als Weide und Wiese genutztes Areal.

## 4 Vegetation

### 4.1 Silberberg

#### 4.1.1 Aufnahmen 1989

Die Verbands- und regionale Assoziationskennart *Thlaspi calaminare* (ERNST 1974) kommt am Silberberg noch an vier durch Wald getrennten Standorten vor. Alle Areale sind kleinflächig und größtenteils dicht von großkronigen Bäumen, zumeist Rotbuchen, umgeben. Aufnahmen von drei dieser Standorte aus dem Jahre 1989 sind in Tab. 1 Nr. 1–7 aufgeführt. Lediglich ein größerer Pingentrichter mit einem Durchmesser von etwa acht Metern weist noch typische Boden- und Lichtverhältnisse auf: Nr. 1–3. Die Aufnahmen Nr. 4–6 stammen aus einem sehr viel kleineren und stark beschatteten Trichter. Die Aufnahme fläche Nr. 7 liegt mitten im Wald. In dieser Reihenfolge verschlechtern sich die Standortvoraussetzungen für das *Minuartia-Thlaspietum alpestris* sowohl im Hinblick auf die Bodenqualität – die Humusaufgabe wird bis zu 10 cm mächtig bzw. zeigt bei Nr. 4–6 Versauerungserscheinungen durch Kiefer-nadelnstreu – als auch auf die immer schlechter werdenden Lichtverhältnisse. So kommt *Minuartia verna*, die nach ELLENBERG (1974) zu den „Vollichtpflanzen“ gehört, am Silberberg nur noch an einem Pingentrichter vor. Bei *Thlaspi calaminare* wie bei *Silene vulgaris* konnte auch im Halbschatten ein Blühen und Fruchten beobachtet werden und zwar unabhängig von der Tiefgründigkeit des Bodens; daraus resultiert auch die hohe Stetigkeit dieser beiden Arten. Es ist anzunehmen, daß der Gehalt an pflanzenverfügbarem Zink mit zunehmender Humusaufgabe abnimmt, womit die Keimfähigkeit der Samen anderer Arten maßgeblich erhöht wird. *Thlaspi calaminare* und vor allem *Silene vulgaris* halten der aufkommenden Wurzeldruckkonkurrenz durch die Gräser in sehr hohem Maße stand. So kann man *Silene vulgaris* ssp. *humilis* auch zerstreut in den angrenzenden Halbtrockenrasenflächen wiederfinden, wo die Pflanze sich mit der langen Pfahlwurzel und dem kriechend-aufsteigenden Sproßsystem gut behauptet. Weiterhin ist die Wasserversorgung auf den tiefgründigeren Flächen ausgeglichener, so daß nicht besonders angepaßte Pflanzen wie z. B. *Orthilia secunda* recht gute Bedingungen vorfinden (Nr. 4–6). Diese deutet ebenso wie *Deschampsia flexuosa* auf die deutliche Versauerung mit begleitender Nährstoffarmut hin.

Die hohe Anzahl an Begleitern, die aus Wald- bzw. Waldsaumgesellschaften stammen, zeigen, daß Übergänge in Form von Halbtrockenrasen zwischen der Galmeipflanzengesellschaft und den Waldgesellschaften aufgrund der Kleinräumigkeit der Freiflächen größtenteils fehlen.

#### 4.1.2 Aufnahmen 1931 und 1965

Von besonderem Interesse für die Entwicklung und den Schutz dieser Pflanzengesellschaft, aber auch für die Bewertung der durchgeführten Pflegemaßnahmen sind die Bestandsaufnahmen von KOCH (1932) und ERNST (1965) im Silberberg und ihre Bemerkungen zur Sukzession sowie die Ausführungen von ERNST über das ökologische Verhalten dieser Arten. Beachtenswert ist auch die Gliederung der Autoren in Initial- und Folgestadien.



Die Waldflächen nahmen seit 1930 stetig zu. Die Halbtrockenrasen prägten zu diesem Zeitpunkt die Umgebung der Galmelitritfen. Die Verbuschung mit Gehölzen wie *Fagus sylvatica*, *Rhamnus frangula*, *Cornus sanguinea*, *Betula pendula* und *Quercus robur* führte zu lichten, orchideenreichen Waldbeständen, zum Teil durch anthropogene Einflußnahme zu hohen Rotbuchenbeständen mit *Ilex aquifolium* und *Prunus avium* sowie vereinzelt *Acer pseudoplatanus* und *Pinus sylvestris*. Alle Stadien dieser Entwicklung lassen sich auch heute noch finden. So existieren in der Strauchschicht der Rotbuchenbestände noch inselartige kleine Wacholderhaine.

KOCH untersuchte vier Stellen mit pflanzensoziologischen Aufnahmen und beschrieb dabei neben einer Optimalphase des Minuartio-Thlaspietums drei Übergangsphasen: Minuartia verna-Fazies, Carex caryophyllea-Fazies und Festuca ovina-Fazies.

Bis auf zwei Ausnahmen waren 1982 die ehemaligen Untersuchungsflächen für direkte Vergleiche nicht mehr zu ermitteln. Diese sind in Tab. 2 mit den zwei weiteren Aufnahmen von KOCH (1931) und zwei vergleichbaren Aufnahmen von ERNST (1965) zusammengefaßt gegenübergestellt.

Die Vegetation der optimalen Phase beschränkte sich 1931 nach KOCH auf die Charakterarten und einige Moose und Flechten bei sehr geringer Vegetationsbedeckung. Solch eine Zusammensetzung ist im Silberberg heute nicht mehr zu finden. Die Gliederung in Initial- und Folgegesellschaften zeigt Tab. 2. Besonders deutlich ist eine enge Beziehung zu den angrenzenden Halbtrockenrasen. Schließlich weist ERNST (1965) auf eine starke Artenverarmung hin, die auf die zunehmende Bewaldung der Halbtrockenrasen und Beschattung der Pingen zurückzuführen sei. Die Untersuchungsfläche 1 in Tab. 2 zeigt die Ausprägung der Gesellschaft 1931 als Optimalphase. Schon 1965 ist *Minuartia verna* verschwunden und bis 1982 sind Arten aus Waldgesellschaften eingewandert. Die Vergleichsfläche 2 in Tab. 2 zeigt noch einmal die Entwicklung über mehr als 50 Jahre. Prägte 1931 *Minuartia verna* das Bild der Gesellschaft, ist es 1965 *Carex caryophyllea* und 1982 *Festuca ovina* zusammen mit *Agrostis tenuis*. Hier findet die von KOCH 1931 gefundene räumliche Verteilung der unterschiedlichen Fazies und deren Einordnung in einen entwicklungsgeschichtlichen Ablauf auch im zeitlichen Vergleich ihre Bestätigung.

