

Die Vegetation der Abraumhalden des Steinkohlentiefbaues nördlich von Wettin (Saalkreis, Sachsen-Anhalt)

Anselm KRUMBIEGEL und Berit OTTO

4 Abbildungen und 3 Tabellen

ABSTRACT

KRUMBIEGEL, A.; OTTO, B.: The vegetation of coal mine spoils north of Wettin (Saalkreis, Sachsen-Anhalt). - *Hercynia N. F.* 32 (1999): 251–274.

65 of about 80 coal mine spoils north of Wettin were investigated and classified according to their vegetation in 1998. It was decided between woody vegetation and vegetation of open sites.

The woody vegetation was classified as following: stands of *Cerasus avium/C. mahaleb*, Roso-Ulmetum, *Fraxinus excelsior*- and *Quercus robur* stands, Pruno-Sambucetum nigrae and *Robinia pseudoacacia* stands. In several cases a certain classification into described syntaxa is not possible because of the dominance of one and/or the lack of characteristic species of certain communities. Because of a rather homogeneous age structure of the *Robinia* trees and their occurrence without or with even a few other woody tree species it can be concluded, that these stands were planted.

The vegetation of open sites can be classified into the following stand types: vegetation poor sites (steep slopes), cryptogame rich dry grassland communities, dominant stands of *Festuca rupicola*, *Arrhenatherum elatius*, *Elytrigia repens*, *Avenella flexuosa* and *Melica transsylvanica*.

153 species of vascular plants, 40 of them woody ones, as well as 16 moss, 1 liverwort and 16 lichen species were found on the coal mine spoiles investigated.

According to their ecologically preferred stands the following groups of vascular plants can be distinguished: woody species, weeds, ruderal, dry and semi dry grassland, and forest species.

The number of vascular species and the size of the coal mine spoils are positively correlated. *Robinia* stands contain less species despite their larger mean size. A correlation between species number and area does not exist in these cases.

Different old stages of vegetation succession are not obvious in principle on the spoil mines, excepting the *Robinia* stands. Moreover, there are no differences between the woody vegetation of the spoil mines and that of adjacent stands, which do not grow on spoil mines. Thus it is assumed, that the present vegetation represents the final succession stage under present human influence. It is difficult to calculate, how long this process took, because of only vague information about the end of the use of the tunnels and spoil mounds. However, 240 years is the maximum period.

The coal spoil mines are partly interesting concerning their floristic and vegetation inventory of cryptogams. Moreover they contribute to an enrichment of the countryside north of Wettin ecologically as well as seen from the aspect of landscape diversity and industry history.

Keywords: coal mine spoils, primary succession, woody vegetation, dry and semi dry grassland vegetation.

1 EINLEITUNG

Die Tatsache, daß im Raum Halle neben den großen Braunkohlenlagerstätten auch Steinkohle abgebaut wurde, ist kaum bekannt. Die Ursachen dafür sind sowohl die geringe Fördermenge, gemessen an der im

Halle-Bitterfeld-Leipziger Revier geförderten Braunkohle, als auch die ebenfalls geringe Lagerstättenkapazität im Vergleich zu den „klassischen“ Steinkohlenrevieren wie im Ruhr- und Saargebiet oder auch im Zwickauer Raum. Außerdem liegt der Steinkohlenabbau im Wettiner Revier bereits über einhundert Jahre zurück. Lediglich im benachbarten Löbejün-Plötzer Revier wurde bis 1960 Kohle gefördert.

Die Spuren der Kohleförderung im Wettiner Gebiet sind heute hauptsächlich in Form zahlreicher Abraumhalden und ehemaliger Stollen-Lichtlöcher erhalten. Im Unterschied zu vielen anderen Halden des mitteldeutschen Raumes (Kali- und Kupferschieferabraumhalden, Schlackehalden der Buntmetallverhüttung) sind fast alle Steinkohlenabraumhalden im Wettiner Gebiet vollständig mit Gehölzen bewachsen. Die Ursachen dafür sind vor allem ihre im Vergleich zu den o.g. anderen Halden nicht besiedlungsfeindlichen Substrate sowie ihre geringere Höhe und Hangneigung.

Während sich Untersuchungen über Möglichkeiten der Begrünung und die Rekultivierung von Abraum- und Bergehalden des Tiefbaues in Gebieten mit industrieller Förderung in den letzten Jahrzehnten teilweise zu einem eigenen Forschungs- und Wirtschaftszweig entwickelt haben (vgl. ELIAS 1982, HUTNIK 1982, PATRZALEK 1982, JOCHIMSEN 1986, 1996a, b, PÖSER et JOCHIMSEN 1989, ASH et al. 1994), spielten solche Fragen in der Vergangenheit, noch dazu in wenig ertragreichen Revieren und auf kleinen Halden kaum eine Rolle.

Bei der spontanen Vegetationsentwicklung von Tiefbauhalden handelt es sich um eines der vergleichsweise wenigen Beispiele von Primärsukzessionen, da hier eine Besiedlung von ursprünglich sterilem Substrat stattfindet. Kenntnisse über diese Besiedlungsprozesse spielen bei Fragen des Umweltschutzes zunehmend eine Rolle (vgl. JOCHIMSEN 1982, 1984, PETIT 1982, KRZAKLEWSKI 1982, FALKENBERG et SÄNGER 1994/95, HODGE et HARMER 1996), um daraus ableitend im Zusammenhang mit Rekultivierungszielen ggf. lenkend in die Sukzession einzugreifen (u.a. ASH et al. 1994) und diese möglicherweise zu beschleunigen. Abgesehen davon können Halden unerwartete und interessante Standorte für seltene Arten darstellen, die an die spezifischen Standortbedingungen gut angepasst sind (vgl. SCHMITZ 1997) bzw. diese als Ersatzbiotope nutzen können. Auch die gleichzeitige Nutzung solcher Gebiete für Freizeit- und Erholungszwecke unter Beachtung der Naturschutzziele ist bei großflächigen Standorten verschiedentlich von Interesse (vgl. SCHULZ 1998).

Mit der vorliegenden Untersuchung soll das Ergebnis einer teilweise seit mehr als zweihundert Jahren spontan verlaufenden Sukzession auf Abraumhalden des Steinkohlentiefbaues bei Wettin dokumentiert werden. Darüber hinaus bieten Robinienpflanzungen auf verschiedenen Halden Vergleichsmöglichkeiten mit Standorten, auf denen nicht direkt in die Vegetationsentwicklung eingegriffen wurde. Interessante Vergleiche lassen sich anhand von Flächengröße und Artenzahlen außerdem mit den standörtlich teilweise ähnlichen Porphyrkuppen in der näheren Umgebung ziehen.

