

# Exkursion 2: Teutoburger Wald

– Kristin Fleischer, Norbert Hölzel, Kathrin Kiehl, Annemarie Krieger, Andreas Vogel –

## 1 Einführung in das Exkursionsgebiet

### 1.1 Lage und Geologie

Der Teutoburger Wald oder Osning (alter Name) begrenzt im Nordosten und Osten die Westfälische Bucht und erstreckt sich an der Grenze zwischen Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen mit einer durchschnittlichen Höhe von 300 bis 400 m und nur 2 bis 3 km Breite über 100 km vom Kreis Steinfurt im Nordwesten bis nach Horn-Bad Meinberg im Südosten (GRABERT 1998). Dort schließt sich das weiter nach Süden verlaufende Eggegebirge an (Abb. 1).

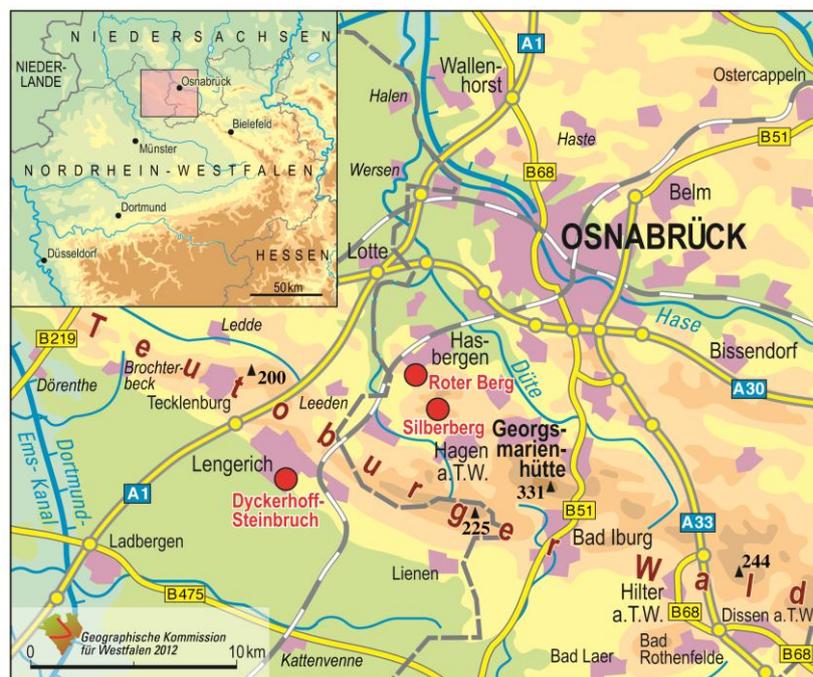


Abb. 1: Lage des Exkursionsgebietes am Teutoburger Wald (roter Kasten oben links) und der Exkursionsstandorte (rote Punkte). Karte erstellt von Horst Pohlmann (Geographische Kommission für Westfalen).

In vielen Bereichen wird der Teutoburger Wald aus drei parallel laufenden Kämmen gebildet, deren geologischer Ursprung im Mesozoikum liegt. Zu dieser Zeit, von 200 bis etwa 60 Millionen Jahren vor heute, lag der Meeresspiegel wesentlich höher und im Gebiet der Westfälischen Bucht lagerten sich marine Sedimente und Kalkschalen von Meerestieren ab. Durch Diagenese entstanden Wechselfolgen von Sand- und Kalksteinen (GRABERT 1998). Als Fernwirkung der Alpen-Auffaltung kam es im Übergang von der Oberkreide zum Tertiär zu Störungen und Schollenverschiebungen im Bereich des heutigen Teutoburger Waldes: Insbesondere an der Osning-Störungszone wurde die Niedersächsische Scholle über die südwestlich gelegene Münsterland-Scholle geschoben, randlich gefaltet und stellenweise steil aufgestellt bis überkippt (GRABERT 1998). Die heutigen drei Kämmen des Teutoburger Waldes bestehen daher aus Ablagerungen, die unterschiedlichen geologischen Zeiten entstammen: Der in der Mitte gelegene Hauptkamm besteht aus Osning-Sandstein aus der Unterkreide, der älteste nördliche Kamm wird aus Keuper- und Muschelkalken aus dem Trias und der südliche Kamm aus Kalkstein aus der Oberkreide gebildet. An einigen Stellen wurden während der Weichsel-Kaltzeit Flugsande und Löss abgelagert (SKUPIN & STAUDE 1995).

## 1.2 Klima

Das Klima des Teutoburger Waldes ist atlantisch geprägt. Da sich an seinen Südwesthängen Steigungsregen bildet, liegt die jährliche Niederschlagsmenge am Höhenzug zum Teil bei über 1000 mm, während sie im nordöstlich und südwestlich gelegenen Flachland unter 850 mm beträgt (LANUV 2011). In der Vegetationsperiode von Mai bis September fallen ca. 400-450 mm Niederschlag. Die Jahresmitteltemperatur liegt zwischen 8 und 9 °C, zwischen Mai und September beträgt die Temperatur durchschnittlich 13-16 °C. In den angrenzenden Tiefebene herrschen jeweils etwas höhere Temperaturen (LANUV 2011).

## 1.3 Nutzungsgeschichte

Seit dem Mittelalter wurde das Bild des Teutoburger Waldes durch menschliche Eingriffe verändert. Weite Bereiche wurden gerodet und vielerorts wurden bis in die 1950er Jahre Wälder über Jahrhunderte als Viehweide oder zur Streu- und Brennholzgewinnung genutzt (RÖDEL 2002, RADKAU 2008, SCHNIEDERBERND 2010; Abb. 2). Durch diese Bewirtschaftung entstanden Niederwälder aus *Fagus sylvatica*, obwohl die Art als nicht sehr stockausschlagfreudig gilt. Das Vorkommen von Buchen-Niederwäldern ist somit eine Besonderheit der Region, die auf den kalkigen Untergrund zurückzuführen ist und heute nur noch an wenigen Standorten vorkommt (SCHRÖDER 2008). Die Krautschicht der Niederwälder wies zur Zeit der intensiven Nutzung eine nur spärliche Vegetationsdeckung und geringe floristische Vielfalt auf (BURRICHTER 1953). Aus kulturhistorischen Gründen werden die Niederwälder erhalten und es wurde in einigen Bereichen (bisher vergeblich) versucht, Niederwälder wieder herzustellen (RÖDEL 2002).



Abb. 2: Vielstämmige Buchen zeugen noch heute von der einstigen Nutzung als Niederwald (Foto: A. Vogel).