## 4.2 Roter Berg

### 4.2.1 Aufnahmen 1989

Die Untersuchungsflächen am Roten Berg, Tab. 1, Nr. 8–12, unterliegen verschiedenen Nutzungen und dementsprechend verschiedenartig sind die vorgefundenen Artenspektren. Die Aufnahmeflächen Nr. 8–11 zeichnen sich durch das Fehlen schattenwerfender Gehölze aus.

Ein als Wiese mit anschließender Beweidung genutztes Areal (Nr. 8) ist im Jahresverlauf am auffälligsten. Im zeitigen Frühjahr heben sich deutlich, durch die Blätter des Vorjahres von *Viola tricolor* dunkler gefärbt, große Flecken ab, auf denen das Stiefmütterchen bald flächendeckend blüht. Im Mai dominiert auf diesen Flecken das Rot von *Rumex acetosa* vermischt mit dem Gelb von *Ranunculus acris* im Gegensatz zum Grün der umgebenden Gräser, vornehmlich *Bromus hordaceus*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne*, *Arrhenatherum elatius*, *Poa pratensis* und *Poa trivialis*. Daß es sich

Tab. 1: Blockweise nach Stetigkeiten geordnete soziologische Aufnahmen eines Minuartio-Thlaspietum alpestris K. Koch 1932 vom Silberberg (Nr. 1–7) und Roten Berg (Nr. 8–12) aus dem Jahre 1989

Minuartio-Thlaspietum alpestris K. Koch 1932

| lfd. Nr.                         | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7   | 8   | 9  | 10 | 11  | 12 |
|----------------------------------|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|-----|----|
| Deckungsgrad (%)                 | 100 | 95 | 70 | 95 | 70 | 80 | 100 | 100 | 60 | 30 | 100 | 10 |
| Aufnahmefläche (m <sup>2</sup> ) | 4   | 10 | 2  | 2  | 2  | 2  | 3   | 10  | 4  | 10 | 10  | 4  |
| Artenzahl                        | 10  | 11 | 8  | 15 | 8  | 11 | 9   | 10  | 9  | 13 | 27  | 6  |
| <hr/>                            |     |    |    |    |    |    |     |     |    |    |     |    |
| Regionale AC                     |     |    |    |    |    |    |     |     |    |    |     |    |
| <i>Thlaspi calaminare</i>        | 1   | 2  | 2  | 1  | 1  | +  | 2   | +   | +  | +  | +   | +  |
| <i>Minuartia verna</i>           | 2   | 4  | +  | .  | .  | .  | .   | .   | +  | .  | .   | .  |
| KC                               |     |    |    |    |    |    |     |     |    |    |     |    |
| <i>Silene vulgaris</i>           | 2   | 2  | +  | +  | +  | .  | +   | 3   | 2  | 1  | 1   | +  |
| Ordnungstrennart des Violetalia  |     |    |    |    |    |    |     |     |    |    |     |    |
| <i>Agrostis tenuis</i>           | 1   | 2  | +  | 2  | +  | 2  | 1   | .   | 2  | 1  | 1   | .  |
| <i>Festuca ovina</i>             | 1   | 2  | 1  | .  | .  | .  | .   | .   | .  | .  | +   | .  |
| Begleiter                        |     |    |    |    |    |    |     |     |    |    |     |    |
| <i>Ranunculus acris</i>          | 2   | +  | .  | +  | .  | .  | .   | 3   | .  | +  | +   | +  |
| <i>Plantago lanceolata</i>       | 1   | +  | +  | .  | .  | .  | .   | 2   | .  | 1  | +   | +  |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i>     | 1   | 1  | 1  | .  | .  | .  | .   | .   | 1  | 1  | +   | .  |
| <i>Potentilla erecta</i>         | +   | 1  | .  | .  | .  | +  | .   | .   | .  | +  | +   | .  |
| <i>Leontodon hispidus</i>        | .   | .  | .  | +  | .  | .  | .   | .   | .  | +  | +   | .  |
| <i>Polygala vulgaris</i>         | .   | .  | .  | +  | .  | .  | .   | .   | .  | +  | +   | .  |
| <i>Campanula rotundifolia</i>    | +   | +  | .  | +  | +  | +  | +   | .   | .  | .  | .   | .  |
| <i>Brachypodium pinnatum</i>     | .   | +  | +  | .  | .  | .  | 1   | .   | .  | .  | .   | .  |
| <i>Epipactis helleborine</i>     | .   | .  | .  | +  | +  | +  | +   | .   | .  | .  | .   | .  |
| <i>Orthilia secunda</i>          | .   | .  | .  | +  | 1  | 1  | .   | .   | .  | .  | .   | .  |
| <i>Viola reichenbachiana</i>     | .   | .  | .  | 1  | 1  | +  | .   | .   | .  | .  | .   | .  |
| <i>Deschampsia flexuosa</i>      | .   | .  | .  | 2  | +  | +  | .   | .   | .  | .  | .   | .  |
| <i>Maianthemum bifolium</i>      | .   | .  | .  | +  | .  | +  | +   | .   | .  | .  | .   | .  |
| <i>Fragaria vesca</i>            | .   | .  | .  | .  | .  | 1  | +   | .   | .  | .  | .   | .  |
| <i>Rumex acetosa</i>             | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | 4   | +  | 1  | +   | +  |
| <i>Cerastium vulgatum</i>        | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | 2   | .  | .  | +   | +  |
| <i>Viola tricolor</i>            | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | 3   | .  | .  | +   | .  |
| <i>Molinia coerulea</i>          | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | .   | 1  | .  | +   | .  |
| <i>Galium verum</i>              | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | .   | 1  | .  | +   | .  |
| <i>Genista tinctoria</i>         | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | .   | +  | .  | +   | .  |
| <i>Luzula campestris</i>         | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | .   | .  | +  | +   | .  |
| <i>Daucus carota</i>             | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | .   | .  | +  | +   | .  |
| <i>Veronica chamaedrys</i>       | .   | .  | .  | .  | .  | .  | .   | +   | .  | .  | +   | .  |

Ferner (falls nicht anders vermerkt mit +) in Nr.:

