Tuexenia Beiheft 8 (2015): 57–74.

Kleinhaldenareal bei Welfesholz und Südharzer Gipskarstlandschaft

– Sandra Dullau, Armin Hoch, Hans-Ulrich Kison, Urte Bachmann –

1. Exkursionspunkte in der Übersicht

Die Exkursion führt in zwei unterschiedliche Gebiete Südwest-Sachsen-Anhalts (Abb. 1).

1. Kleinhaldenareal bei Welfesholz
2. Südharzer Gipskarstlandschaft

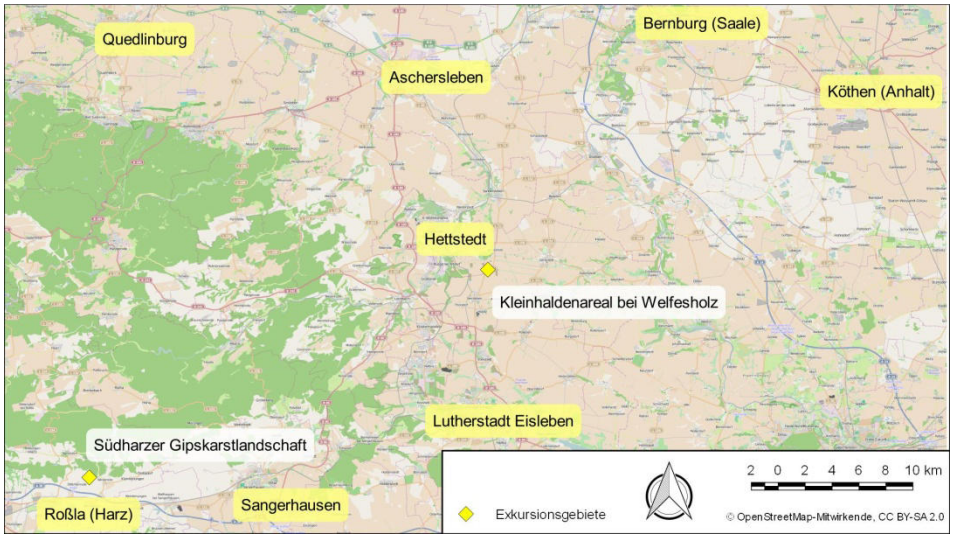

Abb. 1. Lageübersicht der beiden Exkursionsgebiete.

2. Kleinhaldenareal bei Welfesholz

2.1 Lage und Naturraum

Den ersten Exkursionspunkt bildet das historische Kleinhaldenareal bei Welfesholz (TK 25 Nr. 4335). Südöstlich von Hettstedt im Östlichen Harzvorland gelegen, gehört es geologisch zur Mansfelder Mulde (REICHHOFF et al. 2001). Das Kleinhaldenareal liegt auf einer Höhe von ca. 200 m ü. NN inmitten einer strukturarmen Plateaulandschaft. Das Gebiet ist seit 2001 Bestandteil des LSG „Kleinhaldenareal im nördlichen Mansfelder Land“ und gehört zum FFH-Gebiet „Kupferschieferhalden bei Hettstedt“ (FFH0105cLSA). Über Welfesholz und Gerbstedt bis nach Zabenstedt erstrecken sich mehrere Teilareale mit

einigen hundert Kleinhalden des Altbergbaus. Die Begehung erfolgt im westlichen Teil zwischen Welfesholz und Hettstedt.

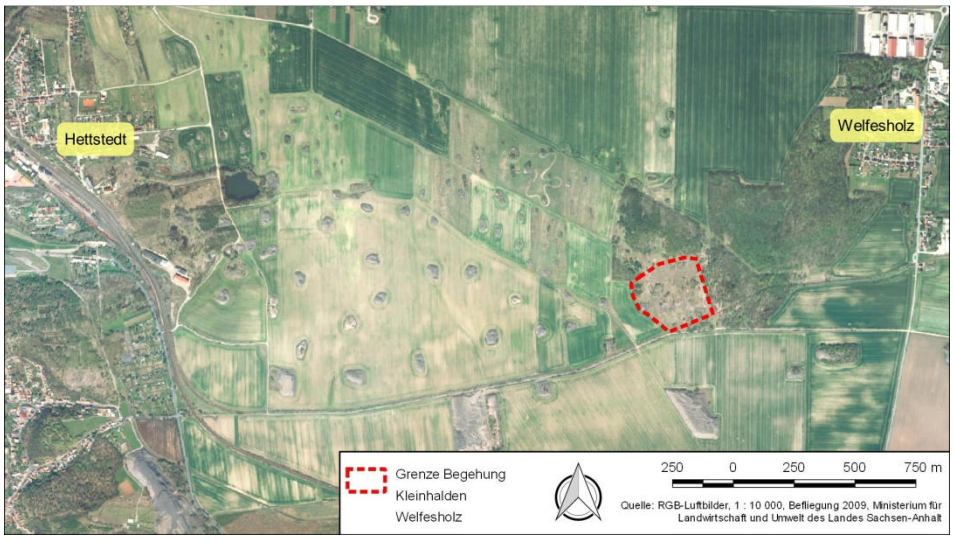

Abb. 2. Kleinhaldenareal zwischen Hettstedt und Welfesholz.

2.2 Klima

Das Östliche Harzvorland zeichnet sich durch ein subkontinental geprägtes Klima aus und gehört zu den niederschlagärmsten Landschaften Mitteldeutschlands (REICHHOFF et al. 2001). Im Kleinhaldenareal beträgt die mittlere Jahresniederschlagsmenge 488 mm, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8,4 ºC (Mittelwerte für den Zeitraum 1961-1999, PIK 2009). Die Spezifik des Haldenmaterials wandelt das vorherrschende Klima kleinräumig ab und führt zu teilweise extremen Standortbedingungen (vgl. Kap. 2.3).

2.3 Entstehungsgeschichte und Standortbedingungen der Halden

Bei den Kleinhalden handelt es sich um aufgeschüttetes Abraummaterial aus dem Kupferschieferbergbau verschiedener Epochen. Der Kupferschiefer entstand vor 260 Millionen Jahren. Sein Metallgehalt stammt aus dem Erdinneren und drang durch Spalten in den später zu Schiefer verfestigten Faulschlamm des Zechsteinmeeres vor. Durch Schwefelwasserstoff wurden die Kupfer-, Zink-, Silber-, Blei-, Eisen-, Kobalt- und Nickelionen hauptsächlich in schwerlösliche Sulfide umgewandelt (HUNECK 2006). Die Ortschaft Welfesholz liegt genau auf dem Ausgehenden des Kupferschiefers am Nordrand der Mansfelder Mulde (HEBESTEDT 2007). Der Mansfelder Bergbau begann um das Jahr 1200, im besuchten Gebiet aufgrund der nur mäßigen Qualität des Schiefers deutlich später (vor dem Dreißigjährigen Krieg). Es gehörte zum sogenannten „kupferhammerhüttischen Revier“, das die Hettstedter Kupferhammerhütte versorgte. 1725 existierten 5 bis 6 Schächte mit einer Teufe von 30-40 m. Um 1820 wurde der Bergbau eingestellt (HEBESTEDT 2007). Die heute noch das Landschaftsbild prägenden Halden gehen nach JANKOWSKI (1995, zit. in BAUMBACH 2008) und HEBESTEDT (2007) auf die erste Hälfte des 16. Jahrhunderts zurück.