Im 19. Jahrhundert waren große Flächen des Sandsteinzuges verheidet, wie der preußischen Uraufnahme von 1942 zu entnehmen ist. Im Zuge verstärkter forstwirtschaftlicher Nutzung wurden im 19. und 20. Jahrhundert viele Bereiche mit Fichten oder Kiefern aufgeforstet (POLLMANN & LETHMATE 2003, SCHRÖDER 2008). Heutzutage gibt es in manchen Bereichen Bemühungen den natürlichen Wald wiederherzustellen. So wurde beispielsweise ein Teil des „Großen Freeden“ bei Bad Iburg Anfang der 1970er Jahre als niedersächsischer Naturwald ausgewiesen und ist seitdem von jeglicher forstwirtschaftlicher Nutzung ausgenommen

(MÖLDER & SCHMIDT 2006). Die Einrichtung mehrerer großer FFH-Gebiete in Waldgebieten des Teutoburger Waldes dient neben dem Schutz verschiedener FFH-Tierarten vor allem dem Schutz des FFH-Lebensraumtyps 9130 Waldmeister-Buchenwald (MANDERBACH 2009).

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts war die Wanderschäferei im Teutoburger Wald weit verbreitet und ließ an vielen Stellen artenreiche Kalkmagerrasen des *Gentiano-Koelerietum* entstehen (SCHRÖDER 2008). Nach Aufgabe dieser traditionellen Nutzung wurde die Beweidung aus Naturschutzgründen vor einigen Jahren auf verschiedenen Flächen wieder aufgenommen (HEHMANN 2011). Zudem werden Entkusselungsmaßnahmen zur Verhinderung der Verbuschung durchgeführt (IG TEUTO 2000).

Seit dem 19. Jahrhundert wird zur industriellen Zement- und Kalkproduktion am Teutoburger Wald Kalksteinabbau betrieben und auch heute noch werden in zahlreichen Steinbrüchen Kalke gebrochen. Zum Teil konnten sich in heute stillgelegten Bereichen der Steinbrüche artenreiche Kalkmagerrasen und Kalksümpfe etablieren (HEHMANN 2011).

#### 1.4 Vegetation der Wälder

Die unterschiedlichen geologischen und edaphischen Bedingungen an den verschiedenen Standorten des Teutoburger Waldes spiegeln sich in den natürlichen Waldgesellschaften wider: Während auf den Braunerde-Podsolen und Podsolen des Sandsteinzuges und an Stellen mit mächtigen Lösslehmauflagen auf dem Kalksteinzug natürlicherweise bodensaure Drahtschmielen-Buchenwälder (*Deschampsio-Fagetum*) vorherrschen (POLLMANN 2001, POLLMANN & LETHMATE 2003), kommen auf den Kalkkämmen mit basenreichen Böden meist artenreichere Buchenwälder des *Galio odorati-Fagion* vor (POLLMANN 2001, MÖLDER et al. 2009), die vielerorts allerdings durch Fichtenforste ersetzt sind. An Südhängen ist stellenweise die fragmentarische Ausbildung des *Carici-Fagetum* mit Assoziationskennarten wie *Cephalanthera damasonium* und *Neottia nidus-avis* zu finden. Charakteristisch ist hier das Vorkommen weiterer Orchideen wie *Epipactis helleborine* und *Plantanthera chlorantha*.

Auf sehr nährstoff- und basenreichen Standorten ist das *Hordelymo-Fagetum*, das sich im Teutoburger Wald u.a. mit *Sanicula europaea*, *Pulmonaria obscura*, *Campanula trachelium* und *Lathyrus vernus* vom *Galio odorati-Fagetum* abgrenzt, ausgebildet (POLLMANN 2001, MÖLDER & SCHMIDT 2006). Als Subassoziationen konnte POLLMANN (2001) für das Gebiet das *Hordelymo-Fagetum lathyretosum*, *-pulmonarietosum*, *-typicum* und *-allietosum* beschreiben. Bärlauch-Buchenwälder kommen beispielsweise vorwiegend an schattigen Nordhängen auf nährstoffreichen Mull-Rendzinen mit im Frühjahr frischen bis feuchten Bodenverhältnissen vor (POLLMANN 2001, MÖLDER et al. 2009). Die Krautschicht wird zu Beginn des Frühjahrs typischerweise von Geophyten gebildet (BURRICHTER 1953). An schattigen Standorten mit hoher Luftfeuchtigkeit sind beispielsweise Dominanzaspekte von *Corydalis cava* zu finden (BURRICHTER 1953, POLLMANN 2001, MÖLDER et al. 2009).

Auf basenärmeren, zum Teil oberflächlich stärker versauerten Standorten mit stellenweise mächtigen Lösslehmauflagen ist das *Galio odorati-Fagetum* verbreitet (POLLMANN 2001, MÖLDER & SCHMIDT 2006, MÖLDER et al. 2009). Mit einer hohen Stetigkeit kommen meist *Anemone nemorosa*, *Galium odoratum*, *Hedera helix*, *Melica uniflora* und *Milium effusum* vor. Für das Gebiet können vier Untereinheiten genannt werden (POLLMANN 2001): Die Untereinheit von *Circaea lutetiana* differenziert sich über Feuchte- und Frischezeiger wie *Stachys sylvatica*, *Geranium robertianum*, *Impatiens noli-tangere*, *Scrophularia nodosa* und *Carex remota* sowie dem namensgebenden *Circaea lutetiana* von den anderen Subassoziationen und besiedelt relativ nährstoffreiche Standorte (POLLMANN 2001, MÖLDER et al. 2009). Das auf Nordhänge beschränkte *Galio odorati-Fagetum dryopteridetosum* zeichnet sich durch das Auftreten zahlreicher Farnarten, u.a. *Gymnocarpium dryopteris*, bei gleichzeitig reduziertem Vorkommen von anderen typischen Arten des Waldmeister-Buchenwaldes ab. Als fast reiner Buchen-Hallenwald präsentiert sich das *Deschampsio flexuosae-Fagetum*, das im Exkursionsgebiet auf den sauren Böden des Sandsteinzuges oder an Standorten mit mächtigen

Flugsand- und Lössauflagen vorkommt (POLLMANN 2001, POLLMANN & LETHMATE 2003). Nur vereinzelt sind neben *Fagus sylvatica* andere Baumarten wie *Quercus robur* und *Q. petraea* zu finden. In der Krautschicht des *Deschampsio flexuosae-Fagetum milietosum* kommen Arten wie *Anemone nemorosa*, *Hedera helix*, *Lonicera periclymenum*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium* und *Milium effusum* vor (POLLMANN & LETHMATE 2003).

## 2 Exkursionsroute

Das Exkursionsgebiet liegt im westlichen Teil des Teutoburger Waldes, ca. 10 km südwestlich von Osnabrück (Abb. 1). Am Silberberg werden Kalkmagerrasen aufgesucht, am Roten Berg in Hasbergen befindet sich ein Schwermetallrasen mit typischer Galmeiflora. Im Steinbruch bei Lengerich geht es um die Sukzession und die Renaturierung von Steinbrüchen. Hier werden insbesondere Kalkmagerrasen und Kalksumpf-Initialien gezeigt. Außerdem wird eine an den Steinbruch angrenzende Niederwaldparzelle aufgesucht.