Pyrola rotundifolia 4, Carex digitata 4, Oxalis acetosella 7, Hieracium sylvaticum 4, Succisa pratensis 6, Genista anglica 10, Trifolium pratense 8, Trifolium repens 8 (1), Arrhenatherum elatius 11, Stellaria holostea 11, Carex caryophylla 11, Pimpinella saxifraga 11, Anthriscus sylvestris 11, Dianthus deltoides 11, Festuca arundinacea 11, Teucrium scorodonia 11, Calluna vulgaris 11 (r)

Nr. 1–3 großer Pingentrichter

Nr. 7

beschatteter Aufschluß

Nr. 9

Wegrand

Nr. 11

Wiesenböschung

Nr. 4–6 kleiner Pingentrichter

Nr. 8

Wiese/Weide

Nr. 10

aufgeschütteter Wall

Nr. 12

beschatteter Abhang

Tab. 2: Vergleichende Gegenüberstellung pflanzensoziologischer Aufnahmen eines Minuartio-Thlaspietum alpestris K. KOCH 1932 vom Silberberg aus den Jahren 1931 (KOCH), 1965 (ERNST) und 1982 (Autoren)

Minuartio-Thlaspietum alpestris K. KOCH 1932

| lfd. Nr.                          | Vergleichsfläche 1 |      |      | Vergleichsfläche 2 |      |      |      |      |
|-----------------------------------|--------------------|------|------|--------------------|------|------|------|------|
|                                   | 1                  | 2    | 3    | 4                  | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Jahr                              | 1931               | 1965 | 1982 | 1931               | 1965 | 1982 | 1931 | 1931 |
| Deckungsgrad (%)                  | 20                 | 70   | 70   | 80                 | 75   | 75   | 95   | 100  |
| Aufnahmefläche (m <sup>2</sup> )  | 4                  | 2    | 2    | 4                  | 4    | 10   | 2    | 2    |
| Artenzahl                         | 3                  | 2    | 7    | 16                 | 5    | 9    | 15   | 18   |
| Regionale AC                      |                    |      |      |                    |      |      |      |      |
| <i>Thlaspi calaminare</i>         | 1                  | 2    | 1    | 1                  | +    | +    | 2    | 2    |
| <i>Minuartia verna</i>            | 2                  | .    | .    | 4                  | 2    | 1    | 2    | 2    |
| KC                                |                    |      |      |                    |      |      |      |      |
| <i>Silene vulgaris</i>            | 2                  | 4    | +    | 2                  | 1    | 1    | .    | 2    |
| Ordnungstrennart des Violetalia   |                    |      |      |                    |      |      |      |      |
| <i>Agrostis tenuis</i>            | .                  | .    | +    | +                  | .    | 4    | .    | +    |
| <i>Festuca ovina</i>              | .                  | .    | .    | +                  | .    | 4    | +    | 4    |
| Begleiter                         |                    |      |      |                    |      |      |      |      |
| <i>Carex caryophyllea</i>         | .                  | .    | .    | 1                  | 3    | .    | 5    | 1    |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i>      | .                  | .    | .    | +                  | .    | +    | +    | +    |
| <i>Potentilla erecta</i>          | .                  | .    | .    | +                  | .    | +    | +    | +    |
| <i>Rumex acetosa</i>              | .                  | .    | .    | +                  | .    | .    | +    | +    |
| <i>Campanula rotundifolia</i>     | .                  | .    | .    | +                  | .    | +    | 1    | 1    |
| <i>Leontodon hispidus</i>         | .                  | .    | .    | +                  | .    | .    | 1    | 1    |
| <i>Thymus serpyllum</i>           | .                  | .    | .    | .                  | .    | .    | 1    | 2    |
| <i>Parnassia palustris</i>        | .                  | .    | .    | +                  | .    | .    | .    | +    |
| <i>Pimpinella saxifraga</i>       | .                  | .    | .    | +                  | .    | .    | .    | +    |
| <i>Polygala vulgaris</i>          | .                  | .    | .    | +                  | .    | .    | .    | +    |
| <i>Avena pratensis</i>            | .                  | .    | .    | .                  | .    | .    | .    | 1    |
| <i>Potentilla tabernaemontani</i> | .                  | .    | .    | +                  | .    | .    | .    | .    |
| <i>Viola canina</i>               | .                  | .    | .    | .                  | .    | .    | +    | .    |
| <i>Euphrasia nemorosa</i>         | .                  | .    | .    | .                  | +    | .    | +    | .    |
| <i>Plantago lanceolata</i>        | .                  | .    | .    | .                  | .    | +    | .    | +    |
| <i>Ranunculus acris</i>           | .                  | .    | .    | .                  | .    | +    | .    | .    |
| <i>Trifolium repens</i>           | .                  | .    | .    | .                  | .    | .    | .    | +    |
| <i>Gnaphalium dioicum</i>         | .                  | .    | .    | .                  | .    | .    | +    | .    |
| <i>Solidago virgaurea</i>         | .                  | .    | .    | .                  | .    | .    | +    | .    |
| <i>Carlina vulgaris</i>           | .                  | .    | .    | .                  | .    | .    | .    | .    |
| <i>Hieracium murorum</i>          | .                  | .    | .    | .                  | .    | .    | +    | .    |
| <i>Carex leporina</i>             | .                  | .    | .    | +                  | .    | .    | .    | .    |
| <i>Deschampsia flexuosa</i>       | .                  | .    | 1    | .                  | .    | .    | .    | .    |
| <i>Orthilia secunda</i>           | .                  | .    | +    | .                  | .    | .    | .    | .    |
| <i>Epipactis helleborine</i>      | .                  | .    | +    | .                  | .    | .    | .    | .    |
| <i>Viola reichenbachiana</i>      | .                  | .    | +    | .                  | .    | .    | .    | .    |