2 UNTERSUCHUNGSGEBIET

Das Untersuchungsgebiet liegt ca. 15 km nordwestlich von Halle zwischen Wettin und Döbel (Abb. 1). Naturräumlich gehört das Gebiet zum Östlichen Harzvorland und ist durch gemäßigt kontinentales Klima mit einem mittleren Jahresniederschlag von ca. 470 mm und einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von ca. 9,0°C charakterisiert (Klimastation Halle, vgl. TREFFLICH 1997). Das Gelände steigt von Süden nach Norden und Osten von ca. 100 m ü.NN am Fuß des Schweizerlings, einem markanten Porphyrkegel (143 m ü. NN) in Wettin auf 150 m ü. NN bei Döbel an und ist insgesamt leicht wellig. Die ca. 80 Steinkohlen-Abraumhalden prägen zusätzlich zum natürlichen Relief die Landschaft. Sie treten als meist vollständig gehölzbestandene Kuppen innerhalb der Äcker deutlich hervor (Abb. 2). Ihre Grundfläche ist sehr unterschiedlich und schwankt bei den 65 untersuchten Halden zwischen ca. 200 m² und 5.200 m². Die überwiegende Zahl der Halden hat eine Grundfläche zwischen ca. 500 - 3.000 m². Die Höhe der Halden ist sehr unterschiedlich und beträgt teilweise nur einige Dezimeter über Geländeniveau bis maximal etwa 10 m. Insgesamt wirken die Halden in der Landschaft teilweise wesentlich höher, was auf den Baumbewuchs zurückzuführen ist. Die unterschiedliche Höhe der ein-

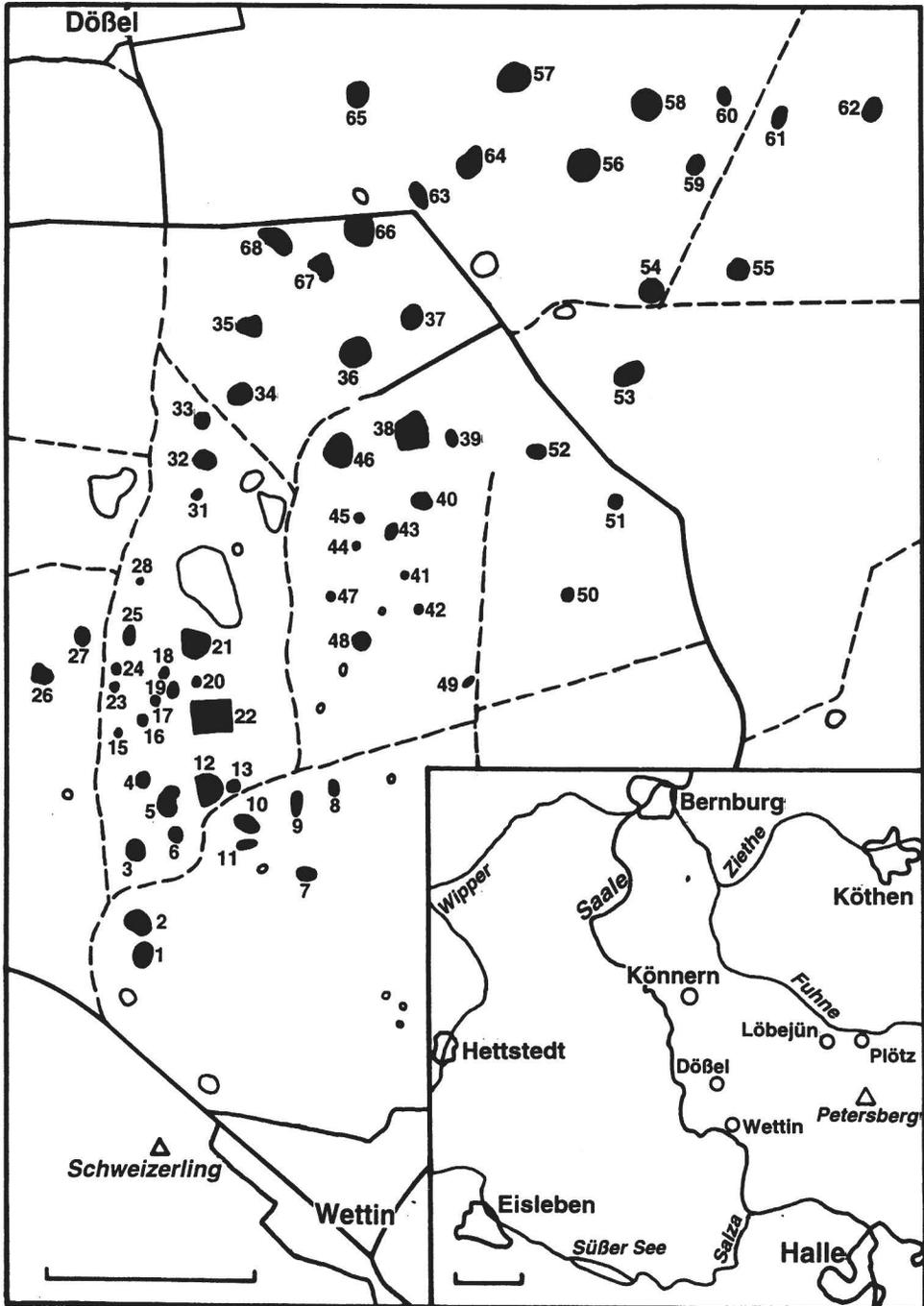


Abb. 1: Übersicht über die Lage des Untersuchungsgebietes. Die untersuchten Halden des Gebietes sind mit ihrer laufenden Nummer bezeichnet (Nr. 14, 29, 30 entfallen). Zur Orientierung im Gelände wurden auch die nicht untersuchten Halden (offene Flächen ohne Bezeichnung) berücksichtigt. (Maßstab links 0,5 km, rechts 5 km).



Abb. 2: Schlehen bilden oft einen geschlossenen Strauchmantel, was besonders gut während der Blüte im April zu erkennen ist. Im Unterschied zu den Beständen aus einheimischen Gehölzen belauben sich die Robinienbestände (im Hintergrund links) erst sehr spät.

zelen Halden steht z.T. in Zusammenhang mit deren Grundfläche, d.h. je höher sie sind, desto größer ist im Durchschnitt ihre Fläche.

Das Untersuchungsgebiet gehört geologisch zur Halle-Wittenberger Scholle. Nach Westen wird es durch die Hallesche Störung gegen die Mansfelder Mulde und den Rothenburg-Hettstedter Sattel abgegrenzt. Im Süden schließt sich der Hallesche Eruptivkomplex an und nach Osten die eigentliche Hallesche Mulde (KATZUNG et EHMKE 1993, GLA 1993). Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der hier im Devon und Unterkarbon gelegenen Variszischen Geosynklinale, die im Karbon zum Variszischen Gebirge aufgefaltet wurde. Bei dem Abtragungsschutt (Molassen), der im Oberkarbon unter tropischen und im Rotliegenden unter wechselnden bis ariden Klimabedingungen entstand und sich in schnell einsinkenden intramontanen Becken und Trögen u.a. im Wettin-Löbejün-Plötzer Becken sammelte, handelt es sich um klastische Sedimente (Quarzite, Kieselschiefer, Sandsteine, metamorphe Gesteine und Milchquarze) (KRUMBIEGEL et SCHWAB 1974).

Bei den Halden handelt es sich um Material der Förder-, Erkundungs- und Hilfsschächte sowie um Lichtlöcher. In den meisten Schächten wurde nicht ununterbrochen gefördert, sondern sie wurden häufig mehrere Male stillgelegt und erneut aufgewältigt. 1695 wurde der erste im Untersuchungsgebiet befindliche Schacht in Betrieb genommen (Kuppe 32; Lerchenflug). Die Hauptförderzeit im Gebiet umfaßte das gesamte 18. Jahrhundert. Während dieser Zeit wurden auch die meisten Schächte abgeteuft. Als Ende der Förderung ist für zahlreiche Schächte das Jahr 1767 angegeben, was allerdings insofern nicht völlig gesichert ist, da in diesem Jahr eine Förderstatistik endet und daraus nicht hervorgeht, ob bereits zu diesem Zeitpunkt die Schächte tatsächlich stillgelegt wurden. Nur wenige Schächte wurden bis zur endgültigen Einstellung des Förderbetriebes im Jahr 1883 betrieben.

3 METHODEN

Insgesamt wurden 65 Abraumhalden des Steinkohlentiefbaues vegetationskundlich und floristisch erfaßt. Die Auswahl erfolgte vor allem danach, sowohl unterschiedlich große Halden als auch verschiedene Vegetationstypen zu berücksichtigen. Ein anderes entscheidendes Kriterium war das weitgehende Fehlen von anthropogenen Störungen der Standorte in Form von größeren Müllablagerungen (einschließlich Gartenabfälle), Zerschneidung durch Wege oder die unmittelbare Lage an Wegen. Fast alle Halden liegen vollständig inmitten von Ackerflächen.