Die Zusammensetzung des Haldenmaterials hat HUNECK (2006) ausführlich beschrieben. Das taube, basische Gestein bildet die Hauptmasse und verwittert zu kleinen Plättchen. Wenngleich das Gestein als „taub“ gilt, sind noch beträchtliche Mengen an Metallen enthalten, die zu der typischen Schwermetallvegetation führen. Daneben finden sich harter, hellgrauer Kalkstein, mitunter Buntsandstein oder Gips und sonstige Stoffe aus dem Abraum bzw. anthropogener Natur.

Für höhere Pflanzenarten herrschen auf Kupferschieferhalden extreme Standortbedingungen vor. Neben dem Metallgehalt stellen Trockenheit und Nährstoffarmut hohe Anforderungen an die physiologische Leistungsfähigkeit (GERTH et al. 2011). Das abgelagerte Material verfügt über ein geringes Wasserhaltevermögen. Die dunkle Färbung des Schiefers führt zur Absorption der Sonneneinstrahlung und damit zu hohen Tagestemperaturen. Die Tag-Nacht-Amplitude ist aufgrund des geringen Wärmehaltungsvermögens recht hoch (MAIER et al. 1981). Das für die Pflanzenernährung essentielle Kupfer kommt in toxisch wirkenden Konzentrationen vor. GERTH et al. (2011) stellten für Kupfer, Cadmium, Blei und Zink im Vergleich zu normal versorgten Böden 10 bis 100-fach erhöhte Werte fest. Bei der Bioverfügbarkeit steht Cadmium an erster Stelle, gefolgt von Kupfer (GERTH et al. 2011). Die Bodenentwicklung geht teilweise so langsam voran, dass die Vegetation den Charakter von Dauerpionierstadien aufweist (BAUMBACH 2008). Erst Feinerdeauflagen im Zuge einer fortgeschrittenen Pedogenese mildern diese Bedingungen ab und ermöglichen es dann auch Arten der Xerothermrasen und Ruderalstandorte einzuwandern.

Die Haldenkomplexe liegen heute häufig inmitten von Ackerflächen. So auch die meisten Halden zwischen Hettstedt und Welfesholz. Eindrucksvoll zeigt das Abb. 2. Das Umland der Halden des betrachteten Abschnitts südwestlich von Welfesholz wird im Gegensatz dazu großflächig von Halbtrockenrasen bestimmt.

2.4 Vegetation

Die charakteristische Gesellschaft der Schwermetallrasen ist das *Armerietum halleri* Libb. 1930 (Kupfer-Grasnelken-Gesellschaft). Diese entspricht dem Lebensraumtyp (LRT) 6130 (Schwermetallrasen). Schwermetallrasen gehören nach § 30 BNatSchG zu den besonders geschützten Biotoptypen. Deren Schwerpunktvorkommen konzentriert sich in Sachsen-Anhalt auf Halden des ehemaligen Mansfelder und Sangerhäuser Kupferschieferreviers im östlichen und südöstlichen Harzvorland (BAUMBACH 2008).

Von den höheren Pflanzen sind *Armeria maritima* subsp. *elongata* (var. *halleri*), *Minuartia verna* subsp. *hercynica* und *Silene vulgaris* subsp. *vulgaris* die Vertreter der wirklichen „Metallophyten“, auch als Chalkophyten oder Galmeipflanzen bezeichnet (KNOLLE et al. 2011). *Minuartia verna* subsp. *hercynica* erreicht im Gebiet ihre östliche Verbreitungsgrenze (BAUMBACH 2008).

Im Vergleich zu den westdeutschen Schwermetallrasen fehlen *Viola calaminaria* und *Thlaspi caerulescens*, dafür treten aber eine Reihe schwermetalltoleranter Xerothermrasenarten hinzu (BAUMBACH 2013, Tabelle 2). Gegenüber den alten Hüttenplätzen im Harz fehlt den Halden bei Welfesholz auch *Cardaminopsis halleri*, die ihre lokale östliche Grenze im Selketal erreicht. Primäre Wuchsorte der Schwermetallrasen sind im Exkursionsgebiet nicht vorhanden und auch im gesamten Mansfelder Raum sehr selten. Die Kleinhalden werden als sekundäre Wuchsorte der Schwermetallvegetation betrachtet, die anstelle der weitgehend durch den Bergbau verloren gegangenen Primärplätze eine wichtige Funktion für den Erhalt der Schwermetallvegetation und ihrer Arten haben. Nach

Auffassung von ERNST (1974) sind von den Schwermetallpflanzen nur *Armeria maritima* und *Minuartia verna* als Glazialrelikte zu sehen; die anderen schwermetallverträglichen Arten dürften aufgrund „rezenter Mutationen“ aus vorhandenen Grundformen entstanden sein.

SCHUBERT (1953/54) hat die in Tabelle 1 genannten Sukzessionsstadien aus vergleichenden Analysen hergeleitet (etwas modifiziert bei ERNST 1974). Neben der oft unterschiedlichen Zusammensetzung der die Halden aufbauenden Substanzen spielt das Alter der Halden und damit der Grad der abgelaufenen Sukzession im Rahmen der Besiedlung eine entscheidende Rolle.

Tabelle 1. Sukzessionsstadien der Schwermetallvegetation (nach SCHUBERT 1953/54).

Sukzessionsstadium	Beschreibung
1 *Silene*-Stadium	An grobschottrigen Stellen und Steihängen leitet *Silene vulgaris* subsp. *vulgaris* die Besiedlung ein. Ihr langes Wurzelsystem (bis 2,5 m) verankert die Pflanze zwischen den Schiefern und erschließt tiefliegende Wasserquellen.
2 *Minuartia*-Stadium	Auf ebenen und feinerdereicheren Stellen wird die Sukzession durch *Minuartia verna* subsp. *hercynica* eingeleitet. In den Polstern der Art können weitere Pflanzenarten Fuß fassen.
3 *Euphrasia*-Stadium	Spielt auf den Halden im Exkursionsgebiet keine Rolle.
4 *Cladonia*-Stadium	Tritt nur in humideren Lagen bei guter Feinerdeauflage auf.
5 *Armeria*-Stadium	Optimalstadium der Gesellschaft. Durch Feinerdeauflage und Humusbildung werden die Extrembedingungen der offenen Schotterflächen ausgeglichen. Mit zunehmender Konkurrenz durch Xerothermrasenarten geht *Minuartia verna* subsp. *hercynica* bereits zurück.
6 *Festuca*- und *Brachypodium*-Stadien	Arten mit schwacher Schwermetalltoleranz können aufgrund der Bodengenese und der abgeschwächten Schwermetallwirkung vordringen. Dieses Stadium leitet zu den umgebenden Xerothermrasen über.

Abb. 3. Kupferschieferhalde bei Welfesholz mit *Silene vulgaris* subsp. *vulgaris* und *Minuartia verna* subsp. *hercynica* (Foto: S. Dullau).

2.5 Artenliste

Im betrachteten Gelände wurden 2014 für sieben Kleinhalden Artenlisten erstellt. Die wichtigsten Arten unter Angabe der Stetigkeit enthält Tabelle 2. Auf den einzelnen Halden kommen zwischen 25 und 45 höhere Pflanzenarten vor. Neben den typischen Metallophyten sind bereits zahlreiche Arten aus den umliegenden Halbtrockenrasen eingewandert.

Tabelle 2. Ausgewählte Farn- und Blütenpflanzen ausgewählter Halden südlich Welfesholz. RL D = nationale Gefährdung (KORNECK et al. 1996), RL ST = Gefährdung in Sachsen-Anhalt (FRANK et al. 2004), § = besonders geschützt nach Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV); Stetigkeitsklasse I = > 0-20 %, II = 20-40 %, III = 40-60 %, IV = 60-80 %, V = 80-100 %; * Metallophyten.