### 2.1 Galmeivegetation am Roten Berg

Am Nordhang des Roten Berges (Gem. Hasbergen/ Kreis Osnabrück) befinden sich Flächen mit Schwermetallrasen (Abb. 3). Das Gebiet gehört zum Hügel-Silberberg-Komplex, einem geologischen Horst, bei dem im Zentrum Gesteine aus dem Karbon (Sandstein) und randlich Zechsteinkalke anstehen. Am Roten Berg am Westrand des Hügelkomplexes finden wir Kalke aus dem Zechstein. Sie sind stellenweise vererzt mit Zink, Blei und Kupfer. Im 19. Jahrhundert erfolgte ein Abbau über einen Stollen und mehrere Schächte. Da sich die Lagerstätte als nicht sehr ergiebig herausstellte wurde 1873 der Bergbau eingestellt (RÖHRS 1992). An den Förderschächten vorhandene Halden wurden eingeebnet und später als Grünland genutzt. Die sich darauf entwickelten Böden sind heute als Pseudogley Braunerden beschrieben (BK50 Niedersachsen). Die pH-Werte reichen von 6,0 bis 7,6 (in H<sub>2</sub>O). Auf einem Gebiet von insgesamt 3 ha finden sich mehrere kleinräumige Vorkommen von Galmeirasen von insgesamt etwa 300m<sup>2</sup>. Ein weiterer Wuchsort findet sich am Silberberg (siehe Exkursionspunkt 2.2).



Abb. 3: Galmeivegetation am Roter Berg, Hasbergen, Kreis Osnabrück. Markierte Bereiche: Stellen mit hohem Schwermetallgehalt im Boden.

Die erste pflanzensoziologische Bearbeitung dieser Vorkommen erfolgte 1932 durch K. KOCH als *Minuartio-Thlaspietum alpestris* KARL KOCH 1932. Als Schwermetall anzeigende Arten

sind *Silene vulgaris* sp. *humilis*, *Thlaspi calaminare* und *Minuartia verna* anzutreffen. *Thlaspi calaminare* mit norwesteuropäischer Verbreitung differenziert die hiesigen Schwermetallrasen von den mehr kontinental gelegenen Galmeirasen mit *Armeria maritima* sp. *halleri* die hier nicht vorkommt (Abb. 4). Dies ist auch das Argument für die pflanzensoziologische Abgrenzung auf Verbands- und Assoziationsebene (*Thlaspiion calaminariae* ERNST 1965; *Minuartio-Thlaspietum alpestris* KOCH 1932) vom *Armerion halleri* ERNST 1965; *Armerietum halleri* LIBBERT 1930 (DIERSCHKE 2004). Die Abgrenzung von *Thlaspi calaminare* (LEJ.) LEJ. & COURTOIS von *Thlaspi caerulescens* J. PRESL & C. PRESL war umstritten, erschwerend kommt hinzu, dass nach KOCH et al. (1998) mehrere Bildungszentren für die Zinkresistenz und damit für die Artbildung von *Thlaspi calaminare* angenommen werden müssen.



Abb. 4: Das Galmei-Hellerkraut, *Thlaspi calaminare*, ist ein typischer Indikator für Schwermetallrasen (Foto: A. Vogel).

Grundlage für das Vorkommen dieser Gesellschaft ist der hohe Schwermetallgehalt in den aus Abraummaterial des ehemaligen Bergbaus entstandenen Böden. Nach den Untersuchungen von SZYMKOWIAK (2000) betragen an den Wuchsorten der Galmeipflanzen (Galmei = Zinkerz) die maximalen Zink-Gesamtgehalte 2.100 bis 66.000 mg/kg Trockenboden. Die vom Humus- und Calciumgehalt abhängige Pflanzenverfügbarkeit von Zn liegt zwischen 1,3 bis 18 % und erreicht auf den Galmeistandorten Werte von 130-1250 mg/kg (extrahiert mit CaCl<sub>2</sub>) (Abb. 5). Weiterhin finden sich auch erhöhte Bleigehalte die allerdings zu weniger als 0,1% pflanzenverfügbar sind und daher nur mäßige Gehalte bis maximal 21 mg/kg erreichen.

Der Erhalt der Galmeirasen ist zu einem erheblichen Teil nutzungsabhängig. Die Schwermetallarten finden sich auf einer Weide, einer einschürig genutzten Wiese und auf einer Brachfläche. Ausbleibende Nutzung und/oder fehlende Bodenverletzungen führten in der Vergangenheit zu einem Rückgang der Schwermetallrasen am Roten Berg. So wurden Teile der Brachfläche früher als Reitweg genutzt; seitdem die Fläche eingezäunt ist (aus Artenschutzgründen!) gingen die Bestände von *Minuartia verna* und *Thlaspi calaminare* zurück. Ein Freilegen des Bodens ist dann eine geeignete Maßnahme zur Stützung und Förderung von Schwermetallrasen (RASKIN 2003). Neuerdings aufgenommene Pflegemaßnahmen wie Entkusselung, Pflegeschnitt und Abplaggen, veranlasst durch den Landkreis Osnabrück, zeigen schon Erfolge. Zwei Kleinflächen der Galmeirasen sind nach §30 als Gesetzlich geschützte Biotop erfasst.

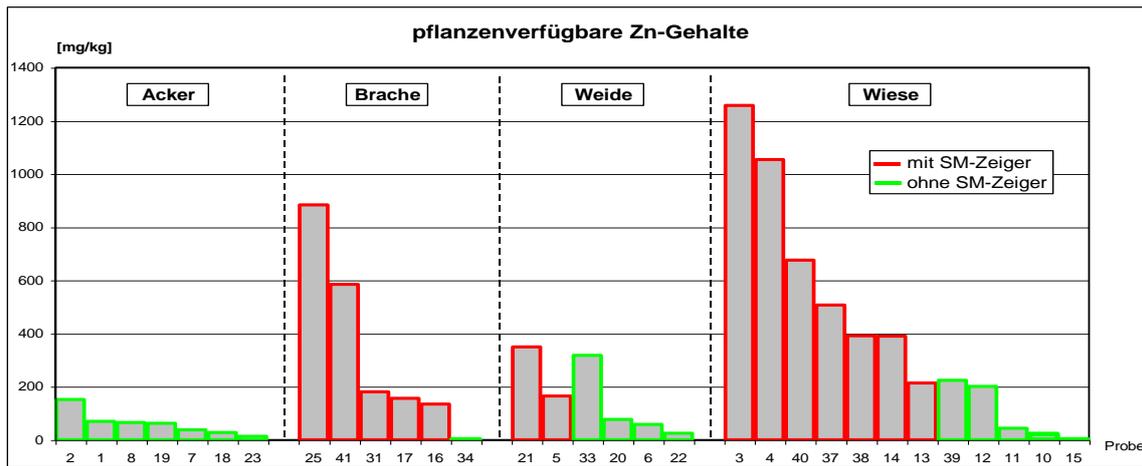


Abb. 5: Pflanzenverfügbare Zinkgehalte am Roten Berg.