Die Flächengröße der Halden wurde anhand von CIR-Luftbildern sowie durch Abschreiten im Gelände ermittelt.

Der pH-Wert (in KCl) des Substrates wurde entsprechend der Zonierung der Halden (Abb. 3) stichprobenhaft ermittelt. Hierfür wurden Proben der oberen Boden- bzw. Substratschicht (0-10 cm) entnommen.

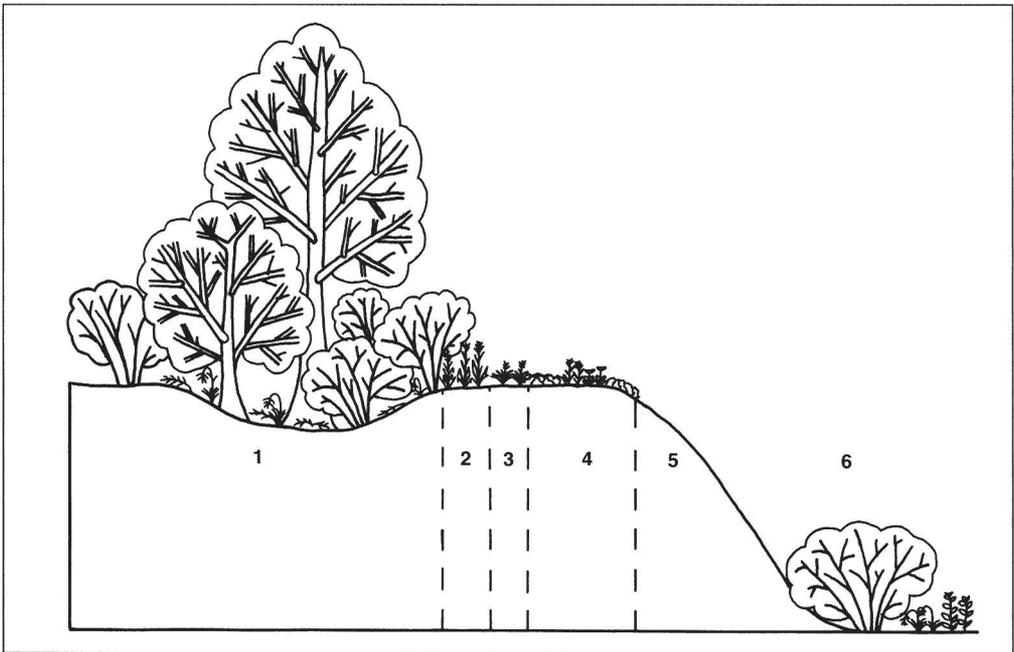


Abb. 3: Idealisierter Querschnitt durch eine Halde. Dargestellt ist die Vegetation der unterschiedlichen Standorte: 1. oberer Bereich mit zentraler Vertiefung (Bereich des ehemaligen Stollenloches), teilweise bis 10 cm mächtiger, humoser Bodenschicht und Gehölzvegetation aus Bäumen und Sträuchern mit krautigem Unterwuchs (es dominieren im Frühjahr u.a. *Veronica hederifolia* und im Frühsommer *Bromus sterilis*); 2. *Arrhenatherum elatius*-(Dominanz-)Bestand; 3. *Festuca rupicola*-(Dominanz-) Bestand; 4. Mischbestand aus Moosen, Flechten, *Agrostis capillaris* und *Hieracium pilosella* in wechselnder Dominanz auf sehr dünner Bodendecke; 5. weitgehend vegetationsfreier Hang mit Lockersubstrat; 6. Hangfuß an der Grenze zum Acker mit vorwiegend nitrophiler Strauch- und krautiger Vegetation (z.B. *Sambucus nigra*, *Bromus sterilis*, *Urtica dioica*).

Trotz der sehr unterschiedlichen Größe (215-5.200 m²) wurde für die Gehölzvegetation jeder Halde nur eine Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET (1964) angefertigt, da eine Trennung in unterschiedliche Gebüsch-Gesellschaften aufgrund der engen Verzahnung der Bestände bzw. des Auftretens von

lediglich einem oder wenigen Individuen einer Art (vor allem Bäume) nicht möglich ist. Die Vegetationsaufnahmen der Gehölzbestände umfassen die vom Kronentrauf der Bäume und Sträucher bedeckten Flächen. Auf mehreren Halden befinden sich unterschiedlich große Bereiche, die gehölzfrei und nur mit krautiger Vegetation bedeckt oder (fast) vegetationsfrei sind, vornehmlich an steileren Hängen sowie auf Plateaus. Die Vegetation solcher Standorte, die mehr oder weniger dem Charakter von Trocken- bzw. Halbtrockenrasen entspricht, wurde gesondert erfaßt.

Bei den Moosen und Flechten wurden im wesentlichen nur die Arten der gehölzfreien Standorte aufgenommen. Ein vollständiges Artenspektrum für alle Halden liegt daher für diese Artengruppen nicht vor. Lediglich auf den Flächen mit Halbtrocken- und Trockenrasenvegetation erschienen Studien zur Vergesellschaftung der Moose und Flechten sinnvoll. Die untersuchten Bereiche liegen alle innerhalb der Aufnahmeflächen der Gefäßpflanzenvegetation. Ihre Größe wurde in Abhängigkeit von Homogenität des Standortes und Artenzusammensetzung zwischen 400 cm² (20 x 20 cm) und 2.500 cm² (50 x 50 cm) gewählt.

Die Gehölzvegetation einschließlich des Unterwuchses wurde zwischen Anfang und Mitte April 1998 kartiert. Im Frühjahrsaspekt (vor dem Kronenschluß der Gehölze) ist einerseits die Krautschicht insgesamt am besten entwickelt, andererseits sind bereits Elemente des Sommeraspektes zu erkennen, so daß das Artenspektrum zu diesem Zeitpunkt vergleichsweise vollständig erfaßt werden kann. Die Dominanzverhältnisse der Gehölze lassen sich auch vor der Belaubung gut schätzen. Die Trocken- und Halbtrockenrasen auf gehölzfreien Standorten sind im Sommeraspekt am besten ausgeprägt und wurden im Juni/Juli 1998 aufgenommen.

Für die Ermittlung des Gesamtartenbestandes wurden neben den Vegetationsaufnahmen der Gehölz- und Offenstandorte auch Einzelbeobachtungen bei den mehrmaligen Begehungen während der gesamten Vegetationsperiode berücksichtigt.

Die soziologische Einordnung der Gefäßpflanzen stützt sich auf RAUSCHERT et al. (1990) und SCHUBERT et al. (1995), die der Moose auf DREHWALD et PREISING (1991). Bei den Flechten diente DREHWALD (1993) als Grundlage.

In der Vegetationstabelle der Gehölzgesellschaften wurden die krautigen Arten zu ökologischen Gruppen (z.B. Ackerunkräuter, Ruderalarten) zusammengefaßt (vgl. KOSMALE 1989). Entsprechend wurde auch bei der Vegetation der gehölzfreien Standorte (Tab. 2) verfahren, da eine Gruppierung nach Charakter- und Differentialarten im Sinne der klassischen Pflanzensoziologie hierbei nicht sinnvoll ist. Bei den Moosen und Flechten wurden in den Vegetationsaufnahmen lediglich terrestrische Arten berücksichtigt. Die vereinzelt nachgewiesenen saxicolen Arten werden nur im Text erwähnt.

Die Nomenklatur der Höheren Pflanzen entspricht ROTHMALER et al. (1996), bei den Flechten wurde WIRTH (1995) und bei den Moosen FRAHM et FREY (1992) zugrundegelegt.