Artname	Stetigkeit	RL D	RL ST	§
Armeria maritima subsp. *elongata**	V	-	-	-
Dianthus carthusianorum	V	V	-	§
Echium vulgare	V	-	-	-
Euphorbia cyparissias	V	-	-	-
Festuca rupicola	V	-	-	-
Minuartia verna subsp. *hercynica**	V	3	-	-
Rubus caesius	V	-	-	-
Silene vulgaris subsp. *vulgaris**	V	-	-	-
Achillea millefolium agg.	IV	-	-	-
Agrostis capillaris	IV	-	-	-
Arrhenatherum elatius	IV	-	-	-

Artname	Stetigkeit	RL D	RL ST	§
Campanula rotundifolia	IV	-	-	-
Centaurea stoebe	IV	-	-	-
Galium album	IV	-	-	-
Galium verum	IV	-	-	-
Galium x pomeranicum	IV	-	-	-
Knautia arvensis	IV	-	-	-
Leontodon hispidus	IV	-	-	-
Lotus corniculatus	IV	-	-	-
Pimpinella saxifraga	IV	-	-	-
Reseda lutea	IV	-	-	-
Rumex acetosa	IV	-	-	-
Thymus praecox	IV	-	-	-
Anthemis tinctoria	III	-	-	-
Asperula cynanchica	III	V	-	-
Brachypodium pinnatum	III	-	-	-
Carlina vulgaris	III	-	-	-
Cerastium holosteoides	III	-	-	-
Euphrasia stricta	III	-	-	-
Koeleria macrantha	III	-	-	-
Plantago lanceolata	III	-	-	-
Potentilla heptaphylla	III	V	-	-
Salvia pratensis	III	V	-	-
Thymus pulegioides	III	-	-	-
Vicia tetrasperma	III	-	-	-
Artemisia campestris	II	-	-	-
Centaurea scabiosa	II	-	-	-
Cuscuta epithymum	II	-	3	-
Falcaria vulgaris	II	-	-	-
Helictotrichon pratense	II	V	-	-
Koeleria pyramidata	II	-	-	-
Linum catharticum	II	-	-	-
Pilosella officinarum	II	-	-	-
Potentilla neumanniana	II	-	-	-
Stipa capillata	II	3	-	-
Tragopogon pratensis	II	-	-	-
Arenaria serpyllifolia	I	-	-	-
Chaenorhinum minus	I	-	-	-
Festuca rubra	I	-	-	-
Helianthemum nummularium	I	-	-	-
Ononis repens	I	-	-	-
Silene otites	I	3	3	-

Tabelle 3. Flechten und Moose ausgewählter Halden südlich Welfesholz. RL D = nationale Gefährdung (WIRTH et al. 1996, LUDWIG et al. 1996), RL ST = Gefährdung in Sachsen-Anhalt (SCHOLZ 2004, MEINUNGER & SCHÜTZE 2004), § = besonders geschützt nach Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV); Moose: leg. & det. G. Schaaf.

Artname - Flechten	RL D	RL ST	§	Artname - Moose	RL D	RL ST	§
Acarospora bullata	3	-	-	*Barbula unguiculata*	-	-	-
Caloplaca crenulatella	D	-	-	*Brachythecium rutabulum*	-	-	-
Candelariella aurella	-	-	-	*Bryum argenteum*	-	-	-
Cetraria aculeata	3	3	§	*Bryum bicolor agg.*	-	-	-
Cladonia cariosa	2	3	-	*Ceratodon purpureus*	-	-	-
Cladonia foliacea	3	3	-	*Dicranella staphylina*	-	-	-
Cladonia furcata	-	-	-	*Platydictya jungermann.*	3	-	-
Cladonia pyxidata s.l.	-	-	-	*Pleurozium schreberi*	-	-	-
Cladonia rangiformis	3	3	-	*Rhynchostegium confertum*	-	-	-
Cladonia subulata	-	-	-	*Schistidium apocarpum*	-	-	-
Lecanora dispersa	-	-	-				
Lecanora saxicola s.l.	-	-	-				
Lecidea inops	R	-	-				
Scoliciosporum umbrinum	-	-	-				
Verrucaria muralis	-	-	-				

3. Südharzer Gipskarstlandschaft

3.1 Das Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz

Das zweite Exkursionsziel ist das Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz. Nach der Einrichtung der Verwaltung im Jahr 2002 folgte 2009 die Ausweisung des Biosphärenreservats nach Landesrecht. Die Bemühungen um die internationale Anerkennung durch die UNESCO dauern an. Das Biosphärenreservat erstreckt sich von den Wäldern um Stolberg bis nach Pölsfeld bei Sangerhausen über eine Gesamtfläche von 30.034 ha. Die Kernzone umfasst 3,1 %, die Pflegezone, bestehend aus den verordneten NSGs und den gemeldeten FFH-Gebieten, 32,5 % und die Entwicklungszone 64,4 % (FUNKEL 2011). Über 50 % des Biosphärenreservats sind mit Wald bestockt (FUNKEL & SZEKELY 2011). Die potenziell natürliche Vegetation bilden mit wenigen Ausnahmen Buchenwälder besserversorgter sowie Buchenwälder basenarmer Standorte (FUNKEL & SZEKELY 2011). Die Vielfalt an abiotischen und biotischen Faktoren und Bedingungen macht den besonders hohen naturschutzfachlichen Wert der Region aus (FUNKEL & SZEKELY 2011), weshalb der Südharz im Bundesprogramm für Biologische Vielfalt als Hotspot der Biodiversität geführt wird (BFN 2011).

3.2 Lage und Naturraum

Die Südharzer Gipskarstlandschaft erstreckt sich in einer über 100 km langen und mehrere hundert Meter bis zu einigen Kilometern breiten Zone vom Landkreis Osterode in Niedersachsen über Thüringen bis nach Pölsfeld im Landkreis Mansfeld-Südharz in

Sachsen-Anhalt (VÖLKER 1998). In dieser Mächtigkeit und Ausprägung ist sie einzigartig in Deutschland (FUNKEL & SZEKELY 2011). Die Exkursion findet im östlichen Teil der Südharzer Gipskarstlandschaft im Gebiet nordöstlich von Roßla bei Agnesdorf und Questenberg statt.

Die Exkursionspunkte liegen in der hochkollinen Stufe auf 260 - 300 m NN. Der Bereich zählt zur Landschaftseinheit Südliches Harzvorland (REICHHOFF et al. 2001) und liegt in der Pflegezone des Biosphärenreservats. Der kleine Ausschnitt repräsentiert durch sein bewegtes Relief, verschiedene Karsterscheinungen sowie das Nebeneinander verschiedenster LRT die Vielfalt des Gebietes auf engstem Raum.

Abb. 4. Landschaftseindruck des Südlichen Harzvorlandes (Foto: A. Hoch).

3.3 Geologischer Untergrund und Böden

Die Landschaft des Südharzes ist geprägt durch den Gips und den Anhydrit des Zechsteins. Der anstehende Anhydrit wird oberflächlich durch Wasseraufnahme in Gips umgewandelt. Die hohe Wasserlöslichkeit bedingt eine schnelle Korrosion, so dass durch den Einfluss von Grund- und Oberflächenwasser im Laufe der Zeit typische Karsterscheinungen entstanden (VÖLKER 1998, FUNKEL & SZEKELY 2011). Karsterscheinungen sind in Sulfatgesteinen (Gips, Anhydrit) im Gegensatz zu Karbonatgesteinen (Kalke, Dolomite) relativ selten ausgeprägt (VÖLKER 1998). Gipskarstlandschaften (auch Sulfatkarstlandschaften genannt) haben einen Anteil von weniger als 5 % an den weltweit vorkommenden Karstlandschaften (FUNKEL & SZEKELY 2011).