Neben den Galmeipflanzen sind in dem Rasen der Brachfläche an bemerkenswerten Arten Magerzeiger wie *Dianthus deltoides*, *Galium verum*, *Genista tinctoria*, *Genista anglica*, *Calluna vulgaris* und auch *Molinia caerulea* zu nennen. Ebenfalls das Vorkommen von Erdflechten wie *Cladonia pyxidata* ist erwähnenswert. In der angrenzenden Wiese lässt sich entsprechend der Schwermetallkontamination die Zonierung von schwermetallresistenten Arten zu den schwermetall-empfindlichen Arten gut erkennen. Die Tabelle (Tab. 1) zeigt dies in absteigender Folge. Auffällig sind auf den Flächen randlich der Kontaminationszentren die großen Artmächtigkeiten von *Plantago lanceolata*, *Ranunculus acris*, *Rumex acetosa* und *Festuca arundinacea*. Es ist anzunehmen, dass es sich hier um schwermetalltolerante Sippen handelt. Auf den unbelasteten Stellen erscheint der Glatthafer. Nach BROWN (in DIERSCHKE & BECKER 2008) kann *Arrhenatherum elatius* keine Schwermetallresistenz entwickeln und zeigt damit die Grenzen der Bodenbelastung an.

Tab. 1:Galmeirasen am Roten Berg.

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Deckungsgrad [%]	40	50	40	100	95	100	95	100	100
Aufnahmefläche [m <sup>2</sup> ]	2	10	10	4	10	10	10	10	10
AC/VC									
<i>Thlaspi calaminare</i>	3	3	2b	.	.	.	.	.	.
<i>Minuartia verna ssp. hercynica</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.
KC									
<i>Silene vulgaris ssp. humilis</i>	2a	+	1	2a	2a	1	.	+	.
D1									
<i>Viola tricolor</i>	1	.	.	r	+	1	+	.	+
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	r	3	2b	2a	1	+	2a
<i>Plantago lanceolata</i>	.	r	.	3	2b	2b	2b	1	2a
<i>Rumex acetosa</i>	.	+	.	2a	2b	2b	1	1	1
<i>Festuca arundinacea</i>	.	.	.	2b	2a	2b	+	1	.
D2									
<i>Arrhenatherum elatius</i>	.	.	.	.	.	.	+	2b	2a
<i>Trifolium pratense</i>	.	.	.	.	.	.	1	r	.
<i>Cerastium holosteoides</i>	.	.	.	+	+	.	r	1	1
<i>Achillea millefolium</i>	.	.	.	.	.	.	r	1	1
<i>Trifolium repens</i>	.	.	.	.	.	.	1	2b	.
übrige	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Holcus lanatus</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	r
<i>Poa trivialis</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Festuca rubra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Agrostis capillaris</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.

An zwei Stellen reichen die kontaminierten Böden bis in benachbarte Ackerflächen (Abb. 6). Hier ist über die Jahre zu beobachten, dass Getreide auf diesen Böden nur kümmerlich gedeiht und kaum Ähren schiebt. Raps wächst überhaupt nicht und oft sind die Flächen stattdessen mit *Viola tricolor* bestanden (Abb. 7).



Abb. 6: An Stellen mit einem hohen Schwermetallgehalt im Boden wird die Vitalität des Getreides deutlich sichtbar geschwächt (gelb verfärbter Bereich) (Foto: A. Vogel).



Abb. 7: Das schwermetallresistente Wilde Stiefmütterchen, *Viola tricolor*, ist ein häufiger Begleiter in den Schwermetallrasen und an schwermetallbelasteten Ackerrändern am Roten Berg (Foto: A. Vogel).

## 2.2 Kalkmagerrasen im Naturschutzgebiet „Silberberg“

Der Silberberg gehört mit einer Höhe von 180 m ü. NN zum Höhenzug des Hügels und liegt ca. 8 km südwestlich von Osnabrück zwischen Wiehengebirge und Teutoburger Wald (Abb. 8). Hier stehen mit Buntsandstein und Zechsteinkalk und –dolomit Gesteine aus dem Perm und Trias an (KLASSEN 1984). Nach den Untersuchungen von HARMS (1981, 1984) handelt es sich dabei um eine Scholle aus den ehemaligen Dachpartien des Hügels, die durch Gleittektonik verlagert und über darunter liegenden jüngeren Gesteinen aus dem Jura abgelagert wurde. Als Bodentypen finden sich am Silberberg je nach Ausgangsgestein Ranker, Rendzinen und

Braunerden, in einigen Bereichen auch Pseudogley-Braunerden (KOCH 1932, LBEG 2011). Die Zechstein-Dolomite enthalten schwermetallhaltige Mineralien wie Bleiglanz, Zinkblende und Zinkkarbonat (Galmei) sowie Schwerspat (Baryt) und minimale Silberanteile. Bereits im Mittelalter (ab 1180) sicherten sich die Osnabrücker Bischöfe die Abbaurechte für den Silberberg (zur Abbaugeschichte s. KOCH & KUHN 1989). Das Schürfen nach Silber lohnte sich jedoch nicht und wurde bis zur letzten Wiederaufnahme 1722-1726 immer wieder unterbrochen. Von 1860 bis 1873 wurden am Silberberg ebenso wie am Roten Berg durch die Osnabrücker Zinkgesellschaft Zinkerze abgebaut (KOCH & KUHN 1989). Bis heute sind am Silberberg sowohl in den Wäldern als auch im Bereich der Kalkmagerrasen zahlreiche Schürfrichter („Pingen“), Schächte und Suchgräben als Zeugen der Bergbautätigkeit erhalten.

Abgesehen von der meist nur kurzzeitigen bergbaulichen Nutzung lag der Schwerpunkt der Landnutzung am Silberberg über Jahrhunderte auf der Niederwaldnutzung und der Nutzung als „gemeine Hude“, d.h. als gemeinschaftlich genutztes Weideland. Dadurch entstand eine noch von KOCH (1932) beschriebene halboffene Landschaft mit Zwergstrauchheiden auf den sauren Böden des Buntsandstein, artenreichen Kalkmagerrasen auf den Rendzinen im Bereich der Zechsteinkalke und -dolomite und Schwermetallrasen mit Galmeipflanzen im Bereich ehemaliger Pingen. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts kam es dann aber zur Aufgabe der Niederwaldwirtschaft und zur zunehmenden Verbuschung und Aufforstung der Magerrasen (zum Teil mit Nadelgehölzen wie *Picea abies*, *Pinus sylvestris* und *Pinus nigra*) mit negativen Auswirkungen sowohl auf die Gefäßpflanzen- als auch auf die Moosflora (KOPERSKI 1995, KOCH & BERNHARD 1996).