4 ERGEBNISSE

4.1 Vegetation

Hinsichtlich der Gehölzvegetation kann zwischen strukturarmen Robinien- und strukturreicheren, aus weitgehend einheimischen Gehölzarten bestehenden Beständen unterschieden werden, wobei letztere eine recht deutliche Zonierung erkennen lassen, die im Zusammenhang mit Boden- und damit Nährstoff- und Wasserverhältnissen steht. Das Substrat der unterschiedlichen Standorte ist fast durchweg sauer bis schwach sauer. Dies betrifft vor allem die skelettreichen Lockersubstrathänge, die Plateaus sowie den teilweise mullartigen Auflagehorizont im Unterwuchs der Gehölze (pH-Wert 3,4-5,2). Am Haldenfuß, in direkter Nachbarschaft zu Ackerflächen liegt der pH-Wert (7,0) hingegen im neutralen Bereich, was im Zusammenhang mit dem Eintrag von Ackerboden steht.

Prinzipiell ist die Vegetation und ihre Verteilung auf den Halden trotz deren unterschiedlicher Größe und Form sehr ähnlich (Abb. 3). Die Lage inmitten von Äckern hat zu einer Nährstoffakkumulation im

Randbereich der Halden geführt, die eine entsprechende krautige Vegetation im Unterwuchs der Gehölze bedingt und sich auch in der Zusammensetzung der Gehölze widerspiegelt. Der Haldenfuß wird vielfach von einem mehr oder weniger geschlossenen Strauchmantel gebildet. Auf dem Abraummateriale hat sich eine weitgehend geschlossene Bodenschicht entwickelt, die bei lichtem Gehölzbewuchs mehr oder weniger vollständig von krautiger Vegetation bedeckt ist. Auf den bezogen auf das Geländeniveau höhergelegenen und gehölzfreien Teilen der Halde sind häufig gegenüber Nährstoffakkumulation weniger tolerante Trocken- und Halbtrockenrasen ausgebildet, wobei auf letzteren vor allem Frühjahrsephemere mit Moosen und Flechten vergesellschaftet vorkommen. Die geschilderte allgemeine Vegetationsstruktur trifft prinzipiell auch auf die Robinien-Gehölze zu, wobei dort die Strauchmäntel am Haldenfuß sowie die Strauchvegetation im Unterwuchs der Bäume insgesamt deutlich schütterer als in den aus einheimischen Gehölzarten bestehenden Beständen sind.

4.1.1 Gehölzvegetation

Als vorherrschende Gehölzbestände des Gebietes kommen Gesellschaften aus den Klassen der Nitrophilen sommergrünen Laubgebüsche (Urtico-Sambucetea) und der Kreuzdorn-Schlehen-Gebüsche (Rhamno-Prunetea spinosae) vor. Hauptarten der von Sträuchern dominierten Gehölze sind *Sambucus nigra*, *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina* und *R. elliptica*. Die häufigsten Baum-Arten sind *Cerasus avium*, *C. mahaleb* und *Quercus robur*. Obwohl *Cerasus mahaleb* in Mitteldeutschland nicht einheimisch ist, werden ihre Bestände hier zusammen mit solchen aus einheimischen Arten genannt, da die Art im Unterschied zur Robinie auf spontane Ansiedlung zurückgeht und die Bestände sehr unterschiedliche Altersklassen aufweisen. Eine Trennung in Baum- und Strauchschicht ist aufgrund der Übergänge zwischen Strauch- und Baumwuchs bei zahlreichen Arten kaum möglich. Da die genannten Arten, vor allem die Sträucher, in fast allen Gebüschen vorkommen, wurde bei der soziologischen Zuordnung maßgeblich auf die Dominanzverhältnisse geachtet.

Steinweichel-Vogelkirschen-Gehölze (Tab. 1, lfd. Nr. 1-16)

Auf verschiedenen Halden erreicht die Steinweichel (*Cerasus mahaleb*) Deckungswerte von 4 und mehr, so daß in diesen Fällen eine Zuordnung zum Cerasietum mahaleb NEVOLE 1931 ex TH. MÜLLER 1986 corr. gerechtfertigt erscheint. Höchstet tritt *Cerasus avium* (sowohl die Wildform [ssp. *avium*] als auch die Kulturform [ssp. *juliana*]) auf und erreicht ebenfalls Deckungswerte bis 4. Obwohl das Spektrum der übrigen Gehölzarten weitgehend dem der anderen Bestände aus einheimischen Arten gleicht, bestehen Unterschiede hinsichtlich der durchschnittlich geringeren Deckungswerte von *Sambucus nigra* und *Prunus spinosa*. Auch in der Krautschicht lassen sich im Vergleich mit den übrigen Beständen keine Unterschiede erkennen. Aufgrund des Fehlens von Charakter- und Differentialarten erscheint die Einordnung der Bestände als Gesellschaft ohne Rang am zweckmäßigsten.

Feldulmen-Gehölze (Tab. 1, lfd. Nr. 17, 18)

Auf einer Halde (8) tritt *Ulmus campestris* mit Deckungswert 3 auf, außerdem ist *Berberis vulgaris* vertreten. Beide Arten kommen zusammen auch auf Halde Nr. 3 vor. Die Zuordnung zum Roso-Ulmetum campestris SCHUBERT et MAHN 1959 ist möglich. Der krautige Unterwuchs unterscheidet sich nicht von dem der übrigen Gebüsche.

Eschen-Gehölz (Tab. 1, lfd. Nr. 19)

Auf einer Halde dominiert *Fraxinus excelsior* in der Baumschicht. Die relativ homogene Bestandsstruktur läßt auf Anpflanzung der Eschen schließen. Die Strauchschicht ist relativ lückig und besteht aus den durchgängig verbreiteten Vertretern. An einer Stelle dominiert in der Krautschicht *Melica transsylvanica*. Darüber hinaus sind die nährstoffzeigenden Arten ebenfalls mit teilweise hohen Deckungswerten im Frühjahr vertreten.

Stieleichen-Gehölze (Tab. 1, lfd. Nr. 20-23)

Quercus robur dominiert auf einigen Halden in der Baumschicht mit Deckungswert 3, während *Cerasus mahaleb* und *C. avium* teils völlig fehlen oder deutlich geringer als in den vorangehend beschriebenen

Beständen auftreten. Im Unterwuchs einer Halde (1) kommen verschiedene Waldarten vor. Dies läßt sich möglicherweise auf die Nähe zum Wald am Schweizerling zurückführen.

Schlehen-Holunder-Gehölze (Tab. 1, lfd. Nr. 23-53)

Der größte Teil der Halden-Gehölze läßt sich dem Pruno-Sambucetum nigrae SCHUB. et KÖHL. 1964 nom. inv. zuordnen. Charakteristisch ist das Vorkommen der namegebenden Arten sowie der auch in anderen Beständen steten Vertreter. Im Unterwuchs dominieren auch hier Nährstoffzeiger wie *Urtica dioica*, *Galium aparine*, *Alliaria petiolata* und *Bromus sterilis*. Arten der Rhamno-Prunetea wie *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea* oder *Berberis vulgaris* treten nur vereinzelt auf. Ob die Bestände durch Eutrophierung der Standorte aus dem Ligustro-Prunetum hervorgegangen sind (vgl. SCHUBERT et al. 1995) oder sich direkt von Beginn der Sukzession an entwickelt haben, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Das spärliche Vorkommen von Arten der Rhamno-Prunetea spricht jedoch für letztere Annahme.