- Nr. 1 Optimalphase auf grobem Felsschutt  
 Nr. 2 keine Zuordnung möglich  
 Nr. 3 keine Zuordnung möglich, starker Einfluß der umgebenden Waldkiefern  
 Nr. 4 *Minuartia verna*-Fazies auf degradiertter Rendzina  
 Nr. 5 *Carex caryophyllea*-Fazies  
 Nr. 6 *Festuca ovina*-Fazies  
 Nr. 7 *Carex caryophyllea*-Fazies auf degradiertter Rendzina  
 Nr. 8 *Festuca ovina*-Fazies auf feinerdereicherem und tiefgründigerem Boden

um lokale Schwermetallanreicherungen handeln könnte, zeigt das vereinzelte Vorkommen von *Thlaspi calaminare*, sowie das starke Auftreten von *Silene vulgaris* ssp. *humilis*. Gerade nach dem ersten Schnitt regeneriert sich *Silene vulgaris* sehr schnell und blüht erneut, zusammen mit *Viola tricolor*, welches noch einmal verstärkt ins Auge fällt. Es folgt eine Beweidung durch Pferde und Kühe, die die Vegetationsdecke kurz halten. Unter dem Einfluß der Nutzung haben sich die dominant auftretenden Begleiter *Ranunculus acris*, *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosa* und *Viola tricolor* etabliert. Dabei scheinen *Ranunculus acris*, *Plantago lanceolata* und *Rumex acetosa* aufgrund ihrer hohen Stetigkeit eine über dem Durchschnitt liegende Schwermetalltoleranz aufzuweisen; diese Arten finden sich ebenfalls in Aufnahmen von anderen Schwermetallstandorten (ERNST 1974) sehr häufig als Begleiter.

Die Aufnahmeflächen Nr. 9 und 10 zeichnen sich durch überdurchschnittliche Trockenheit aus. Einen uneinheitlichen Eindruck bietet die Aufnahmefläche Nr. 11, eine nicht genutzte Böschung am Rande der Wiese. Neben den Galmeipflanzen treten zum einen Arten auf, die auf der Wiese ihren Verbreitungsschwerpunkt besitzen. Außerdem trägt die Vegetation Heide- bzw. Sandrasencharakter, wie das Vorkommen von *Dianthus deltoides* und *Calluna vulgaris* zeigt. Dies hängt unmittelbar mit dem Untergrund zusammen, der hier zum Buntsandstein übergeht und azidophilen Arten bessere Bedingungen bietet. Die Aufnahme Nr. 12 stammt von einem kleinen, stark beschatteten Aufschluß. Der Boden ist sehr sandig und erodiert leicht; daher liegt die Vegetationsdeckung zwischen 0 und 10 %.

#### 4.3 Vergleich der Untersuchungsflächen

Die Untersuchungsflächen am Roten Berg tragen weitestgehend den Charakter einer Grünlandgesellschaft (Molinio-Arrhenatheretea). An Übergangsstellen wird jedoch der Einfluß azidophiler Heide- und Sandrasen-Gesellschaften sichtbar und auf diesen durchweg trockeneren Standorten finden sich Pflanzen, die ebenso auf Kalk-Halbtrockenrasen recht häufig vorkommen und sich im Hinblick auf Azidität indifferent verhalten. Beispiele hierfür sind neben *Galium verum* auch *Carex caryophyllea* und *Luzula campestris*.

Im Silberberg trifft man auf einige Begleiter, die auch am Roten Berg eine hohe Stetigkeit aufweisen: *Ranunculus acris*, *Anthoxanthum odoratum*, *Plantago lanceolata* und *Potentilla erecta*. Die weiteren Arten unterscheiden sich jedoch von denen am Roten Berg und zeigen den Einfluß der Waldgesellschaften. Begleiter von Kalkhalbtrockenrasen wie *Thymus serpyllum* treten nur noch an der größten Pinge bei ausreichenden Lichtverhältnissen auf. Beide Areale zeigen aber weitgehende Übereinstimmungen im Hinblick auf die Galmeipflanzen: *Minuartia verna* kommt nur noch vereinzelt vor, kann aber im optimalen Stadium die dominierende Art sein. *Thlaspi calaminare* toleriert im Gegensatz dazu wesentlich geringere Beleuchtungsstärken und behauptet sich so auch noch an beschatteten Standorten. *Silene vulgaris* besiedelt nicht nur die schwermetallhaltigen Standorte, sondern zeigt sich auch sonst bei trockeneren Verhältnissen der Konkurrenz gewachsen. Hinzu kommt die ausgeprägte Fähigkeit zur Regeneration, was die Besiedlung von Rohböden und Halden einerseits und von weidewirtschaftlich genutzten Wiesen andererseits begünstigt.

Am Roten Berg sind keine der von KOCH (1932) beschriebenen Übergangsstadien des *Minuartio-Thlaspietum alpestris* zu beobachten, was zum einen mit der Nutzungsform zu erklären ist, außerdem fehlen aber umliegende Kalk-Halbtrockenrasen, von denen Pflanzen ständig neu einwandern könnten. Weiterhin fällt auf, daß *Thlaspi calaminare* vor allem an den Grenzen des Zechsteinuntergrundes zum Buntsandstein hin vorkommt, die z. T. mit den schon erwähnten Wiesenrändern und Böschungen zusammenfallen. Es ist anzunehmen, daß dieses das Ergebnis einer Verdrängung der Galmeipflanzen von den ehemals vorhandenen Kalkgesteinsrohböden ist.

## 5 Naturschutzsituation

### 5.1 Silberberg

#### 5.1.1 Nutzung und Status

Der Silberberg steht mit einer Fläche von 38,8 Hektar seit November 1937 unter Naturschutz. Diesem Status entsprechend ist die Nutzung sehr reduziert und beschränkt sich auf gelegentlichen Holzeinschlag. Ursprünglich wurde das Gebiet benutzt, um Vieh einzutreiben, was ein nicht unwesentlichen Beitrag zur Erhaltung der Galmeitritfen und Halbtrockenrasen gewesen ist. Diese prägenden Einflüsse müssen heute durch Entkusselungen und Mähen der Flächen ersetzt werden, was aber weit aus kleinräumiger geschieht, so daß die Freiflächen einer zunehmenden Sukzession ausgesetzt sind.

#### 5.1.2 Pflegemaßnahmen

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen und Vergleiche sollen die Schutzmaßnahmen und deren Einfluß deutlich machen. Für die hier zusammengefaßte Auswertung der Maßnahmen dient als Beispiel der Pingentrichter mit einem Durchmesser von etwa acht Metern, von dem die Aufnahmen der Tab. 1 Nr. 1–3 und Tab. 2 Nr. 4–8 stammen. Die Abbildungen Nr. 2 und 3 zeigen ihn in den Jahren 1930 und 1989 und verdeutlichen die zunehmende Bewaldung.