Südlich an die Gipskarstlandschaft schließt der Untere Buntsandstein an. Im Exkursionsgebiet treffen verschiedene geologische Verhältnisse aufeinander und ergeben ein sehr heterogenes Bild. Die Route führt durch Bereiche des Oberen Buntsandsteins und des

Zechsteins (Leine- und Allerfolge) mit stellenweise an der Oberfläche anstehendem Gips. Die Bodentypen umfassen Rendzinen, Pararendzinen und Braunerden.

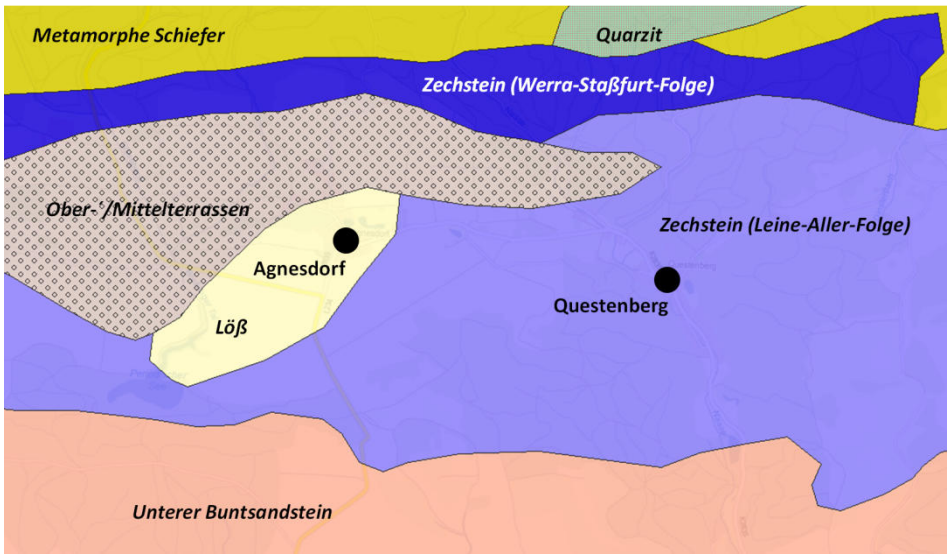

Abb. 5. Geologische Karte des Südharzer Landschaftsraumes, Ausschnitt Agnesdorf/Questenberg (Kartengrundlage LAGB 2014).

3.4 Klima und hydrologische Verhältnisse

Das Südliche Harzvorland gehört zum Übergangsklima des Binnenlandes und ist stark geprägt durch die Stau- und Lee-Effekte, die durch den Harz, den Kyffhäuser und die Höhenzüge der Hainleite und Windleite bei Südwest- und Nordwestwetterlagen auftreten (REICHHOFF et al. 2001). Das stark reliefierte Gelände des Biosphärenreservats weist deutliche mikroklimatische Differenzierungen in Tälern, auf Hochflächen, an wärmebegünstigten südexponierten Hängen, in Höhlen oder Karstspalten auf (FUNKEL & SZEKELY 2011). Die mittleren jährlichen Niederschlagsmengen reichen je nach Höhenlage von 500 – 800 mm, das jährliche Mittel der Lufttemperatur liegt zwischen 6,3 und 8,7 °C (FUNKEL & SZEKELY 2011). Die Messungen der Klimastation in der Goldenen Aue bei Roßla ergaben auf einer Höhe von 155 m NN 9,3 °C und 419 mm (Bezugsperiode 2012-2013, LÜSA). Für den Landschaftsausschnitt der Exkursionsroute liegen keine Messungen vor, die Werte dürften aber für die Jahrestemperatur bei ca. 8 °C und für die Niederschlagsmenge um 500 mm liegen.

Die durch den Südharz fließenden Gewässer bilden ein engmaschiges Netz aus Flüssen und Bächen. Diese werden aus dem Harz gespeist und weisen einen hohen Natürlichkeitsgrad auf (FUNKEL & SZEKELY 2011). Der größte Teil des Biosphärenreservats liegt im Einzugsgebiet der Helme. Der südlich von Agnesdorf befindliche Bauerngraben erhält sein Wasser vom Glasebach, das anschließend im südlichen Teil eines episodisch Wasser führenden Seebeckens versickert (FUNKEL & SZEKELY 2011). Durch die Nasse wurde bei Questenberg ein Durchbruchstal geschaffen, ihr in Richtung Süden fließendes Wasser mündet in die Leine.

3.5 Schutzstatus

Das gesamte Biosphärenreservat liegt im Landschaftsschutzgebiet „Harz und südliches Harzvorland“. Die Exkursionsroute führt durch das NSG „Gipskarstlandschaft Questenberg“ und das FFH-Gebiet „Buntsandstein- und Gipskarstlandschaft bei Questenberg im Südharz“ (FFH0101LSA). Das FFH-Gebiet entspricht mit einigen Erweiterungen dem 1996 ausgewiesenen NSG. Der Standarddatenbogen listet 14 LRT auf, darunter Turloughs (3180), Flüsse der planaren bis montanen Stufe (3260), trockene europäische Heiden (4030), Kalk-Pionierrasen (6110), Schwermetallrasen (6130), Kalk-Trockenrasen (6210), Kalkfelsen (8210), Höhlen (8310) und sechs Wald-LRT (9110, 9130, 9150, 9170, 9180, 91E0). Des Weiteren kommen 25 Arten der FFH-Anhänge sowie der Vogelschutzrichtlinie vor. Bemerkenswert sind u. a. die Vorkommen von Wildkatze, Edelkrebs, Mopsfledermaus und Großem Mausohr.

3.6 Die Exkursionsroute

Die Exkursionsroute führt durch das Herz des Biosphärenreservats, vom Wanderparkplatz am Bauerngraben südlich von Agnesdorf bis zur Queste (Gipskuppe), die über dem malerisch gelegenen Ort Questenberg thront (TK25b Nr. 4532). Stationen sind eine Streuobstwiese, eine Kalkhütte mit dazugehörendem Steinbruch, Halbtrockenrasen, Frischwiesen, Heide auf Buntsandstein und Gips sowie ein Karstbuchenwald. Typische Karsterscheinungen wie z. B. Erdfall, Trockental, Uvala und das Durchbruchstal der Nasse bei Questenberg können besichtigt werden. Enden wird die Exkursion auf der Queste, an einem Eichenstamm mit einem Kranz aus Birkenzweigen, der mythischen Erzählungen nach die Sonne symbolisieren bzw. an eine Sage erinnern soll (BRV 2011).