Robinien-Gehölze (Tab. 1, lfd. Nr. 54-65)

Die Robinien-Gehölze fallen von weitem bereits aufgrund ihres vergleichsweise homogenen Baumbestandes auf, der in den meisten Fällen ausschließlich aus *Robinia pseudoacacia* besteht. Auf einigen Halden sind *Quercus robur*, *Cerasus avium* oder *C. mahaleb* beigemischt. Die durchschnittliche Größe der Robinien-Bestände beträgt ca. 2.500 m² und liegt damit deutlich über dem Durchschnittswert aller Halden (ca. 1.600 m²). Die Flächengröße bedingt gleichzeitig eine relativ große Höhe der Halden, die ihrerseits Grund für die Trockenheit der Standorte ist. Abgesehen von *Robinia pseudoacacia* ist besonders *Cerasus mahaleb* gut an diese Standortbedingung angepaßt. Der Haldenfuß ist meist nur von einem lückigen Strauchmantel umgeben, der vor allem aus *Prunus spinosa*, *Sambucus nigra* und *Crataegus monogyna* besteht. Diese Arten bilden auch den Hauptanteil der insgesamt sehr lockeren Strauchschicht im Inneren der Robinienbestände. Die Krautschicht wird im Frühjahr von sehr wenigen Arten dominiert, ist aber zu diesem Zeitpunkt am dichtesten ausgebildet. Als blühende Art ist *Veronica hederifolia* bestandsbildend und wird im Laufe des Frühjahrs vor allem von *Bromus sterilis*, *Alliaria petiolata* und *Galium aparine* in ihrer Dominanz abgelöst. Weitere Nährstoffzeiger wie *Urtica dioica* und *Ballota nigra* treten zwar mit deutlich geringerer Deckung, jedoch relativ stet auf. An ausdauernden Gräsern kommen vor allem *Arrhenatherum elatius*, *Poa nemoralis* und *Elytrigia repens* vor. Eine genaue pflanzensoziologische Zuordnung der Robiniengehölze wird aufgrund des allgemein umstrittenen Status solcher Bestände nicht vorgenommen. Aufgrund der optisch erkennbaren gleichmäßigen Altersstruktur ist davon auszugehen, daß die Robinien gepflanzt wurden, zumal sie sich auffällig auf einzelne Halden beschränken und auf anderen Halden auch nicht wenigstens vereinzelt vorkommen. Eine Ausnahme hiervon bildet lediglich eine Halde (2), auf der ein kleinflächiger Robinienbestand stockt. Die Gehölzvegetation des übrigen Teils der Halde ist jedoch ähnlich strukturiert wie die der nicht von Robinien bewachsenen Standorte.

4.1.2 Vegetation der Trocken- und Halbtrockenrasen

Vor allem im Norden des Untersuchungsgebietes befinden sich mehrere größere Halden, auf denen die Gehölzvegetation nicht flächendeckend ausgebildet ist. Hier kommen teilweise größere Halbtrocken- und Trockenrasenflächen vor. Vorwiegend handelt es sich um verhältnismäßig hohe Halden mit steilen Böschungen. Als Betriebsende dieser Halden wird zum großen Teil die Mitte des 18. Jahrhunderts angegeben.

Der pH-Wert an diesen Standorten schwankt zwischen 3,5 und 6,5. Sowohl bei den Gefäßpflanzen als auch bei den Moosen und Flechten handelt es sich bei vielen Arten um Säure- bis Schwachsäurezeiger.

Am Fuß gehölzfreier Böschungen sind meist Glatthafer- und/oder Brennesselsäume ausgebildet, in denen je nach angrenzender Vegetation auch Segetal- und weitere Ruderalarten vorkommen. Auf den Halden selbst lassen sich im wesentlichen vier unterschiedliche Nicht-Gehölzgesellschaften unterscheiden, die in Transekten in bestimmter Regelmäßigkeit angeordnet sind und die edaphischen Gegebenheiten widerspiegeln (Abb. 2): 1. Steile Böschungen mit Lockersubstrat sind entweder völlig vegetationsfrei

oder tragen einen nur äußerst spärlichen Bewuchs. 2. Auf den Oberkanten solcher Hänge kommen vielfach Bestände aus *Agrostis capillaris*, *Hieracium pilosella*, Frühjahrsephemeren sowie Flechten und Moose mit unterschiedlichen Dominanzverhältnissen vor. Meist gehen diese Bestände in 3. *Festuca rupicola*- und/oder 4. *Arrhenatherum elatius*-Bestände zu den Gebüschsäumen hin über.

Vegetationsarme steile Böschungen (Tab. 2, lfd. Nr. 1-7)

Als eine Ursache für das Vorhandensein teilweise völlig unbewachsener Böschungen kann das stellenweise wiederholte Graben nach Fossilien angesehen werden, wodurch der Wind- und Wassererosion an den Hängen zusätzlich Vorschub geleistet wird. Die häufigste Art auf solchen Flächen ist *Rumex acetosella*, der nach erfolgreicher Etablierung aus Samen aufgrund der Fähigkeit, Wurzelsprosse zu bilden, gegenüber sich ausschließlich generativ vermehrenden Arten im Vorteil ist. An den Standorten kann sich aufgrund des beweglichen Substrates und der fehlenden Bodenaufgabe außerdem kaum eine Diasporenbank entwickeln. Besonders vegetationsfeindlich wirkt das dunkle, sich stark aufheizende und rasch austrocknende Substrat. Gelegentlich wachsen auf kleineren Erdansammlungen akrokarpse Moose, wie *Bryum argenteum* und *Ceratodon purpureus*. Terrestrische Flechten wurden auf keiner der stark geneigten Böschungen nachgewiesen. An diesen Standorten können lediglich auf größeren Gesteinsbrocken Krustenflechten siedeln, wie *Lecanora muralis* oder die unscheinbaren *Lecidea fuscoatra* und *Lecanora polytropa*.

Kryptogamenreiche Trockenrasen-Gesellschaften (Tab. 2, lfd. Nr. 8-22)

An die vegetationsarmen bzw. -freien Flächen schließen sich ab der Hangkante dicht mit Flechten und Moosen bewachsene Flächen an, auf denen als Höhere Pflanzen mit unterschiedlicher Deckung *Agrostis capillaris*, *Hieracium pilosella* und Frühjahrsephemere (vor allem *Erophila verna* und *Spergula morisonii*) dominieren. Die Deckung der Höheren Pflanzen beträgt durchschnittlich nur 25-40%. Die pflanzensoziologische Einordnung dieser Standorte ist problematisch. Es sind sowohl Elemente der Koelerio-Corynephoretea KLIKA ap. KLIKA et NOWAK 1941 (vor allem die zahlreichen Moos- und Flechtenarten) als auch der Sedo-Scleranthetea BR.-BL. 1955 vorhanden, während typische Charakterarten höherer Rangstufen fehlen und bei den Gefäßpflanzen unspezifische Vertreter wie *Hieracium pilosella* und *Agrostis capillaris* dominieren. Die Deckung der Flechten- und Moosschicht beträgt stellenweise bis 80%. Charakteristische Moose sind die akrokarpse Arten *Polytrichum piliferum* (Klassencharakterart der Ceratodonto-Polytrichetea piliferi MOHAN 1978 emend. DREHWALD 1993) und *Ceratodon purpureus*. Bei den Flechten dominieren auf den ebenen bis schwach geneigten Flächen *Cladonia furcata* ssp. *furcata* und *C. foliacea*. An einigen sehr trockenen, flachgründigen und kaum von Gefäßpflanzen bedeckten Standorten wird diese auf den Halden oft anzutreffende Vergesellschaftung durch verschiedene weitere *Cladonia*-Arten ergänzt. Daher ist in Abhängigkeit von Diasporendiversität und Standortbedingungen kleinflächig ein z.T. stark differenziertes Besiedlungsmuster ausgebildet. In lückigen Bereichen der Gefäßpflanzenvegetation kommt gelegentlich das zum Cladonion sylvaticae KLEMENT 1950 gehörende Cladonietum alcornis KLEMENT 1953 vor (Tab. 3, lfd. Nr. 1-5).