Die Arbeiten begannen 1982 unter Absprache mit der Unteren Naturschutzbehörde, die in Zusammenarbeit mit dem BUND und Hagener Naturschützern schon Ende der siebziger Jahre mit der Pflege der Halbtrockenrasenflächen einigen Freiraum schuf. Die Maßnahmen zum Erhalt der Galmeitritfen wurden von den Autoren und zwei weiteren Privatpersonen durchgeführt. Bis einschließlich 1984 wurden nur Gräser abgemäht und vereinzelt ausgegraben, 1984 wurde dann begonnen, die Grasnarbe samt der 10–20 cm Humusauflage auf der gesamten bis dahin von Baumaufwuchs befreiten Fläche um die Pinge herum zu entfernen, so daß die Zechstein-Gesteine mit geringem Feinerdeanteil offenlagen. Auch im Trichter selbst hatte sich so viel Feinerde und Humus gebildet, daß dieses Material abgetragen werden mußte.

Die baum- und strauchfreie Fläche wurde 1982–1989 von ca. 150 m<sup>2</sup> auf 300 m<sup>2</sup> erweitert. Um weitere Aussagen vor allem über die Besiedlungsgeschwindigkeit vegetationsfreier Areale zu erhalten, wurde 1986 ein Aussaatversuch unternommen. Der Oberboden wurde entfernt und Hellerkrautsamen von benachbarten Pflanzen in vier



Abb. 2. Pingentrichter am Silberberg Anfang der 30er Jahre

Abb. 3. Pingentrichter am Silberberg aus dem Jahr 1989



Reihen auf einem Quadratmeter ausgesät (Abb. 8). Für den Trichter wird ab September 1986 alljährlich in eine 1982 angefertigte Reliefkarte die flächige Ausbreitung der Charakterarten als Aussichtsdiagramm eingetragen. Die Verbreitungsgrenzen sind nicht als absolute Grenzen zu verstehen, sondern geben die Kernbereiche der Verbreitung an.

Bedingt durch die Lage gelangt jedes Jahr sehr viel Herbstlaub in den Trichter, welches im späten Winter während der letzten Frostperioden im Februar entfernt wird. Mit Ausnahme der Aufnahmeflächen werden auf kleineren Arealen immer wieder Grashorste entfernt und Bodenpartien bis auf das anstehende Gestein abgetragen.

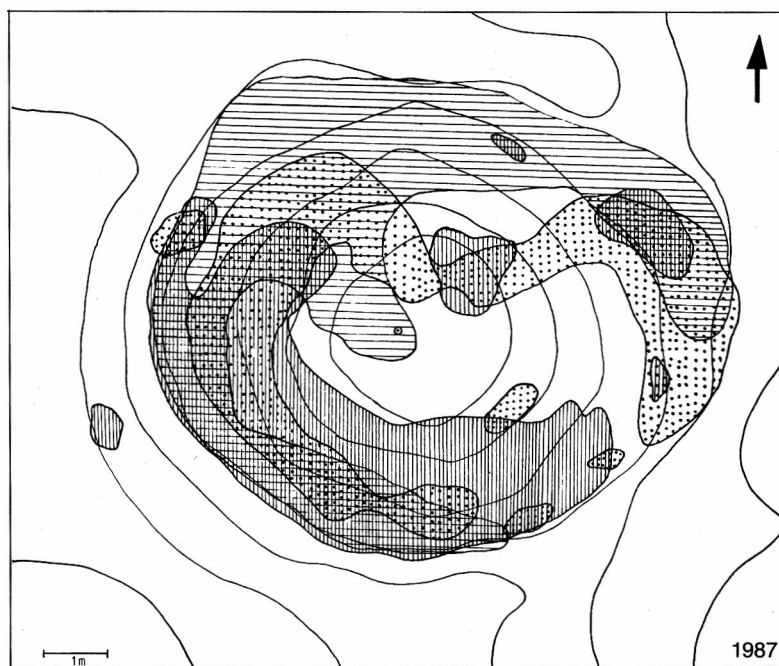
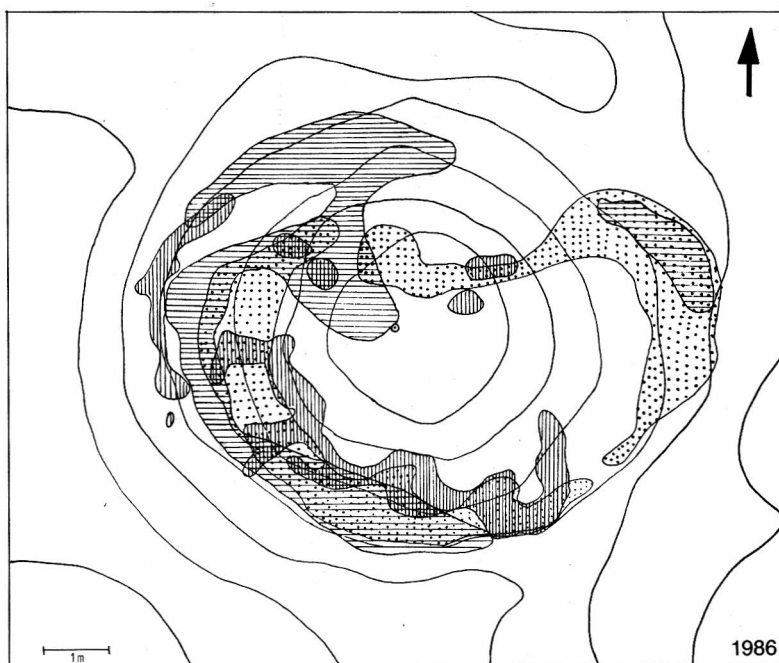
### 5.1.3 Ergebnisse