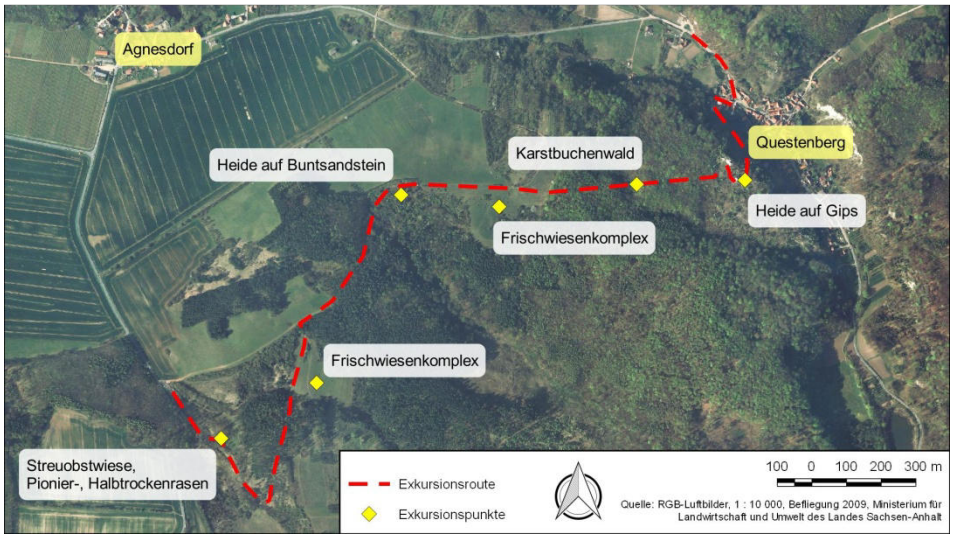

Abb. 6. Exkursionsroute in der Südharzer Gipskarstlandschaft mit Lage der Exkursionspunkte. Das Luftbild vermittelt einen Eindruck des räumlichen Nebeneinanders von Wäldern, Grünlandkomplexen und Ackerflächen.

3.7 Streuobstwiese, Steinbruch und Halbtrockenrasen am Bauerngraben

Die Streuobstwiese am Wanderparkplatz ist eine Magere Flachland-Mähwiese (LRT 6510) mit hochstämmigen Obstbäumen. Streuobstwiesen sind nach § 22 NatSchG LSA geschützte Biotope. Die Wiese lag lange brach und verbuschte stark. Seit 2007 werden auf Initiative der Biosphärenreservatsverwaltung Entbuschungsmaßnahmen durchgeführt. Die instandgesetzte Streuobstwiese, ausgestattet mit Streuobstlehrpfad und Sortentafel, ist fester Bestandteil der Umweltbildung im Biosphärenreservat. Im südlichen Teil sind die Reste einer Kalkhütte zu besichtigen, in der bis 1932 der im Steinbruch nebenan abgebaute Gips gebrannt und als Baustoff verwendet wurde (NOACK 2013). Aktuell wird das gesamte Gebiet von einer ortsansässigen Schäferei bewirtschaftet.

Die Streuobstwiese ist durch eine hohe Standortvielfalt gekennzeichnet. Im dominierenden *Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris* (Br.Bl. 1919) Görs 1966 (Glatthafer-Wiese), Subassoziation von *Salvia pratensis* (SCHUBERT 2001) (entspricht nach DIERSCHKE (1997) dem *Arrhenatheretum elatioris* Br.-Bl. 1915 in der Tieflagenform von *Daucus carota* und der südwestlichen Rasse von *Salvia pratensis*), kommen neben *Arrhenatherum elatius* u. a. *Daucus carota*, *Geranium pratense*, *Pastinaca sativa* und *Trisetum flavescens* vor. Neben den für Glatthafer-Wiesen charakteristischen Arten sind in verschiedenen Bereichen typische Arten der kontinentalen Halbtrockenrasen, wie z. B. *Brachypodium pinnatum*, *Cirsium acaule, Linum catharticum*, *Ononis spinosa*, *Primula veris* und *Thymus praecox* (vgl. SCHUBERT 2001), zu finden. Streuobstwiesen prägen in weiten Teilen das Landschaftsbild im Biosphärenreservat. Der Aufschwung des Obstanbaus führte im 18. Jhd. zur Bepflanzung kahler Hutungsflächen im Gebiet. Aktuell nehmen diese ca. 6 % der Fläche ein (FUNKEL & SZEKELY 2011).

Die Vegetation im Steinbruch wird von einem kontinentalen Halbtrockenrasen (LRT 6210) dominiert, der mit kleinen Vorkommen des LRT 6110 (Lückige basophile oder Kalk-Pionierrasen) durchsetzt ist. Beide sind nach § 22 NatSchG LSA geschützte Biotope. Ursprünglich kommt hier das *Festuco rupicolae-Brachypodietum pinnati* (Gauckl. 1938) Schub. 1954 (Furchenschwingel-Fiederzwenken-Gesellschaft) vor, das durch Arten wie z. B. *Brachypodium pinnatum*, *Festuca rupicola*, *Helictotrichon pratense*, *Eryngium campestre* und *Medicago lupulina* charakterisiert ist. Aktuell ist jedoch eine Umwandlung dieser Pflanzengesellschaft durch das Einwandern von *Bromus erectus* und in wüchsigeren Bereichen ein starkes Aufkommen von *Arrhenatherum elatius* zu beobachten. *Bromus erectus* profitiert hier von der unregelmäßigen Nutzung der Fläche. Die Art ist regelmäßig auf den Halbtrockenrasen im Biosphärenreservat anzutreffen.

Auf den Pionierrasen kommen *Arenaria serpyllifolia, Cerastium pumilum, Koeleria macrantha, Sedum acre*, *S. sexangulare* und die Flechte *Fulgensia bracteata* vor. Aufkommende Schwarz-Kiefern führen hier zur Beeinträchtigung der Rasen.

Südöstlich des Steinbruchs setzt sich am Hang der Halbtrockenrasen fort, wechselt jedoch zu einer submediterranen Ausprägung. Die Artenzusammensetzung entspricht dem *Gentiano-Koelerietum pyramidatae* R. Knapp 1942 ex Bornk. 1960 (Enzian-Schillergras-Halbtrockenrasen), der einzigen durch Weidenutzung entstandenen Assoziation der *Mesobromion*-Halbtrockenrasen in Nord- und Mitteldeutschland (JANDT 1999). Die seit längerer Zeit ungenutzte Fläche verbuscht zunehmend.

3.8 Frischwiesenkomplex südlich von Agnesdorf

Zwischen Agnesdorf und Questenberg liegt ein sich aus einer Vielzahl von Flächen zusammensetzender Frischwiesenkomplex. Die Wiesen entsprechen dem LRT 6510 (Magere Flachland-Mähwiesen) und sind nach § 22 NatSchG LSA geschützte Biotope. Im Rahmen eines Projekts der Hochschule Anhalt (DULLAU et al. 2013) war dieser Frischwiesenkomplex Bestandteil standort- und vegetationskundlicher Untersuchungen und wurde mit sieben 25 m² großen Probeflächen belegt. Die Flächen werden ausschließlich mit Schafen beweidet oder unterliegen der Mähweidenutzung.

Die bindigen Böden (toniger Lehm und toniger Schluff) weisen eine recht große pH-Wert-Amplitude auf, die von 4,2 bis 7,3 (stark sauer bis sehr schwach alkalisch) reicht. Die Phosphorgehalte liegen bei 1,0 bis 3,6 mg/100 g Boden auf niedrigem Niveau (Gehaltsklassen A und B, LLG 2002). Mit Kaliumgehalten von 11,1 bis 31,2 mg/100 g Boden sind die Flächen optimal bis sehr gut versorgt (Gehaltsklassen C bis E, LLG 2002).