***Festuca rupicola*- (Tab. 2, lfd. Nr. 23-35) und *Arrhenatherum elatius*-Dominanzbestände** (Tab. 2, lfd. Nr. 36-50) **der Plateaus**

Auf etwas tiefergründigen Standorten geht die flechten- und moosreiche Vegetation in Gras-Dominanzbestände über und zwar von *Festuca rupicola*- zu *Arrhenatherum elatius*-Beständen. Die Deckung der Gefäßpflanzen ist hier deutlich höher als in der vorangehenden Gesellschaft, der Anteil der Flechten und Moose nimmt hingegen vor allem in den von *Arrhenatherum elatius* bestimmten Flächen ab. In den *Festuca rupicola*-Beständen ähneln die Moos- und Flechtengemeinschaften denen der kryptogamenreichen Trockenrasenbestände. Vor allem in den Übergängen dieser von Gräsern beherrschten Standorte tritt verstärkt *Brachythecium albicans*, z.T. mit *Tortula ruralis* vergesellschaftet, auf. Hier zeigen sich Übergänge zu dem ebenfalls zum Ceratodonto-Polytrichetea piliferi gehörenden Brachythecietum albicans GAMS ex NEUMAYR 1971 (z.T. in der Subassoziation Tortuletozum ruralis) (Tab. 3, lfd. Nr. 6-10) (vgl. DREHWALD et PREISING 1991). Dominierende Grasart ist *Festuca rupicola*, die jedoch häufig mit *Arrhenatherum elatius* Mischbestände bildet. Stellenweise kommen mit höherer Deckung auch *Eryngium campestre*, *Hieracium pilosella*, *Agrostis capillaris* und/oder *Rumex acetosella* vor.

Tab. 2: Vegetation der gehölzfreien Standorte der Steinkohlenabraumhalden; Abkürzungen der ökologischen Ar-
tengruppen: a - Ackerunkraut, eph - Frühjahrsephemere, g - Gehölz, r - Ruderalart, s - Art der Saumstand-
orte, t - Art der Trocken- und Halbtrockenrasen, w - Wiesenart, wa - Waldart. Ein „t“ hinter den Artmäch-
tigkeitswerten bedeutet, daß die Art zum Aufnahmezeitpunkt bereits abgestorben war

zu Tab. 2: Arten mit geringer Stetigkeit

zusätzlich in Aufnahme (lfd. Nr.):

- 6: *Spergularia rubra* r
- 9: *Arabidopsis thaliana* rt
- 10: *Cladonia* spec. r
- 11: *Linaria vulgaris* +, *Lecanora dispersa* r, *Lecidea fuscoatra* r
- 12: *Campanula rotundifolia* r, *Lecanora muralis* r
- 13: *Robinia pseudoacacia* 1, *Anthoxanthum odoratum* 1, *Pimpinella saxifraga* 1, *Hypochoeris radicata* r,
- 14: *Avenula pratensis* r
- 16: *Rosa elliptica* +, *Salvia pratensis* +
- 17: *Festuca pallens* r
- 18: *Amandinea punctata* 1
- 19: *Inula conyza* 1, *Senecio viscosus* r
- 20: *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana* r, *Cephaloziella divaricata* r, *Cladonia* spec. +
- 21: *Scleropodium purum* +
- 22: *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana* +
- 23: *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana* +, *Lecidea fuscoatra* r
- 28: *Hypochoeris radicata* +, *Amandinea punctata* r, *Lecanora dispersa* r, *Lecanora muralis* r, *Lecidea fuscoatra* r
- 29: *Prunus spinosa* +, *Rosa elliptica* r
- 30: *Candelariella vitellina* r, *Lecidea fuscoatra* r, *Lecanora polytropa* r
- 31: *Allium scorodoprasum* 2, *Bromus hordeaceus* +, *Medicago falcata* 1, *Trisetum flavescens* +, *Arenaria serpyllifo-*
lia +, *Chenopodium album* +, *Bromus hordeaceus* +, *Carduus acanthoides* r
- 32: *Centaurea stoebe* +
- 33: *Urtica dioica* 1, *Rosa elliptica* +, *Arabidopsis thaliana* +t
- 34: *Asparagus officinalis* +, *Euphorbia esula* r
- 35: *Medicago falcata* 1, *Plantago lanceolata* 1, *Trifolium minus* +
- 37: *Scleropodium purum* r
- 38: *Crataegus monogyna* +, *Festuca ovina* +
- 39: *Prunus spinosa* 1, *Urtica dioica* 1, *Amblystegium serpens* +
- 40: *Urtica dioica* +, *Bryum capillare* r
- 41: *Verbascum densiflorum* 1, *Vulpia myuros* r, *Cladonia* spec. r, *Amblystegium serpens* r
- 43: *Prunus spinosa* +
- 44: *Pimpinella saxifraga* r
- 45: *Centaurea scabiosa* 2, *Rosa elliptica* +, *Agrimonia eupatoria* +, *Cynoglossum officinale* +, *Nonea pulla* +, *Salvia*
pratensis +
- 46: *Centaurea stoebe* 1
- 48: *Atriplex oblongifolia* +, *Coronilla varia* +
- 51: *Urtica dioica* 2, *Chenopodium album* +, *Funaria hygrometrica* r
- 52: *Chenopodium album* +, *Funaria hygrometrica* r
- 53: *Atriplex oblongifolia* 1, *Nepeta cataria* +, *Rubus* spec. r
- 54: *Silene latifolia* 1, *Ballota nigra* +, *Campanula rotundifolia* r, *Lecidea fuscoatra* r
- 55: *Arabidopsis thaliana* +t, *Senecio viscosus* r, *Festuca ovina* r,
- 57: *Bromus hordeaceus* 1, *Asparagus officinalis* +, *Bryum capillare* 1, *Rhizomnium punctatum* 1, *Amblystegium*
serpens +

Tab. 3: Kryptogamenvegetation auf gehölzfreien Standorten der Steinkohlenabraumhalden

lfd. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Halden-Nr./Aufn.-Nr.	34/2	35/2	35/2	67/1	67/2	10/2	59/1	54/2	64/1	64/2
Fläche in cm ²	900	2500	2500	400	2000	2000	2000	1600	1600	2000
Deckung in %	80	90	80	70	70	60	70	80	60	60
Inklination	0	0	0	0	10	0	10	0	10	10
Exposition					O		NW		SO	O
Cladonietum alcicornis										
<i>Cladonia foliacea</i>	2	3	2	3	2	.	.	.	.	.
Cladonion sylvaticae										
<i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	1	2	2	2	1	+	.	2	.	.
<i>Cetaria aculeata</i>	1	1	1	+	+	.	.	+	.	.
<i>Cladonia arbuscula</i>	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia uncialis</i>	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.
Brachythecietum albicans										
<i>Brachythecium albicans</i>	+	1	+	r	.	3	4	3	3	3
Subass. Tortuletosum ruralis										
<i>Tortula ruralis</i>	.	.	.	.	.	.	.	2	2	2
Ceratodonto-Polytrichetea										
<i>Polytrichum piliferum</i>	1	2	2	1	2	2	.	+	.	.
Begleiter										
<i>Ceratodon purpureus</i>	3	2	+	3	2	2	1	2	1	+
<i>Hypnum lacunosum</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	+	.
<i>Bryum spec. (cf. caespitium)</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.
<i>Brachythecium rutabulum</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Brachythecium velutinum</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
<i>Hypnum cupressiforme</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Cladonia fimbriata</i>	r	.	.	.	+	.	1	.	.	.
<i>Bryum argenteum</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	r	1
<i>Cladonia rei</i>	+	+	+	r	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia coniocraea</i>	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia pyxidata</i>	.	r	+	r	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia phyllophora</i>	+	r	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>floerkeana</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.