Vergleiche zwischen Aufnahmen von 1982 und 1988 zeigen, daß sich die Galmeipflanzen im Bereich des Trichters und an dessen Rändern stark entwickelt haben und sich auf den flachgründigeren, sonnenexponierten und konkurrenzärmeren Standorten ausbreiten. Sehr ausgeprägt ist dies bei *Minuartia verna*, die am Südrand der Pinge die dominante Art einer als *Minuartia verna*-Fazies ausgebildeten Galmeigesellschaft ist. Die vier Aussichtsdiagramme Abb. 4–7 geben die Entwicklung von 1986 bis 1989 wieder und zeigen dabei die flächige Ausweitung von *Thlaspi calaminare* und *Silene vulgaris* vor allem auf den Standorten, die weitgehend durch Rohböden geprägt sind. *Thlaspi calaminare* besiedelt die neuen Standorte am schnellsten. Die Samenproduktion ist sehr hoch, und da die Pflanze auch im Halbschatten noch eine beträchtliche Blühbereitschaft mit Samenansatz zeigt, wirkt sich eine Beschattung erst mit einer erheblichen zeitlichen Verzögerung, die im Bereich von Jahrzehnten liegt, auf die Bestandsdichte aus. Dieses überraschende Bild bietet auch ein Aussaatversuch (Abb. 8). Nach der Einsaat in vier Einzelreihen ging ein hoher Prozentsatz der Samen auf, und die Pflanzen blühten nach zwei Jahren zum ersten Mal. Es zeigte sich aber auch, daß vor allem *Agrostis tenuis* diesen neuen Raum sehr schnell spontan besiedelt, weil sie auf den schwermetallärmeren Mikroarealen durch vegetative Fortpflanzung das kritische Keimlingsstadium umgehen kann. Nach ERNST (1974) sind solche Gräser damit im Wettbewerb mit jenen Pflanzen bevorzugt, die sich ausschließlich durch Samen vermehren (z. B. *Silene vulgaris*, *Minuartia verna* und *Thlaspi calaminare*).

Mit der Vergrößerung der Freifläche und dem damit verbundenen größeren Lichteinfall hat auch der Einfluß der umgebenden Halbtrockenrasen zugenommen. So waren 1989 *Scabiosa columbaria* und *Thymus serpyllum* sowie *Pimpinella saxifraga*, *Carum carvi*, *Solidago virgaurea*, *Brachypodium pinnatum* und *Dactylorhiza fuchsii* an den Waldrandbereichen zu finden. Gleichzeitig differenzierte sich der Waldsaum mit Arten wie *Fragaria vesca*, *Pyrola rotundifolia*, *Orthilia secunda*, *Rubus fruticosus*, *Rubus idaeus*, *Lapsana communis* und *Eupatoria cannabinum* stärker aus. Wieweit nun ein auch nur annähernd ursprünglicher Zustand der Galmeitriten erreicht ist, läßt sich nur tendenziell ableiten, da auch die älteste Bestandsaufnahme (Koch 1932) erst entstand, als die bergbauliche Nutzung schon seit Jahrzehnten eingestellt war und der Silberberg nur noch zur Beweidung und Holzentnahme genutzt wurde.

Eine Vorstellung der Verhältnisse zur Zeit der Abbautätigkeiten gibt die Beschreibung von SCHULZ (1912): „Am Silberberg... habe ich sie [*Alsine verna*] nur auf blei-, zink-





*Thlaspi calaminare*

*Minuartia verna ssp. hercynica*



*Silene vulgaris ssp. humilis*

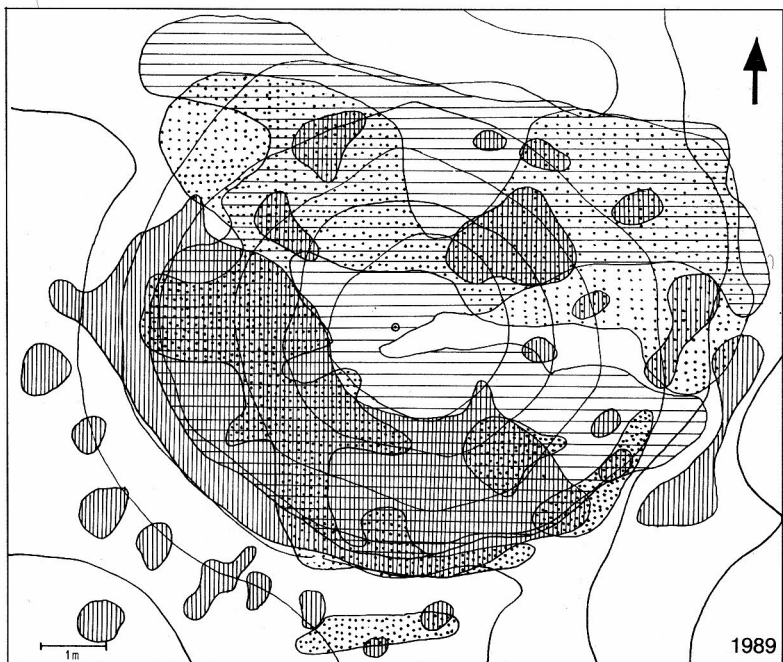
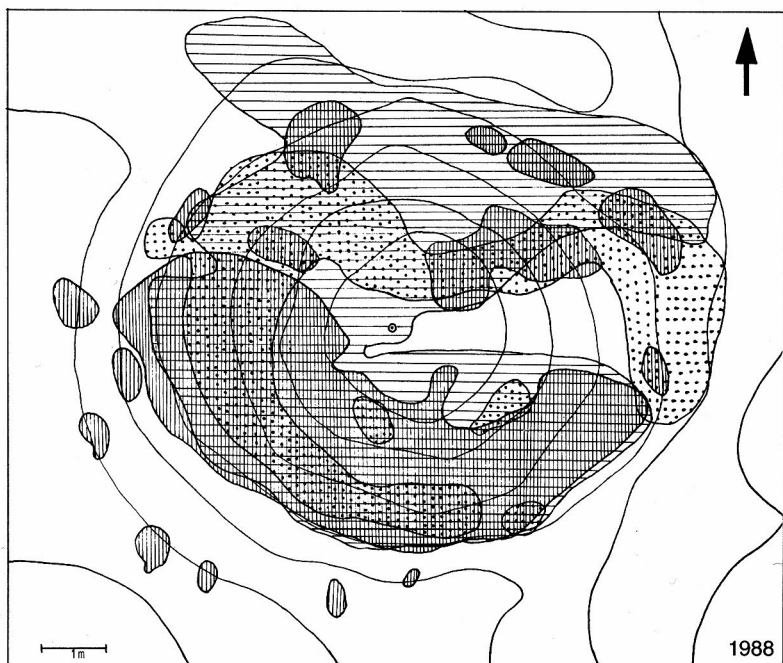


Abb. 4–7. Aufsichtsdigramme der Galmeicharakterarten eines Pingentrichters aus den Jahren 1986–1989 (jeweils im Sept. erstellt)