Pflanzensoziologisch sind sie dem *Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris* in der Subassoziation von *Salvia pratensis* zuzuordnen (vgl. Anmerkung zur Einordnung bei DIERSCHKE (1997) im Kap. 3.7). SCHUBERT (2001) verortet die Subassoziation auf trockenen Standorten. Zunächst sind die Wiesen vor Ort durch das hochstete Auftreten der typischen Frischwiesenarten *Achillea millefolium, Arrhenatherum elatius, Lotus corniculatus, Poa pratensis, Plantago lanceolata* und *Veronica chamaedrys* gekennzeichnet. Die Einordnung in die Subassoziation erlaubt das Vorkommen der Differenzialarten *Medicago lupulina, Plantago media* und *Ranunculus bulbosus.* Auf weiteren Untersuchungsflächen konnten zudem die Differenzialarten *Dianthus carthusianorum, Salvia pratensis* und *Cirsium acaule* erfasst werden (DULLAU et al. 2013). Sowohl submediterrane wie auch kontinentale Elemente der Halbtrockenrasen sind in der Artenkombination enthalten und führen zu einer recht hohen mittleren Artenzahl (37,0 ±8,7 auf 25 m²), wobei die Kräuter mit durchschnittlich 27,0 (±8,4) Arten dominieren. Als Vertreter der submediterranen Trocken- und Halbtrockenrasen (*Brometalia erecti* Br.Bl. 1936) kommen u. a. *Agrimonia eupatoria* und *Bromus erectus* vor. Vertreter der kontinentalen Trocken- und Halbtrockenrasen (*Festucetalia valesiacae* Br.Bl. et R.Tx. ex Br. Bl. 1949) sind beispielsweise *Brachypodium pinnatum, Eryngium campestre, Festuca rupicola*. Die Struktur der Wiesen ist durch ein ausgeglichenes Verhältnis von Arten der Ober-, Mittel- und Unterschicht gekennzeichnet. Das Gräser-Kräuter-Verhältnis gestaltet sich ebenso als ausgeglichen.

Im Biosphärenreservat wird der überwiegende Teil des Grünlands beweidet. Recht häufig werden Flächen in unregelmäßigem Turnus zusätzlich gemäht (Mähweide). Reine Mähflächen sind eher selten. Die Beweidung zeichnet sich zumeist durch eine extensive Nutzungsform mit Rindern oder Schafen aus. Die Rinder (u. a. Limousin, Charolais, Mischrassen) weiden in kleinen Mutterkuhherden in Umtriebsweide. Die Schafherden (Schwarzköpfiges Fleischschaf, Merinos) stehen auf kleinen Koppeln in Netzen. Die Tiere fressen ab Mai in kurzen Weidegängen mit hoher Besatzdichte den Aufwuchs ab. Der dadurch entstehende, einer Mahd ähnliche Effekt führt im Gebiet zu sehr gut ausgeprägten Beständen des LRT 6510 und trägt entscheidend zum Erhalt des artenreichen Grünlands bei. Die Flächennutzer können dabei auf diverse Agrarumweltmaßnahmen (u. a. Freiwillige Naturschutzleistungen, Natura 2000-Ausgleich) zurückgreifen. Bei Bedarf werden die Wiesen in Teilbereichen im Herbst gemulcht, um einer Verbuschung entgegenzuwirken. Seit 2011 wird bei Hainrode auf einer Ganzjahresstandweide mit Salers (frz. Robustrasse) eine alternative Nutzungsform zum Erhalt der Frischwiesen erprobt. Die naturschutzfachliche Erfolgskontrolle des vom Biosphärenreservat initiierten Projekts (Projektträger:

Landschaftspflegeverband Harz e. V., Bewirtschafter: Agrargenossenschaft Gonnatal/Leinetal e. G.) weist nach drei Jahren Laufzeit vielversprechende Ergebnisse auf. So konnten bisher keine negativen Auswirkungen auf die für den LRT 6510 charakteristischen Pflanzenarten (vgl. LAU 2010) verzeichnet werden.

3.9 Heide auf Buntsandstein am Roten Kopf

Am „Roten Kopf“, einem südexponierten, durchschnittlich 30 Grad (GUDAT 2014) geneigten Hang, liegt eine ca. 0,5 ha große Heidefläche. Auf Buntsandstein entwickelte sich hier ein *Genisto pilosae-Callunetum* Braun 1915. Die Gesellschaft der subatlantischen Ginster-Heidekrautheide ist auf armen Sandböden zu finden (SCHUBERT 2001). Sie gehört zum LRT 4030 (Trockene europäische Heiden) und ist ein nach § 30 BNatschG gesetzlich geschütztes Biotop. Zu der bestandsbestimmenden Art *Calluna vulgaris* gesellen sich regelmäßig acidophile Arten wie *Carex pilulifera*, *Danthonia decumbens, Deschampsia flexuosa* und *Rumex acetosella. Hypochaeris radicata, Pilosella officinarum* und *Aira praecox* vermitteln zu den Sandmagerrasen. *Genista tinctoria* bildet im Mai einen gelben Blühaspekt.

Abb. 7. Heide auf Buntsandstein auf dem Roten Kopf im Jahr 2013 nach der Erstinstandsetzung durch Gehölzentnahme (Foto: L. Gudat).

Bis zum Winter 2013 war der Hang mit großen Schwarz-Kiefern bewachsen. Durch deren Beschattung und die zunehmende Verbuschung mit jungen Pappeln, Birken, Kirschen und Eichen verschlechterte sich der Zustand der Heide. Im Rahmen des Projektes „Nachhaltige Pflege und Entwicklung von FFH-Offenland-Lebensräumen im Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz“, dessen Träger der Förderverein des Biosphärenreservats ist, wurden die Schwarz-Kiefern entfernt und die Fläche entbuscht. Heiden besitzen in Mitteleuropa nur sehr wenige natürliche Standorte und sind meist durch

menschliches Schaffen an die Stelle bodensaurer Waldgesellschaften getreten (SCHUBERT 2001, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Um die Heide zukünftig gehölzfrei zu halten und in einen guten Erhaltungszustand zu versetzen, erklärte sich der Flächennutzer zu einer Bewirtschaftung unter Beachtung naturschutzfachlicher Aspekte bereit. Durch regelmäßige Begehungen im Rahmen einer naturschutzfachlichen Erfolgskontrolle wird die Entwicklung der Heidegesellschaft nach der Entbuschung dokumentiert.

3.10 Karst-Buchenwald in Plateaulage

Die vorletzte Station ist ein Karst-Buchenwald. Das kleinräumig stark bewegte Relief verdeutlicht eindrucksvoll die geologischen und geomorphologischen Gegebenheiten am Standort, Gips bildet den Untergrund. Hier künden Gipsbuckel von der differenzierten Auflösung des Oberflächengesteins durch Niederschlagswasser und Uvalas bilden durch die Aneinanderreihung vieler Erdfälle und Dolinen tief eingeschnittene Karsttäler (VÖLKER 1998). Der Wald präsentiert sich als Hallenbuchenwald, in der Baumschicht dominiert *Fagus sylvatica*, eine Strauchschicht existiert nicht. Die Krautschicht ist nur spärlich ausgeprägt und eher artenarm. Der Frühjahrsaspekt wird von *Allium ursinum* bestimmt. Im Sommer können u. a. *Phyteuma spicatum, Hordelymus europaeus, Stellaria holostea, Carex sylvatica* und *Epipactis purpurea* beobachtet werden. Die soziologische Einordnung ist aufgrund des Vorkommens von Kennarten verschiedener Assoziationen schwierig. Da es sich aber um einen reicheren, besser nährstoffversorgten Standort handelt, kann dieser eher dem Waldmeister-Rotbuchenwald (*Asperulo-odoratae-Fagetum* Sougn. et Till 1959 emend. Dierschke 1989) als dem Waldgersten-Rotbuchenwald (*Elymo-Fagetum* Kuhn 1937 emend. Jahn 1972) zugeordnet werden. Diese Gesellschaft entspricht der optimalen Ausprägung des LRT 9130, das Vorkommen von Orchideen vermittelt zum LRT 9150 (BILLETOFT et al. 2002).