Vor allem im Rand- und Traufbereich der Gehölze nimmt der Anteil von *Festuca rupicola* deutlich zugunsten von *Arrhenatherum elatius* ab. Dieser bildet dann meist artenarme Dominanzbestände. Hier ist ein starker Rückgang der für offene, trockene Standorte charakteristischen Moose und Flechten erkennbar. Entsprechend den schattigeren Standortbedingungen infolge der dichteren Gefäßpflanzenvegetation treten hier konkurrenzkräftige, mehr oder weniger mesophile und relativ euryöke Laubmoose wie *Brachythecium rutabulum* und *Plagiomnium affine* auf. Filze von *Hypnum cupressiforme* kennzeichnen an mehreren Stellen den Übergang zu besonnten Flächen.

Weitere Gras-Dominanzbestände (Tab. 2, lfd. Nr. 51-58)

Elytrigia repens ist auf den Halden insgesamt mit verhältnismäßig geringer Stetigkeit vertreten. Meist kommt die Art nur zusammen mit *Arrhenatherum elatius* vergesellschaftet und in ähnlicher Dominanz wie dieser auf tiefergründigen Standorten vor (lfd. Nr. 51, 52). Lediglich an zwei Stellen konnten *Elytrigia repens*-Dominanzbestände nachgewiesen werden, in denen *Arrhenatherum elatius* von untergeordneter Bedeutung war (lfd. Nr. 53, 54). Die wenigen Begleiter sind relativ unspezifische Ruderal- und Grünlandarten.

Avenella flexuosa-Bestände konnten kleinflächig auf einer größeren Halde im Unterwuchs von *Quercus robur* an einer Hangkante nachgewiesen werden (lfd. Nr. 55, 56). Der Standort grenzt zum Hang hin an schütterere kryptogamenreiche Trockenrasenbestände. Das Vorkommen im Unterwuchs von *Quercus robur* und *Betula pendula* entspricht hierbei weitgehend der Vergesellschaftung in Birken-Eichenwäldern (*Quercetea robori-petraeae*).

Auf einer Halde (65) dominiert an einem Abhang im Unterwuchs von *Fraxinus excelsior* *Melica transylvanica* (lfd. Nr. 57). Ein kleinerer und weniger dichter Bestand befindet sich auf einer offenen Fläche zusammen mit weiteren Trocken- und Halbtrockenrasenarten (Halde 7; lfd. Nr. 58). Beide Vorkommen entsprechen aufgrund des mehr oder weniger feinerdereichen Substrates gut den Standortansprüchen der hinsichtlich Lichtverhältnissen variablen Art. Darüber hinaus sind die pH-Werte von 6,1 und 6,6 auf Halde 65 die höchsten auf einer Halde ermittelten.

4.2 Artenbestand

Insgesamt wurden auf den Halden 153 Gefäßpflanzenarten, davon 40 Gehölze nachgewiesen. Neben den Gehölzen lassen sich entsprechend der standörtlich-soziologischen Präferenz der Vertreter außerdem Ackerunkräuter, Wiesen-, Saum-, Trocken- und Halbtrockenrasen-, Ruderal- und Waldarten nachweisen. Innerhalb eines Haldengebüsches befindet sich ein kleines permanentes Gewässer, so daß mit *Lemna minor* auch eine Wasserpflanzenart vorkommt. Im folgenden wird auf die bevorzugten Standorte der einzelnen Artengruppen und ihre Vertreter eingegangen.

Ackerunkräuter i.w.S. kommen einerseits im beschatteten Unterwuchs der Gehölze vor (besonders *Veronica hederifolia*, *Galium aparine*, *Stellaria media*, *Lamium purpureum*). Sie zeigen dort neben typischen ruderalen Stickstoffzeigern den teils hohen Nährstoffgehalt an. Andererseits siedeln sie auch an offeneren und trockeneren Standorten, die meist locker mit Gräsern bewachsen sind (vor allem *Arabidopsis thaliana*, *Erodium cicutarium*, *Valerianella locusta*, *Myosotis stricta* und *Veronica arvensis*). Stellenweise sind diese Arten auch mit den ebenfalls kleinwüchsigen, ausgesprochenen Trockenrasenarten wie *Erophila verna*, *Holosteum umbellatum* und *Spergula morisonii* vergesellschaftet. Bei den Ackerunkräutern handelt es sich fast ausschließlich um Winterannuelle bzw. Frühjahrsephemere, die ihre Entwicklung mit der vollen Laubentfaltung der Gehölze weitgehend abgeschlossen haben bzw. die Sommertrockenheit offener Standorte ausschließlich als generative Diasporen überdauern. Andere Ackerunkräuter, namentlich Sommerannuelle, kommen eher zwischen den Äckern und dem Haldenfuß und nur vereinzelt auf den Halden selbst vor. Dort sind sie meist kümmerlich entwickelt, was auf die starke Austrocknung des Substrates an Offenstellen und/oder die Konkurrenz durch Trocken- und Halbtrockenrasenarten zurückzuführen ist.

Die Ruderalarten lassen sich in zwei Gruppen untergliedern, von denen vor allem *Urtica dioica* und *Ballota nigra* aufgrund der Bevorzugung schattiger, nährstoffreicher Standorte enge Beziehungen zu

Saumarten wie *Alliaria petiolata* und *Torilis japonica* aufweisen. Ähnlich ist *Bromus sterilis* einzustufen, die auf vielen lichten bis halbschattigen und trockeneren Haldenstandorten dichte Bestände bildet. Arten mit soziologischem Schwerpunkt in Gesellschaften des Onopordion acanthii und des Dauco-Melilotions kommen wiederum auf gehölzfreien mehr oder weniger grasbewachsenen Hängen und auf trockenen Plateaus vor. Hierher gehören vor allem *Hypericum perforatum*, *Silene vulgaris*, *S. latifolia* und *Inula conyza*. Außer *Hypericum perforatum* treten diese Arten jedoch nur vereinzelt und in geringer Individuenzahl auf.

Bei den meisten Saumarten handelt es sich um Stickstoffzeiger, die beschattete und nährstoffreiche Standorte bevorzugen und daher vor allem am Haldenfuß siedeln. *Alliaria petiolata* und *Anthriscus caucalis* kommen häufig auch an den Hängen und im Inneren der mit Robinien bewachsenen Halden vor. Dies sind auch die Standorte von *Allium oleraceum*, der im Untersuchungsgebiet nur in Robinienbeständen nachgewiesen werden konnte. Eine relativ stete Art mit geringem Deckungswert ist *Geum urbanum*.

Arten mit Verbreitungsschwerpunkt in Halbtrockenrasen kommen in den unmittelbaren Gehölzbeständen nur vereinzelt vor. Am verbreitetsten sind *Cynoglossum officinale*, *Eryngium campestre* und *Falcaria vulgaris*, die stellenweise auch an stärker beschatteten Stellen am Rand der Gehölze oder an Stellen mit lichterem Gehölzbewuchs vorkommen. Ähnlich wie *Poa angustifolia* reichen auch *Festuca ovina* und *F. rupicola* von weitgehend gehölzfreien Trocken- und Halbtrockenrasenstandorten bis an den Rand der geschlossenen Gehölzbestände. Die Arten kommen jedoch häufiger und in teilweise größeren Beständen auf offenen Hangkanten und Plateaus vor und vermitteln zu den Trockenrasen auf offenen Standorten.

Bei den Arten der Trocken- und Halbtrockenrasen handelt es sich sowohl um typische Frühjahrsephemere wie *Spergula morisonii*, *Erophila verna*, *Cerastium semidecandrum* und *Holosteum umbellatum* als auch um ausdauernde bzw. zweijährige Vertreter, von denen *Hieracium pilosella*, *Rumex acetosella*, *Euphorbia cyparissias*, *Poa angustifolia* sowie *Erysimum crepidifolium* die häufigsten Arten sind. Auf manchen Halden bildet auch *Agrostis capillaris*, meist mit *Hieracium pilosella* vergesellschaftet, größere Bestände. *Rumex acetosella* tritt auf Lockersubstrat an Hängen teilweise als einzige Art auf. Die annualen Vertreter siedeln entweder direkt auf stabilem Abraum oder auf Standorten mit sehr dünner Boden- und/oder Moosdecke. Im Schatten der Gehölze treten diese Arten nur vereinzelt auf.