Abb. 8: Blick auf den Kalkmagerrasen im NSG Silberberg im Jahr 2009. Die Kiefern und Birken im Bereich des Magerrasens wurden 2011 entfernt (Foto: A. Vogel).

Bereits im Jahr 1937 wurde ein Gebiet von 38,8 ha Größe als Naturschutzgebiet „Silberberg“ ausgewiesen (NLWKN 2012). Die seitdem geltende Naturschutzgebietsverordnung wird derzeit überarbeitet. 36,6 ha des Gebiets sind als FFH-Gebiet "Silberberg" ausgewiesen.

Ab 1978 wurden in unterschiedlichen Bereichen des NSG Entbuschungen und Rodungen durchgeführt (KOCH et al. 2011), um den Bestand der artenreichen Kalkmagerrasen zu sichern und ihre Fläche wieder zu vergrößern (letzte Gehölzentfernung 2011, Größe der Kalkmagerrasen derzeit 1,2 ha). Die Pflege des Gebiets in Form einer Mahd im Spätsommer wird durch

die AG „Natur und Umwelt in Hagen“ durchgeführt. Um den Gehölzjungwuchs besser zurückzudrängen, wird ab 2012 - zunächst in Teilbereichen - eine Schafbeweidung mit Extensivrasen durchgeführt werden (Martens-Escher, Landkreis Osnabrück, mündl. Mitt.). Der Einfluss der Beweidung auf die Vegetation wird dabei mit Hilfe eines 2011 begonnenen Vegetationsmonitorings erfasst (KIEHL & WALKOWSKI 2011).

Die Wälder des Naturschutzgebiets sind auf den Kalkstandorten heute durch Kalkbuchenwälder (*Hordelymo-Fagetum*) mit *Sanicula europaea*, *Melica nutans* und stellenweise auch Orchideen wie *Neottia nidus-avis* und *Listera ovata* geprägt. Schwermetallrasen des *Minuartio-Thlaspietum alpestris* (KOCH 1932) kommen am Silberberg im Gegensatz zum Roten Berg (siehe Exkursionspunkt 2.1) heute nur noch kleinräumig auf wenigen Quadratmetern vor. Im Bereich einer Pinge findet man *Silene vulgaris* ssp. *humilis*, *Thlaspi calaminare* und *Minuartia verna* ssp. *hercynica* (KOCH & KUHN 1989, KOCH 1999). Durch Baumfällungen in der Umgebung dieser Pinge und gezieltes Freistellen weiterer beschatteter Pingens (inkl. kleinräumigem Bodenabtrag) soll die Ausbreitung dieser Arten gefördert werden.

Die Kalkmagerrasen am Südhang des Silberbergs lassen sich anhand des Vorkommens von *Gentiana ciliata*, *Cirsium acaule*, *Ophrys insectifera* und weiteren Charakterarten pflanzensoziologisch als *Gentiano-Koelerietum* einordnen (KOCH & BERNHARD 1996, KIEHL & WALKOWSKI 2011) (Abb. 9). Mit Gefäßpflanzenartenzahlen zwischen 32 und 39 auf 4 m<sup>2</sup> ist die Vegetation sehr artenreich, der Anteil an Gehölzen ist dabei allerdings recht hoch (KIEHL & WALKOWSKI 2011). Magerrasentypische Gräser mit hoher Stetigkeit sind *Helictotrichon pratense* und *Brachypodium pinnatum* sowie *Danthonia decumbens*. Auf leicht beschatteten Standorten, die etwas frischer sind, dominiert stellenweise *Molinia caerulea*. Unter den Seggen erreicht vor allem *Carex flacca* höhere Deckungen, aber auch *Carex caryophylla* und die in Nordwestdeutschland sehr seltene *Carex ericetorum* treten auf. Arten, die magere und stellenweise wechselfeuchte Bedingungen anzeigen, sind *Linum catharticum* und *Succisa pratensis*. Insgesamt kommen 11 Orchideenarten vor (MÜLLER 2011). Hier sind neben der Fliegen-Ragwurz, die sich seit den 1980er Jahren durch die Entbuschungs- und Pflegemaßnahmen stark ausgebreitet hat (KOCH et al. 2011), vor allem *Epipactis atrorubens*, *Epipactis muelleri* und *Cephalanthera longifolia* zu nennen, die in Niedersachsen westlich der Weser nur noch am Silberberg wachsen (MÜLLER 2011). *Dactylorhiza fuchsii* und *Platanthera chlorantha* sind im Gebiet relativ häufig.



Abb. 9: *Ophrys insectifera* (links) und *Gentiana ciliata* (rechts) kommen als Charakterarten des *Gentiano-Koelerietum* am Silberberg vor (Fotos: A. Vogel/ B. Jedrzejek).

In Bereichen, auf denen erst in den 1990er Jahren Nadelholzforste entfernt wurden (KOCH et al. 2011), die oberflächlich zur Bodenversauerung führten, sind noch heute artenärmere bodensaure Magerrasen und Heidekrautflächen der Klasse *Nardo-Callunetea* zu finden, obwohl das Ausgangsgestein kalkhaltig ist. Dort dominieren neben Gehölzjungpflanzen (z.B. *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*, *Betula pendula*) die Säurezeiger *Calluna vulgaris* und *Deschampsia flexuosa*, aber auch seltenere Arten wie *Genista anglica* kommen vor (KIEHL & WALKOWSKI 2011). Basenzeiger wie *Carex flacca* sind hier erst vereinzelt eingewandert.

Trotz der geringen Flächenausdehnung sind die ältesten Kalkmagerrasenflächen am Silberberg noch sehr artenreich und weisen auch eine artenreiche Samenbank auf (KOCH et al. 2011). In den ehemals bewaldeten oder verbuschten und dann wieder freigestellten Kalkmagerrasen sind die Artenzahlen dagegen vor allem in der Samenbank noch geringer (KOCH et al. 2011). Da der Kalkmagerrasen von Wald umgeben ist und auf der Fläche bis 2011 noch zahlreiche Bäume standen, stellt das massive Auftreten von Junggehölzen derzeit ein großes Problem für die Erhaltung der Artenvielfalt dar (Abb. 10). Im Rahmen weiterer Untersuchungen muss geprüft werden, ob die Gehölze durch die Einführung der Schafbeweidung zurückgedrängt werden können. Aufgrund ihrer Nutzungsgeschichte, ihrer besonderen Artenzusammensetzung und ihrer Artenvielfalt sind die Kalkmagerrasen am Silberberg von überregionaler Bedeutung und müssen dringend erhalten und weiter entwickelt werden.



Abb. 10: Das Aufkommen von Junggehölzen stellt eine Gefährdung der Kalkmagerrasen- Vegetation dar (Foto: A. Vogel).