3.11 Heide auf Gips auf der Queste

Der letzte Exkursionspunkt ist die Queste, eine 3,8 ha große Gipskuppe. STOLBERG (1968) beschreibt die Queste als „dreieckige, durch Gipsquellkuppen und Abrissklüfte stark modellierte Hochfläche von ca. 200 m Seitenlänge“. Das waldfreie Areal entspricht einem *Euphorbio-Callunetum* Schub. 1960 emend. Schub. 1995 (Wolfsmilch-Heidekrautheide). Auch diese Heidegesellschaft gehört zum LRT 4030 (Trockene europäische Heiden) und zu den nach § 30 BNatSchG gesetzlich geschützten Biotopen. Durch das Eindringen kontinentaler Arten in das Bestandsgefüge dieser Gesellschaft lassen sich mehrere Subassoziationen unterscheiden (SCHUBERT 2001). Auf den versauerten Quellkuppen des Gipses bei Questenberg kommt die Subassoziation von *Sesleria albicans* vor (SCHUBERT 2001). Auf der Queste ist die entsprechende Differentialart *Potentilla neumanniana* zu finden. HERDAM (1998) betont jedoch, dass der kontinentale Einfluss hier noch deutlich geringer ist als am Kyffhäuser.

Vergleichbar zur Heide am „Roten Kopf“ ist *Calluna vulgaris* auf der Queste ebenfalls bestandsprägend. Durch das Aufkommen von Arten wie *Achillea pannonica, Anthyllis vulneraria, Euphorbia cyparissias, Festuca pallens, Gypsophila fastigiata, Phleum phleoides, Hieracium bifidum, H. laevigatum, H. umbellatum* und *Odontites luteus* zeichnet sich jedoch eine deutlich andere Artenzusammensetzung ab.

In der Heide ist an vielen Stellen das Aufkommen von Birken und anderen Gehölzen zu beobachten. Potenziell natürlich würde hier ein Birken-Eichenwald stocken. Aktuell wird

der Standort nur teilweise anthropogen freigehalten. In vielen Bereichen kommt es zur Wiederbewaldung und damit zur Fragmentierung der Heide sowie zum Verlust an Offenlandbereichen.

Abb. 8. Heidemosaik auf Gips auf der Queste (Foto: S. Dullau).

3.12 Artenliste

Tabelle 4. Ausgewählte Farn- und Blütenpflanzen der Offenland-Exkursionspunkte in der Südharzer Gipskarstlandschaft. RL D = nationale Gefährdung (KORNECK et al. 1996), RL ST = Gefährdung in Sachsen-Anhalt (FRANK et al. 2004), § = besonders geschützt nach Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV).

Artname	Halbtrocken-rasen und Pionierflur	Trockene Frisch-wiesen	Heide auf Buntsand-stein	Heide auf Gips	RL D	RL ST	§
Achillea pannonica	.	.	.	x	-	-	-
Aira praecox	.	.	x	.	V	-	-
Anthoxanthum odoratum	x	x	.	x	-	-	-
Anthyllis vulneraria	.	.	.	x	-	-	-
Arrhenatherum elatius	x	x	x	x	-	-	-
Asperula cynanchica	x	.	.	.	V	-	-
Brachypodium pinnatum	x	x	.	.	-	-	-
Briza media	x	x	.	.	V	-	-
Bromus erectus	x	x	.	.	-	-	-
Calluna vulgaris	.	.	x	x	-	-	-
Carex caryophyllea	.	x	.	x	V	-	-

Artname	Halbtrocken-rasen und Pionierflur	Trockene Frisch-wiesen	Heide auf Buntsand-stein	Heide auf Gips	RL D	RL ST	§
Carex ericetorum	.	.	.	x	3	3	-
Carex flacca	x	.	.	.	-	-	-
Carex pilulifera	x	.	x	.	-	-	-
Centaurium erythraea	x	.	.	.	V	-	§
Cerastium brachypetalum	.	x	.	.	-	3	-
Cynosurus cristatus	.	x	.	.	-	2	-
Danthonia decumbens	x	.	x	x	-	-	-
Deschampsia flexuosa	.	.	x	x	-	-	-
Eryngium campestre	x	x	.	.	V	-	-
Euphorbia cyparissias	x	x	.	x	-	-	-
Euphrasia officinalis	.	.	.	.	-	3	-
Festuca ovina	x	x	x	.	-	-	-
Festuca pallens	.	.	.	x	-	-	-
Festuca rupicola	x	x	.	x	-	-	-
Galium boreale	.	.	.	x	V	-	-
Genista tinctoria	.	.	x	x	-	-	-
Gentianella germanica	x	.	.	.	3	3	§
Gentianopsis ciliata	x	.	.	.	3	-	§
Gypsophila fastigiata	.	.	.	x	3	3	§
Helictotrichon pratense	x	x	.	.	V	-	-
Helictotrichon pubescens	x	x	.	x	-	-	-
Hieracium bifidum	.	.	.	x	-	3	-
Koeleria macrantha	x	.	.	.	-	-	-
Koeleria pyramidata	x	.	.	x	-	-	-
Lathyrus pratensis	.	x	.	.	-	-	-
Luzula campestris	x	x	x	x	V	-	-
Medicago falcata	x	x	.	.	-	-	-
Medicago lupulina	x	x	.	.	-	-	-
Nardus stricta	.	.	x	.	V	-	-
Odontites luteus	.	.	.	x	3	3	-
Phleum phleoides	.	x	.	x	V	3	-
Pilosella officinarum	x	x	x	x	-	-	-
Pimpinella saxifraga	x	x	.	x	-	-	-
Plantago media	x	x	.	x	-	-	-
Polygala vulgaris	x	x	.	.	-	-	-
Potentilla neumanniana	x	x	.	x	-	-	-
Ranunculus bulbosus	x	x	.	.	-	-	-
Sanguisorba minor	x	x	.	.	-	-	-
Sedum acre	x	.	.	x	-	-	-
Sedum sexangulare	x	x	.	.	-	-	-
Silaum silaus	x	.	.	.	V	-	-

Artname	Halbtrocken-rasen und Pionierflur	Trockene Frisch-wiesen	Heide auf Buntsand-stein	Heide auf Gips	RL D	RL ST	§
Thymus praecox	x	.	.	x	-	-	-
Trifolium striatum	.	x	.	.	3	3	-
Trisetum flavescens	x	x	.	.	-	-	-

Danksagung

Die Untersuchungen zu den Südharzer Frischwiesen erfolgten im Rahmen eines Projektes, das durch ELER-Sachsen-Anhalt finanziert wurde.

Literatur

BAUMBACH, H. (2008): Die Situation der Schwermetallrasen und ihrer Standorte im östlichen und südöstlichen Harzvorland. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 45 (2): 3–19.

BAUMBACH, H. (2013): Kupferschieferbergbau. In: BAUMBACH, H., SÄNGER, H. & HEINZE, M. (Eds.): Bergbaufolgelandschaften Deutschlands – Geobotanische Aspekte und Rekultivierung. – Weißdorn-Verlag, Jena: 311–372.