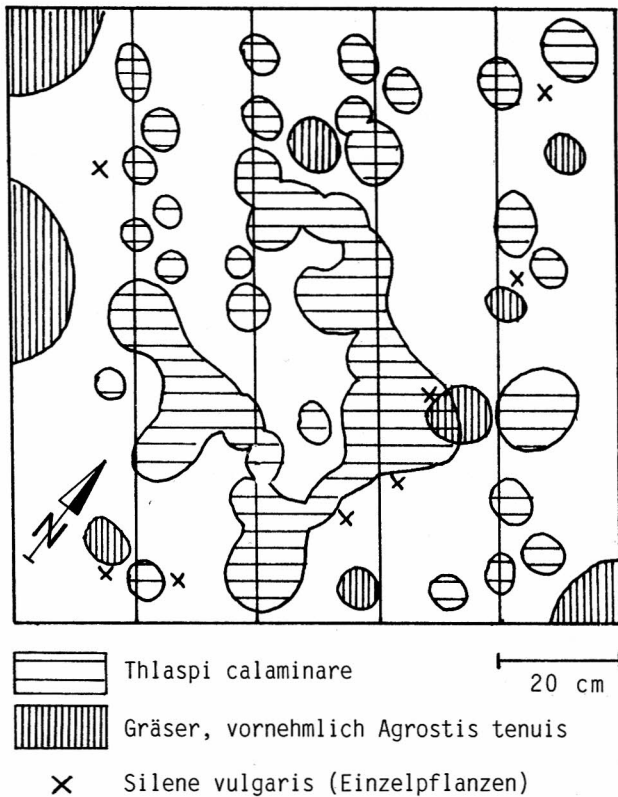


Abb. 8. Aufsichtsdiagramm eines Aussaatversuches (Sept. 1986) von *Thlaspi calaminare* (erstellt im Aug. 1989)

und silbererzhaltigem Zechstein, auf diesem aber an einer Anzahl Stellen, vorzüglich am Nordwest- und Nordabhange sowie auf der Höhe des Berges beobachtet. Die Fundstellen sind wohl meist frühere Schürfrichter und Halden. ... Stellenweise sind *Alsine* und *Thlaspi* in geringerer oder größerer Individuenzahl in bis über Quadratmeter große schwellende Moos- und Flechtenpolster als einzige Phanerogamen eingeprengt. ... Einige Fundstellen sind mit vereinzelt, meist niedrigen Kiefern und Birken bewachsen.“ Einen weiteren Hinweis auf das frühere Erscheinungsbild des Silberberges gibt WEGNER (1926) indem er ihn als „fast ganz mit Heidekraut bedeckt und mit Kieferwäldchen gekrönt und Buchenhainen umrahmt“ beschreibt. Dieses deutet auf größere nur von geringem Baumaufwuchs bestandene Flächen besonders im Bereich des Kammes hin, die heute verschwunden sind.

## 5.2 Roter Berg

### 5.2.1 Nutzung und Status

Nach Aufgabe der bergbaulichen Nutzung wird das Gebiet heute vorwiegend landwirtschaftlich genutzt. Im Bereich der heute verbliebenen Restvorkommen der Galmeivegetation wird Wiesen- und Weide- sowie Forstwirtschaft betrieben. Von Nutzungen

ausgenommen sind nur die Böschungen und Wegränder. Weiterreichenden Schutzstatus hat das Gebiet nicht, doch wurde 1989 von Prof. Dr. Dr. H. E. WEBER ein Antrag zur Unterschutzstellung als Naturschutzgebiet an die Bezirksregierung gestellt.

### 5.3 Gefährdungsgrad und Schutzkonzept

Pflanzengesellschaften schwermetallreicher Standorte anthropogener Herkunft unterliegen bei unbeeinflussten Verhältnissen der Sukzession über das Stadium des Halbtrockenrasens zum Wald als Klimaxgesellschaft; nur auf natürlich schwermetallreichen Böden können diese Gesellschaften auf Dauer bestehen. Gebiete mit solch relativ stabilen Vegetationsverhältnissen sind jedoch in Europa äußerst selten; nach ERNST (1974) gibt es sie nur noch an einzelnen Standorten in Großbritannien, Frankreich, Spanien und dem italienischen Teil der Alpen. Weiterhin schätzt man, daß weltweit nur etwa 10% der schwermetallführenden Böden natürlichen Ursprungs sind. Der weitaus größte Teil der Böden geht auf bergbauliche Nutzung zurück.

Somit ergibt sich für die Galmeitritfen am Roten Berg und vor allem für die durch verstärkte Sukzession betroffenen Tritfen am Silberberg die Notwendigkeit zu gezielten Eingriffen. Eine Ausbreitung der Galmeipflanzen am Silberberg ist bei der heutigen Situation nicht möglich, denn alle Areale liegen isoliert voneinander in Waldgebieten. Am Roten Berg ergibt sich zumindest für *Thlaspi calaminare* und *Silene vulgaris* die Möglichkeit, entlang der wenig genutzten Wiesenränder neue Standorte, eventuell künstlich entstanden, zu besiedeln, zumal die Vorkommen, anders als im Silberberg, nicht so kleinflächig sind und eine stärkere Vernetzung aufweisen.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Galmeipflanzengesellschaft in dieser Ausprägung wohl einmalig für den europäischen Kontinent ist. Aber auch die einzelnen Charakterarten für sich sind stark gefährdet, was in erster Linie am Mangel typischer Lebensräume liegt. *Thlaspi calaminare* (Abb. 9) kommt in der Bundesrepublik



Abb. 9. *Thlaspi calaminare* LEJ. & COURT.

Deutschland nur in Niedersachsen und Nordrhein Westfalen (besonders bei Aachen) vor. *Minuartia verna* ssp. *hercynica* (Abb. 1) ist zudem noch an weiteren Stellen im Harz und Harzvorland verbreitet.

Eine Lösung zum Erhalt dieser Pflanzengesellschaft wäre die Schaffung neuer Lebensräume auf dem vorliegenden Zechsteinuntergrund. Die Besiedlung könnte von benachbarten Standorten erfolgen. Auf den bestehenden Galmeitriten muß vor allem für hohe Beleuchtungsintensitäten und geringe Bodenmächtigkeit gesorgt werden, um den trockenheitsangepaßten Galmeipflanzen optimale Bedingungen zu bieten. Wenn keine ausreichenden edaphischen Voraussetzungen vorliegen, werden nur Gesellschaftsfragmente überdauern, wie die Vorkommen im Silberberg zeigen, die mittlerweile vom Wald bedroht sind.