### 2.3 Niederwälder und Kalkvegetation am Steinbruch bei Lengerich

Am Südrand des Teutoburger Walds, östlich von Lengerich, liegt das Zementwerk der Dyckerhoff AG mit einem ca. 1 km<sup>2</sup> großen Steinbruch. In der Umgebung dieses Steinbruchs wurde 1999 aus kulturhistorischen Gründen an drei Waldparzellen von mindestens 1 ha Größe versucht, diese wieder in Niederwald zu überführen (RÖDEL 2002). Dazu wurden die Buchen auf den Stock gesetzt und in Teilbereichen der Parzellen findet zusätzlich eine Streunutzung statt. Außerdem wurden einige Flächen mit einem Zaun gegen Wildverbiss geschützt (SCHNIEDERBERND 2010; Abb. 11).

Zur Durchführung einer vegetationskundlichen Erfolgskontrolle wurden zu Beginn der Maßnahmen Dauerquadrate eingerichtet. Bei der Erfolgskontrolle 2010 wurde festgestellt, dass fast keine lebenden Stockausschläge der Buche mehr existierten, und zwar unabhängig vom

Wildverbiss, der aufgrund der hohen Dichte der Damwildpopulation in der Region sehr stark ist (SCHNIEDERBERND 2010). Vermutlich waren die Buchen zu Beginn der Pflegemaßnahme bereits zu alt um Stockausschläge zu bilden (SCHNIEDERBERND 2010). Nach VOGEL (unveröff. Daten) ergaben dendrochronologische Auszählungen ein Alter von 49 Jahren. Die Krautschicht-Vegetation der wiederhergestellten Niederwälder weist mit Orchideenarten wie *Dactylorhiza fuchsii*, *Listera ovata*, *Neottia nidus-avis*, *Plathanthera bifolia*, *P. chlorantha* hingegen durchaus naturschutzfachlich interessante Arten auf (SCHNIEDERBERND 2010). In ehemaligen Niederwäldern in der Nähe des Steinbruchs ist außerdem *Cephalanthera damasonium* zu finden (IG TEUTO 2011). Möglicherweise wirkt sich der Kalkstaub des angrenzenden Steinbruchs positiv auf das Wachstum der kalkliebenden Orchideenarten aus (IG TEUTO 2011).



Abb. 11: Versuch zur Wiederherstellung einer Buchen-Niederwaldparzelle ohne (links) und mit (rechts) Umzäunung gegen Wildverbiss (Foto: A. Vogel).

Die mehrere hundert Hektar umfassenden Kalksteinbrüche entlang der Teutoburger Waldes beherbergen heute die flächenmäßig bedeutsamsten Populationen gefährdeter Arten der Kalkmagerrasen und Kalkflachmoore im Naturraum. Für Arten nährstoffarmer Offenlandstandorte wird infolge zunehmender Verwaldung und Eutrophierung der umgebenden Landschaft die Bedeutung der Steinbrüche als Sekundärlebensraum weiter zunehmen. Die großflächigen, teilweise vernässten Kalk-Rohböden der Steinbrüche bieten bei entsprechendem Management hervorragende Potentiale zur Restitution von Kalkmagerrasen- und Kalkflachmoorvegetation.

Auf jungen, nährstoffarmen Rohbodenstandorten aufgelassener Steinbrüche siedeln sich in der Regel zunächst Magerrasen-Initialengesellschaften mit einer Dominanz von *Elymus repens* oder *Poa compressa* sowie Leguminosen und an stark wechselfeuchten Standorten *Rumex crispus* oder *Centaureum pulchellum* an (KUNDEL et al. 1987, MEYER 1990). Im Steinbruch bei Lengerich fanden BAUMHOVE & VOGT (2011) *Tussilago farfara* als typischen Erstbesiedler der Rohbodenstandorte. Erst nach einigen Jahren kommen mit fortgeschrittener Bodengenesen an Störung angepasste, sich meist vegetativ ausbreitende Kalkmagerrasen-Arten wie *Brachypodium pinnatum* oder *Carex flacca* auf und bilden zum Teil dichte Bestände (KUNDEL et al. 1987, BAUMHOVE & VOGT 2011). Die Anzahl und Deckung von typischen

Kalkmagerrasen-Arten ist auf Grund der kurzen Entwicklungszeit auf den jungen Steinbruch-Flächen deutlich geringer als auf älteren Kalkmagerrasen der Region. Es kann Jahrzehnte dauern, bis sich in den Steinbrüchen eine mit dem natürlicherweise in der Region vorkommenden *Gentiano-Koelerietum* vergleichbare Kalkmagerrasen-Vegetation entwickelt (KUNDEL et al. 1987).

Auf älteren Standorten ehemaliger Steinbrüche konnten sich zum Teil bereits artenreiche Kalkmagerrasen mit typischen, in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Arten wie *Briza media*, *Carex caryophylla*, *Galium verum*, *Medicago falcata* und *Potentilla erecta* entwickeln (JEDRZEJEK 2011). Dies ist auch aus älteren Untersuchungen der Steinbruch-Vegetation in der Region bekannt (KUNDEL et al. 1987, MEYER 1990). Bemerkenswert ist die stellenweise hohe Deckung an Orchideenarten in den Steinbrüchen, was auch in älteren Erhebungen bereits erwähnt wird (ALTEHAGE 1970). Hier sind insbesondere *Anacamptis pyramidalis*, *Orchis militaris* und *Ophrys apifera* zu nennen, die aktuell in der Region fast ausschließlich in den renaturierten Steinbrüchen vorkommen.

Ohne Nutzung entwickeln sich die Kalkmagerrasen mit dem Eindringen von Gehölzen im Sukzessionsverlauf zu Saumgesellschaften (KUNDEL et al. 1987). Im Steinbruch bei Lengerich hemmt andererseits der möglicherweise zu hohe Weidedruck durch Wild nicht nur das Aufkommen von Gehölzen, sondern auch von typischen Kalkmagerrasen-Arten.

Um den Langzeiteinfluss der Schaf- und Wildbeweidung auf die Kalkmagerrasen-Vegetation in Steinbrüchen zu untersuchen, wurde 2011 ein Projekt des Instituts für Landschaftsökologie der Universität Münster begonnen (JEDRZEJEK 2011). Im Rahmen der Untersuchung wurden im Frühjahr 2011 Exclosures und Vegetations-Dauerflächen auf Kalkmagerrasen zum Vergleich von Flächen mit Schafbeweidung und Wildverbiss, solchen mit ausschließlich Wildverbiss und Flächen ohne jeglichen Beweidungseinfluss angelegt (Abb. 12). Einige dieser Flächen befinden sich am Exkursionsstandort im Steinbruch bei Lengerich (Abb. 13).