BFN (Bundesamt für Naturschutz, Ed.) (2011): Bundesprogramm Biologische Vielfalt. – URL: http://www.biologischevielfalt.de/hotspots.html [accessed July 2014].

BILLETOFT, B., WINTER-HUNECK, B., PETERSON, J. & SCHMIDT, W. (2002): 9130 Waldmeister-Buchenwald (Asperulo-Fagetum). – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 39 (Sonderheft): 202-209.

BRV (Biosphärenreservatsverwaltung Karstlandschaft Südharz, Ed.) (2011): Rahmenkonzept des Biosphärenreservates Karstlandschaft Südharz. Roßla: 141 pp. + Anhänge.

DIERSCHKE, H. (1997): Molinio-Arrhenatheretea (E1), Kulturgrasland und andere verwandte Vegetationstypen, Teil 1: Arrhenatheretalia, Wiesen und Weiden frischer Standorte. – Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Heft 3: 74 pp.

DULLAU, S., JOHN, H., ARLAND-KOMMRAUS, J.J., SCHOLZ, A., JÜNGER, G. & TISCHEW, S. (2013): Strategien zur ökologischen Optimierung des Grünlandmanagements für die Lebensraumtypen gemeinschaftlichen Interesses 6440, 6510 und 6520 in Sachsen-Anhalt (Folgeprojekt). Abschlussbericht. Projektförderung im Rahmen der ELER-Verordnung beim Landesverwaltungsamt Land Sachsen-Anhalt, Förderkennzeichen: 407.1.1-60128/323001100033. – Hochschule Anhalt, Bernburg: 147 pp. + Anhang.

ELLENBERG, H. & LEUSCHNER, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – UTB, Stuttgart: 1357 pp.

ERNST, W. (1974): Schwermetallvegetation der Erde. – Stuttgart: IX + 194 pp.

FRANK, D., HERDAM, H., JAGE, H., JOHN, H., KISON, H.-U., KORSCH, H., STOLLE, J., BRÄUTIGAM, J., THIEL, H., UHLEMANN, I., WEBER, H.E. & WELK, E. (2004): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) des Landes Sachsen-Anhalt. – Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 39: 91–110.

FUNKEL, C. (2011): Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz – Umsetzung durch Landesrecht und internationale Anerkennung. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 48 (Sonderheft): 24–29.

FUNKEL, C. & SZEKELY, S. (2011): Das Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz – Nutzung und Schutz einer Landschaft im Kontext von Natura 2000. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 48 (Sonderheft): 3–23.

GERTH, A., MERTEN, D. & BAUMBACH, H. (2011): Verbreitung, Vergesellschaftung und genetische Populationsdifferenzierung des Berg-Steinkrautes (*Alyssum montanum* L.) auf Schwermetallstandorten im östlichen Harzvorland. – Hercynia N. F. 44 (1): 73–92.

GUDAT, L. (2014): Entwicklung eines Monitoringkonzepts für die naturschutzfachliche Erfolgskontrolle des Offenlandmanagements im Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz. – Unveröff. Masterarbeit Hochschule Anhalt, Bernburg.

HEBESTEDT, E. (2007): Der Kupferschieferbergbau um Welfesholz. – Beiträge zur Regional- und Landeskultur Sachsen-Anhalts 44: 58–72.

HERDAM, H. (1998): Die Pflanzenwelt der Karstlandschaft Südharz - Farn- und Blütenpflanzen. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 35 (Sonderheft): 18–26.

HUNECK, S. (2006): Die Flechten der Kupferschieferhalden um Eisleben, Mansfeld und Sangerhausen. – Mittelungen zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt, Sonderheft 4: 62 pp.

JANDT, U. (1999): Kalkmagerrasen am Südharzrand und im Kyffhäuser. Gliederung im überregionalen Kontext, Verbreitung, Standortverhältnisse und Flora. – Dissertationes Botanicae 322: 246 pp.

KNOLLE, F., ERNST, W.H.O., DIERSCHKE, H., BECKER, T., KISON, H.-U., KRATZ, S. & SCHNUG, E. (2011): Schwermetallvegetation, Bergbau und Hüttenwesen im westlichen GeoPark Harz – eine ökotoxikologische Exkursion. – Braunschweiger Naturkundliche Schriften 10: 1–44.

KORNECK, D., SCHNITTLER, M. & VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 21–187.

LAGB (Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Ed.) (2014): Geologische Übersichtskarte (GÜK400d). – URL: http://www.geofachdatenserver.de/de/sachsen-anhalt-geologische-uebersichtskarte.html [accessed November 2014].

LAU (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Ed.) (2010): Kartieranleitung zur Kartierung der Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie, Teil Offenland. Stand 11.05.2010: 147 pp.

LLG (Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Ed.) (2002): Richtwerte für eine gute fachliche Praxis beim Düngen im Rahmen einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung. 4. Aufl. – Eigenverlag, Bernburg: 49 pp.

LUDWIG, G., DÜLL, R., PHILIPPI, G., AHRENS, M., CASPARI, S., KOPERSKI, M., LÜTT, S., SCHULZ, F. & SCHWAB, G. (1996): Rote Liste der Moose (Anthocerophyta et Bryophyta) Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 189–306.

LÜSA (Luftüberwachungs- und Informationssystem Sachsen-Anhalt): Messstation Goldene Aue, Bezugsperiode 2012-2013. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Ed.).

MAIER, R., PUNZ, W., SIEGHARDT, H., DOMSCHITZ, E., NAGL, A., WIENER, S., KULHANEK, A. & MÜHLEBNER, W. (1981): Zur Ökologie einiger Pflanzen auf den schwermetallhaltigen Halden in Bleiberg/Kärnten. – Carinthia 171: 201–222.

MEINUNGER, L. & SCHÜTZE, P. (2004): Rote Liste Moose des Landes Sachsen-Anhalt. – Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 39: 58–67.

NOACK, H. (2013): Unterwegs im Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz. – Edition Limosa, Clenze: 127 pp.

PIK (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung) (2009): Klimadiagramme nach Walther für das Schutzgebiet Kupferschieferhalden bei Hettstedt (FFH 4335-301). – URL: http://www.pik-potsdam.de/~wrobel/sg-klima-3/landk/popups/l3/sgd_t3_2070.html [accessed November 2014].

REICHHOFF, L., KUGLER, H., REFIOR, K. & WARTHEMANN, G. (2001): Die Landschaftsgliederung Sachsen-Anhalts. Ein Beitrag zur Fortschreibung des Landschaftsprogrammes des Landes Sachsen-Anhalt. – Magdeburg/Halle: 331 pp.

SCHOLZ, P. (2004): Rote Liste Flechten (Lichenes) des Landes Sachsen-Anhalt. – Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 39: 43–53.

SCHUBERT, R. (1953/54): Die Schwermetallpflanzengesellschaften des östlichen Harzvorlandes. – Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 3: 51–70.

SCHUBERT, R. (2001): Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts. – Mitteilungen zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt, Sonderheft 2: 688 pp.

STOLBERG, F. (1968): Befestigungsanlagen im und am Harz von der Frühgeschichte bis zur Neuzeit. – Lax, Hildesheim: 484 pp.

VÖLKER, R. (1998): Die Karstlandschaft des Südharzes im Landkreis Sangerhausen. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 35 (Sonderheft): 11–17.

WIRTH, V., SCHÖLLER, H., SCHOLZ, P., ERNST, G., FEUERER, T., GNÜCHTEL, A., HAUCK, M., JACOBSEN, P., JOHN, V. & LITTERSKI, B. (1996): Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 307–368.