## 6 Verbreitungsgeschichte der Galmeipflanzen

Alle drei Charakterarten der Galmeipflanzengesellschaft gehören endemischen, in Mitteleuropa heimischen Taxa an (OBERDORFER 1983). Dies legt die Annahme nahe, daß es sich um Glazialrelikte handeln könnte (SCHULZ 1912), die als Tundren-Elemente und Geröllbesiedler weit verbreitet auf schwermetallhaltigen Böden dem Konkurrenzdruck anderer Arten entgehen konnten. Hierfür müßten schon zu dieser Zeit schwermetalltolerante Ökotypen aufgetreten sein, und es sollte ein Nachweis über die weite Verbreitung durch Pollenanalysen möglich sein. Dieser Nachweis ist von ERNST (1969) zumindest für *Minuartia verna* in einem kupferreichen Torf in Wales erbracht worden.

Nach ERNST (1974) muß neben *Minuartia verna* auch *Thlaspi calamitäre* als Glazialrelikt angesehen werden.

Damit ist die Neo-Endemismus-Hypothese von ANTONOVICS & al. (1971), die alle Arten schwermetallreicher Böden als aus vorhandenen Formen in jüngerer Zeit entstandene erklärt, zumindest in ihrer Allgemeingültigkeit in Frage gestellt. Ferner ist die Verschleppung von Galmeipflanzen und das Verhalten schwermetalltoleranter Ökotypen aus benachbarten Gesellschaften normaler Böden zu berücksichtigen. Für die heute unterschiedenen Pflanzengesellschaften mitteleuropäischer schwermetallreicher Standorte ist wohl eine Mischung aller dieser Mechanismen zugrunde zu legen.

Bei der Frage, wie die Pflanzen in das vorher bewaldete Untersuchungsgebiet gelangten, muß vor allem an die Verschleppung durch den Menschen gedacht werden. Nach BÖDIGE (1906) sind im 18. Jahrhundert „Bergleute vom Harz und anderen Orten“ gekommen. *Minuartia verna* könnte somit vom Harz eingeschleppt worden sein. Die derzeitigen Vorkommen der Galmeipflanzen im Untersuchungsgebiet können aber nicht mehr als Maßstab genommen werden, da ältere Beschreibungen eine ehemals weitere Verbreitung auf dem Zechstein-Gestein zeigen. Schwermetalltolerante Ökotypen von *Agrostis tenuis*, *Festuca ovina*, vielleicht auch *Silene vulgaris*, etablieren sich aufgrund ihrer genetischen Konstitution bei hohem Selektionsdruck und dominant vererbter Schwermetallresistenz als Begleiter sehr schnell. Da die Abbaugelände in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts der Osnabrücker Zinkgesellschaft gehörten, ist vor allem für diese Zeit eine Verschleppung innerhalb der Untersuchungs-Gelände sehr wahrscheinlich. Beschreibungen von *Thlaspi alpestre* und *Minuartia verna* liegen aber von beiden Standorten schon aus den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts

vor, so daß die Verbreitung zumindest nicht in dieser Zeit auf Verschleppung zurückgeführt werden kann und viel eher stattgefunden haben müßte. Bis zurück zur ersten Erwähnung im 12. Jahrhundert wurden aber keine bergbaulichen Maßnahmen vergleichbar denen des 19. Jahrhunderts durchgeführt, wobei der Rote Berg nicht mehr erwähnt wird. Durch die sporadische Nutzung aber wurden immer wieder kleinere Flächen als neue Lebensräume geschaffen, so daß den Galmeipflanzen stets kleinere Rückzugsgebiete zur Verfügung standen. Eine Besiedlung könnte somit schon im 12. Jahrhundert erfolgt sein, eine Verbreitung durch den Menschen vorausgesetzt.

## Schriftenverzeichnis

- ANTONOVICS & al. (1971): Heavy metal tolerance in plants. – Adv. Ecol. Res., **7**: 1–85, Academic Press; London und New York.
- ARENDT, J. F. (1837): Scholia Osnabrugensia in Chloridem Hanoveranam. – Verlag Rackhorst'sche Buchhandlung; Osnabrück.
- BÖDIGE, N. (1906): Hüggel und Silberberg – Ein historisch-geologischer Beitrag zur Landeskunde von Osnabrück. – Jber. Gymn. Carolinum Osnabrück, No. **387**; Osnabrück.
- EGGEMANN, H. (1859): Einige Bemerkungen über die Notwendigkeit, die Natur zu beobachten, nebst einem Bruchstück aus der osnabrückischen Flora. – Jahreschronik des Rathsgymn. in Osnabrück; Osnabrück.
- ELLENBERG, H. (1974): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Verlag Erich Goltze; Göttingen.
- ERNST, W. (1965): Ökologisch-soziologische Untersuchungen der Schwermetallpflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen. – Abh. L.-Mus. Naturkde. Münster, **27** (1); Münster (Westf.).
- (1969): Pollenanalytischer Nachweis eines Schwermetallrasens in Wales. – Vegetatio, **18**: 394–400.
- (1974): Schwermetallvegetation der Erde. – Gustav Fischer Verlag; Stuttgart.
- KARSCH, A. (1853): Phanerogamenflora der Provinz Westfalen. – Verlag Friedrich Regensburg; Münster.
- KOCH, K. (1932): Die Vegetationsverhältnisse des Silberberges im Hüggelgebiet bei Osnabrück. – Veröff. naturwiss. Ver. Osnabrück, **22**: 117–149; Osnabrück.
- KOSMAHL, W. (1970): Buntmetalle. – Der Landkreis Osnabrück: 44–46; Hrsg. H. J. BEHR; Osnabrück.
- MEYER, G. F. W. (1836): Chloris hanoverana. – Göttingen.
- (1849): Flora hanoverana excursoria. – Verlag Vandenhoeck und Rubrecht; Göttingen.
- OBERDORFER, E. (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – Ulmer Verlag; Stuttgart.
- SCHULZ, A. (1912): Über die auf schwermetallhaltigem Boden wachsenden Phanerogamen Deutschlands. – Jber. Westf. Provinzialver. Wiss. Kunst, **40**: 209–277; Münster.
- WEGNER, T. (1926): Westfalenland – Eine Landes- und Volkskunde Westfalens. – Bd. II: Pflanzenwelt Westfalens von H. BROCKHAUSEN; Hrsg. H. POELMANN; Verlag Ferdinand Schöningh; Paderborn.