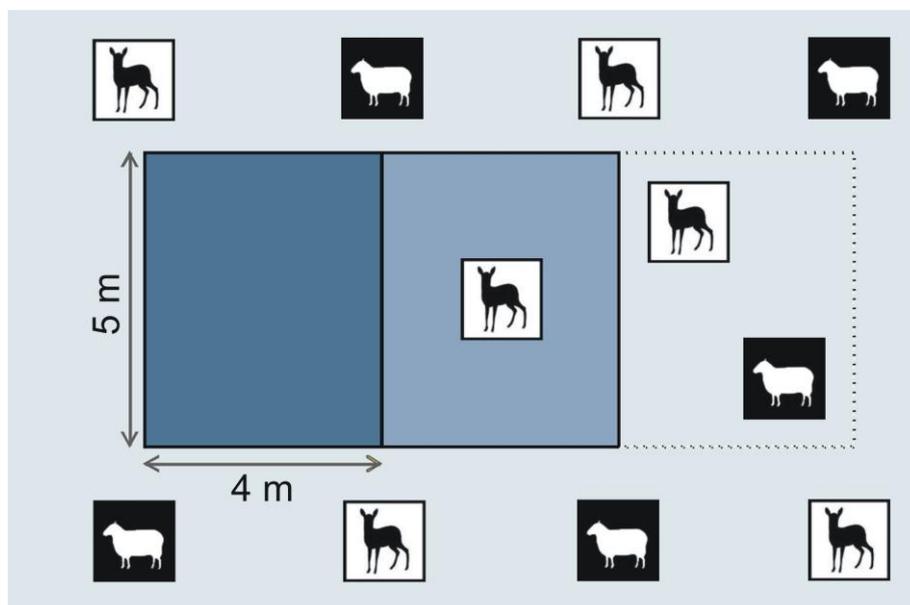


Abb. 12: Versuchsaufbau zur Untersuchung des Einflusses von Wild- und Schafbeweidung. Dunkelblau = keine Beweidung, mittelblau = nur Wildbeweidung, hellblau = Kontrollfläche (Wild- und Schafbeweidung) (Verfasser: B. Jedrzejek).



Abb. 13: Blick auf eine Dauerfläche zur Untersuchung des Einflusses von Wild- und Schafbeweidung auf die Etablierung von Kalkmagerrasen-Arten in aufgelassenen Steinbrüchen (Foto: B. Jedrzejek 2011).

Durch die standörtliche Vielfalt von trockenen Böschungen und vernässten Sohlenberiechen kommen in den Steinbrüchen neben Arten trockener und wechselfeuchter Standorte auch solche ausgesprochen nasser Standorte vor (KUNDEL et al. 1987, MEYER 1990). An Stellen mit tonig-dichter Sohle kann sich eine Kalksumpf-Initialvegetation entwickeln. Hier sind beispielsweise seltene Arten wie *Carex flava*, *Epipactis palustris*, *Genista tinctoria*, *Platanthera chlorantha* oder *Schoenus nigricans* zu finden (IG TEUTO 2011). Aus anderen Steinbrüchen ist auch das Vorkommen von *Pinguicula vulgaris* bekannt. Bemerkenswert ist eines der wohl großflächigsten und individuenreichsten Vorkommen des in Deutschland stark gefährdeten Igelschlauchs (*Baldellia ranunculoides*), für den die nährstoffarmen Pioniergewässer der vernässten Steinbrüche einen geeigneten Sekundärlebensraum darstellen (IG TEUTO 2011). Diese eigentlich für saure Heideweiherr typische Art tritt hier in ausgesprochenen Kalkgewässern auf.

### Danksagung

Wir danken Birgit Jedrzejek für die Bereitstellung der Fotos und Abbildungen zum Forschungsprojekt im Steinbruch bei Lengerich. Horst Pohlmann (Geographische Kommission für Westfalen) hat uns großzügigerweise die Übersichtskarte über die Lage der Exkursionsstandorte angefertigt.

### Literatur

- ALTEHAGE, C. 1970: Die Orchideen des Lengericher Gebietes. Veröffentlichungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Osnabrück 33: 26-28.
- BAUMHOVE, L. & VOGT, V. (2011): Einfluss der Beweidung auf Kalkmagerrasen und ihre Arten in Steinbrüchen des Teutoburger Waldes. Forschungsprojekt am Institut für Landschaftsökologie, WWU Münster. 42 S.
- BURRICHTER, E. (1953): Die Wälder des Meßtischblattes Iburg, Teutoburger Wald. Eine pflanzensoziologische, ökologische und forstkundliche Studie. Abhandlungen aus dem Museum für Naturkunde zu Münster in Westfalen 15(3): 3-87.0
- DIERSCHKE, H. & BECKER, T (2008): Die Schwermetallvegetation des Harzes – Gliederung, ökologische Bedingungen und syntaxonomische Einordnung. Tüxenia 28:185-227.
- ERNST, W. (1974): Schwermetallvegetation der Erde. Fischer Verlag, Stuttgart, 194 S.
- GRABERT, H. (1998): Abriß der Geologie von Nordrhein-Westfalen. Schweizerbart, Stuttgart: 351 S.
- HARMS, F.-J. (1981): Zur Geologie und Tektonik des Hüggel- und Silberberg-Gebietes bei Osnabrück (West-Niedersachsen). Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 8: 19-62. Osnabrück.

- HARMS, F.-J. (1984): Die geologischen Ergebnisse von sechs Bohrungen am Silberberg bei Hagen a.T.W. (Landkreis Osnabrück, West-Niedersachsen). Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 11: 7-15. Osnabrück.
- HEHMANN, M. (2011): Orchideenpracht trotz(t) Schafbeweidung. In: IG TEUTO (Hrsg.): Wanderschäferei im Tecklenburger Land. Bentheimer Landschaft. 13–20. Lengerich.
- IG TEUTO (INTERESSENGEMEINSCHAFT TEUTOBURGER WALD) (2000): Schafbeweidung. URL: <http://www.ig-teuto.de/index.php?id=5>. [Zugriff am 22.3.2012].
- IG TEUTO (INTERESSENGEMEINSCHAFT TEUTOBURGER WALD) (Hrsg.) (2011): Naturführer Teutoburger Wald. Pflanzen, Tiere, Fossilien. Schriftenreihe der Interessengemeinschaft Teutoburger Wald e.V., Band 2. 304 S.
- JEDRZEJEK, B. (2011): Einfluss der Beweidung auf Kalkmagerrasen und ihre Arten in Steinbrüchen des Teutoburger Waldes. Dokumentation der Dauerflächen-Ersterfassung im Jahr 2011. Unveröffentlichter Bericht.
- KIEHL, K. & WALKOWSKI, U. (2011): Vegetations-Monitoring im Naturschutzgebiet "Silberberg". Auswirkungen von Pflegemaßnahmen auf die Entwicklung von Kalkmagerrasen mit zunehmenden Gehölzaufkommen. Gutachten im Auftrag des Landkreises Osnabrück. 11 S. + Anhang, Osnabrück.
- KLASSEN, H. (1984): Geologie des Osnabrücker Berglandes. Naturwissenschaftliches Museum Osnabrück. 672 S.
- KOCH, K. (1932): Die Vegetationsverhältnisse des Silberberges im Hügellgebiet bei Osnabrück. Veröffentlichungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Osnabrück 22: 115-149. Osnabrück.
- KOCH, M. (1999): Die Schwermetallvegetation im südlichen Osnabrücker Land (Niedersachsen). LÖBF-Schriftenreihe 16: 259–270.
- KOCH, M. & BERNHARDT, K.-G. (1996): Zur Entwicklung und Pflege von Kalkmagerrasen. Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung und zum Samenpotential im Naturschutzgebiet Silberberg, Landkreis Osnabrück. Natur und Landschaft 71: 63-69. Stuttgart.
- KOCH, M. & KUHN, L. (1989): Das *Minuartio-Thlaspietum alpestris* Koch 1932, eine Pflanzengesellschaft schwermetallhaltiger Böden im Hügellgebiet, Landkreis Osnabrück. Osnabrücker naturwissenschaftliche Mitteilungen 15: 137–154. Osnabrück.
- KOCH, M., MUMMENHOFF, K UND HURKA, H. (1998): Systematics and evolutionary history of heavy metal tolerant *Thlaspi caerulescens* J. ET C. PRESL (Brassicaceae) in Western Europe. Biochem.Syst.Ecol. 26: 823-836.
- KOCH, M., SCHERIAU, C., SCHUPFNER, M. & BERNHARDT, K.-G. (2011): Long-term monitoring of the restoration and development of limestone grasslands in north western Germany: Vegetation screening and soil seed bank analysis. Flora 206: 52-65.
- KOPERSKI, M. (1995): Veränderungen der Moosflora am Silberberg bei Osnabrück. Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 20/21: 387-398. Osnabrück.
- KUNDEL, W., SCHREIBER, K. & VOGEL, A. (1987): Spontane Vegetation in Kalksteinbrüchen des Teutoburger Waldes. Empfehlungen zur Renaturierung und Landschaftspflege. Münstersche Geographische Arbeiten 26: 131-146.
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) (2011): Klimaatlas Nordrhein-Westfalen. URL: [www.klimaatlas.nrw.de](http://www.klimaatlas.nrw.de) [Zugriff am 13.03.2012]
- LBEG (2011): Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie: Bodentübersichtskarte von Niedersachsen 1 : 50 000.. NIBIS-Kartenserver. <http://nibis.lbeg.de/cardomap3/>
- MANDERBACH, R. (2009): Fauna-Flora-Habitatrichtlinie und Vogelschutzrichtlinie in Deutschland – Gebiete und Arten. FFH-Gebiete in Deutschland. <http://www.ffh-gebiete.de/ffh-gebiete/>
- MEYER, H. (1990): Vegetation in den Kalkabbaugebieten des Kreises Steinfurt – zeitlich-räumliche und kritische Betrachtung der Rekultivierung. Dissertation an der Fakultät für Geowissenschaften, Ruhruniversität Bochum. 195 S.
- MÖLDER, A. & SCHMIDT, W. (2006): Flora und Vegetation im Naturwald „Großer Freeden“, Teutoburger Wald. Natur und Heimat (Münster) 66 (2): 33–48. Münster.
- MÖLDER, A., MEYER, P., STEFFENS, R., PARTH, A. & SCHMIDT, W. (2009): 33 Jahre nach dem letzten Hieb – Zur Entwicklung der Bestandesstruktur im Naturwald „Großer Freeden“ (Teutoburger Wald). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 180:195–205. Freiburg.
- MÜCKENHAUSEN, E. & MERTENS, H. (1988): Die Bodenkarte 1:5000 auf der Grundlage der Bodenschätzung. Landesausschuss für landwirtschaftliche Forschung, Erziehung und Wirtschaftsberatung beim Ministerium für Umwelt Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- MÜLLER, G. . (2011): Natur aus zweiter Hand: Pflanzenleben am Silberberg bei Osnabrück. In: ARBEITSKREIS HEIMISCHE ORCHIDEEN NIEDERSACHSENS E.V. (Hrsg.). 30 Jahre AHO-Niedersachsen: 53-65. Hannover.
- NLWKN (2012): Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Naturschutz, Schutzgebiete: Naturschutzgebiet "Silberberg". <http://www.nlwkn.niedersachsen.de>
- POLLMANN, W. (2001): Zur synsystematischen und synökologischen Stellung der anspruchsvolleren Buchenwälder an ihrer Verbreitungsgrenze in Nordwest-Deutschland. Tuexenia 21: 3–38.
- POLLMANN, W. & LETHMATE, J. (2003): Zur Frage der Buche auf Sandböden in Nordwest-Deutschland: Ökologische Potenz von *Fagus sylvatica* L. unter extremen Standortbedingungen im Riesenbecker Osning. Tuexenia 23: 71–94.

- POLLMANN, W. & LETHMATE, J. (2006): Räumliche Variabilität der Vegetation in bodensauren Kiefernbeständen – Untersuchungen zur Ausbreitung von *Ceratocarpus claviculata*. Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 32: 59–73.
- PREISING, E., VAHLE, H.-C., BRANDES, D., HOFMEISTER, H., TÜXEN, J., WEBER, H.E. (1997): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens. Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme: Rasen-, Fels- und Geröllgesellschaften. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 20 (5): 146 S. Hannover.
- RADKAU, J. (2008): Der legendäre und der wirkliche Wald: Die doppelte Geschichte des Teutoburger Waldes. - In: NATURSCHUTZZENTRUM SENNE (Hrsg.): Senne und Teutoburger Wald. Bielefeld 2008: 100–128.
- RÖDEL, D. (2002): Niederwald im westlichen Teutoburger Wald. Fachhochschule Osnabrück 2002. URL: <http://www.ig-teuto.de/index.php?id=12>. [Zugriff am 22.3.2012].
- RÖHRS, H. (1992): Erz und Kohle. Bergbau und Eisenhütten zwischen Ems und Weser. Ibbenbürener Vereinsdruckerei, Ibbenbüren.
- SCHNIEDERBERND, M. (2010): Zwischenbericht zur vegetationskundlichen Erfolgskontrolle – Niederwaldnutzung im westlichen Teutoburger Wald. Bericht im Auftrag der Interessengemeinschaft Teutoburger Wald e.V. (IG Teuto). 24 S.
- SCHRÖDER, C. (2008): Lebensräume der Senne und des Teutoburger Waldes. In: NATURSCHUTZZENTRUM SENNE (Hrsg.): Senne und Teutoburger Wald. Bielefeld 2008: 100–128.
- SKUPIN, K. & STAUDE, H. (1995): Quartär. In: GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.): Geologie im Münsterland. Krefeld 1995: 71–95.
- SZYMKOWIAK, F. (2000): Galmeirasen am Roten Berg bei Hasbergen/Osnabrück – Bodenkundliche und vegetationskundliche Untersuchungen an Resten des *Minuartio-thlaspietum alpestris* (Koch 1932). Diplomarbeit am Institut für Landschaftsökologie, Universität Münster.