Häufigste Wiesenarten sind *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Achillea millefolium* und *Galium mollugo*. Verschiedene Arten wurden lediglich ein- oder wenige Male nachgewiesen wie z.B. *Salvia pratensis*, *Lotus corniculatus* oder *Coronilla varia*.

Waldarten treten nur sehr vereinzelt und in meist geringer Individuenzahl auf. Einzige Ausnahme ist *Poa nemoralis*, die jedoch in ihrem Vorkommensschwerpunkt deutliche Tendenzen zu den Saumstandorten zeigt. Ähnlich verhalten sich *Viola odorata* und *V. alba*, die den Saumarten zugerechnet werden und auf acht bzw. einer Halde nachgewiesen wurden. Lediglich in der Nähe des Schweizerlings traten drei Waldarten gemeinsam auf (*Convallaria majalis*, *Hedera helix*, *Ranunculus ficaria*). Die beiden letztgenannten Vertreter kamen vereinzelt auch auf anderen Halden vor.

Die Gehölze wurden bereits im Zusammenhang mit der Vegetationsdifferenzierung behandelt, so daß hier nicht weiter darauf eingegangen wird.

Auf den untersuchten Flächen mit Halbtrocken- und Trockenrasen konnten 16 Laubmoos-, 1 Lebermoos- und 18 Flechtenarten nachgewiesen werden. Bei den terrestrischen Flechten (Gattungen *Cladonia*, *Cetraria*) sowie der Mehrzahl der Moose handelt es sich um Besiedler trockener, nährstoffarmer, saurer bis neutraler Standorte. Die überwiegende Zahl der Flechten und akrokarpes Moose kommt nur in den gering mit Phanerogamen bewachsenen Bereichen (*Hieracium-Agrostis-Ephemeren*-Bestände) vor. Einige Moosarten, wie *Brachythecium albicans* und *Hypnum lacunosum* sowie die Flechte *Cladonia furcata* ssp. *furcata* gehen auch in die *Festuca rupicola*-Bestände über. Sechs der nachgewiesenen Flechten sind saxicole Arten.

4.3 Flächengröße und Artenzahl

Hinsichtlich der Flächengröße der Halden und der auf ihnen nachgewiesenen Gesamtzahl Höherer Pflanzen besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$), d.h. je größer die Halden sind, desto höher ist die auf ihnen nachgewiesene Artenzahl (Abb. 4a, b). Dieser Zusammenhang wird noch deutlicher, wenn die mit Robinien bestandenen Halden unberücksichtigt bleiben (Abb. 4b). Aufgrund der Nährstoffanreicherung siedeln dort vor allem nitrophile (Ruderal- und Saum-)Arten, während Vertreter aus anderen Artengruppen deutlich unterrepräsentiert sind. Auf den Robinienstandorten (Abb. 4c) besteht kein Zusammenhang zwischen Artenzahl und Flächengröße.

Bei den Flechten und Moosen ist nicht in erster Linie die Haldengröße für die Artenzahl von Bedeutung. Wichtig für eine artenreiche Besiedlung durch diese konkurrenzschwachen Gruppen sind insbesondere eine geringe Bedeckung mit Gefäßpflanzen sowie Nährstoffarmut.

5 DISKUSSION

Die Abraumhalden des Steinkohlenbergbaues nördlich von Wettin sind als solche aufgrund ihres meist geschlossenen Gehölzbewuchses vielfach kaum zu erkennen, sondern fügen sich in das leicht bewegte Geländere relief harmonisch ein. Eine ähnliche Landschaftswirksamkeit besitzen die Halden des Kupferschieferabbaues im Eislebener und Sangerhäuser Gebiet (ORTLIEB 1994, JANOWITZ 1996). Die Kupferschiefer-Halden sind aufgrund ihrer Schwermetallkonzentrationen jedoch z.T. deutlich spärlicher bewachsen als die Steinkohlehalden. Sie können allerdings auch wie die aus dem 12.-14. Jahrhundert stammenden Halden bei Morungen hinsichtlich der Vegetationsbedeckung völlig in die Laubwaldvegetation integriert sein (vgl. JANOWITZ 1996). Vielfach stellen sie jedoch Sonderstandorte für Schwermetallarten dar (*Minuartia verna* ssp. *hercynica*, *Armeria maritima* ssp. *halleri*, *Silene vulgaris* ssp. *humilis*). Entsprechende Lokalendemiten kommen auf den untersuchten Steinkohleabraumhalden nicht vor. Auch anderweitige floristische Besonderheiten bzw. „Industriophyten“ wurden nicht festgestellt. Diese sind jedoch eher auf relativ jungen und rekultivierten Standorten zu erwarten, wo entsprechende Diasporen z.T. durch Ausbringen von Bodensubstraten unterschiedlicher Herkunft (teilweise Klärschlämme) oder über Verkehrswege eingetragen werden (vgl. DETTMAR et SUKOPP 1991, SCHMITZ 1997).

Vor allem auf den größeren Halden zeigt sich das für solche Standorte typische Phänomen des Vorkommens sehr unterschiedlicher edaphischer und hydrologischer Bedingungen auf engstem Raum (vgl. GIBSON 1982). Für die Primärbesiedelung von Standorten müssen vor allem Prozesse der Bodenbildung, die in starkem Maße von der chemischen und physikalischen Struktur des Haldensubstrates abhängen, ablaufen, um Voraussetzungen für die Besiedelbarkeit des Substrates zu bieten. Ebenso wichtig ist der Eintrag von Diasporen. Die Besiedelungsgeschwindigkeit ist abhängig vom gemeinsamen Wirken beider Faktoren sowie deren Quantität und Qualität. Aufgrund ihrer Lage inmitten von Acker- bzw. i.w.S. landwirtschaftlich genutzten Flächen kann angenommen werden, daß die Bodenbildung, -einwehung und Besiedelung der Halden von den Rändern her erfolgte. Zahlreiche Halden besitzen eine mehr oder weniger deutliche Kraterform, d.h. eine Aufwerfung des Abraumes um das ehemalige Stollenloch. Diese Vertiefungen sind besonders geeignet zur Akkumulation von Streu und bieten daher besonders für Gehölze günstige Etablierungsbedingungen (vgl. Abb. 3). Möglicherweise erfolgte daher die Besiedelung der Halden zusätzlich von oben her, d.h. aus solchen Vertiefungen heraus (vgl. JOHNSON et al. 1982).

Wie auch bei der Sekundärsukzession ist ein weiterer wichtiger Faktor die Diasporenverfügbarkeit, die ihrerseits stark von der umgebenden Vegetation (Artenpotential) bestimmt wird (vgl. ARCHIBOLD 1980, KRUMBIEGEL et KLOTZ 1996). In wie weit das Artenpotential ausgeschöpft werden kann, hängt wesentlich vom Vorhandensein geeigneter Standorte für Arten der angrenzenden Vegetation ab. Je einheitlicher die Standortbedingungen sind, desto artenärmer wird auch die sich dort einstellende Vegetation sein (vgl. TÜXEN 1959). Im umgekehrten Fall kann sich auf edaphisch abwechslungsreichen Standorten sowohl eine Vegetation entwickeln, die der Umgebung ähnelt oder ihr nahezu gleicht bzw. die mit der bisherigen aufgrund neuer Artenkombinationen floristisch und soziologisch nur entfernt übereinstimmt (vgl.

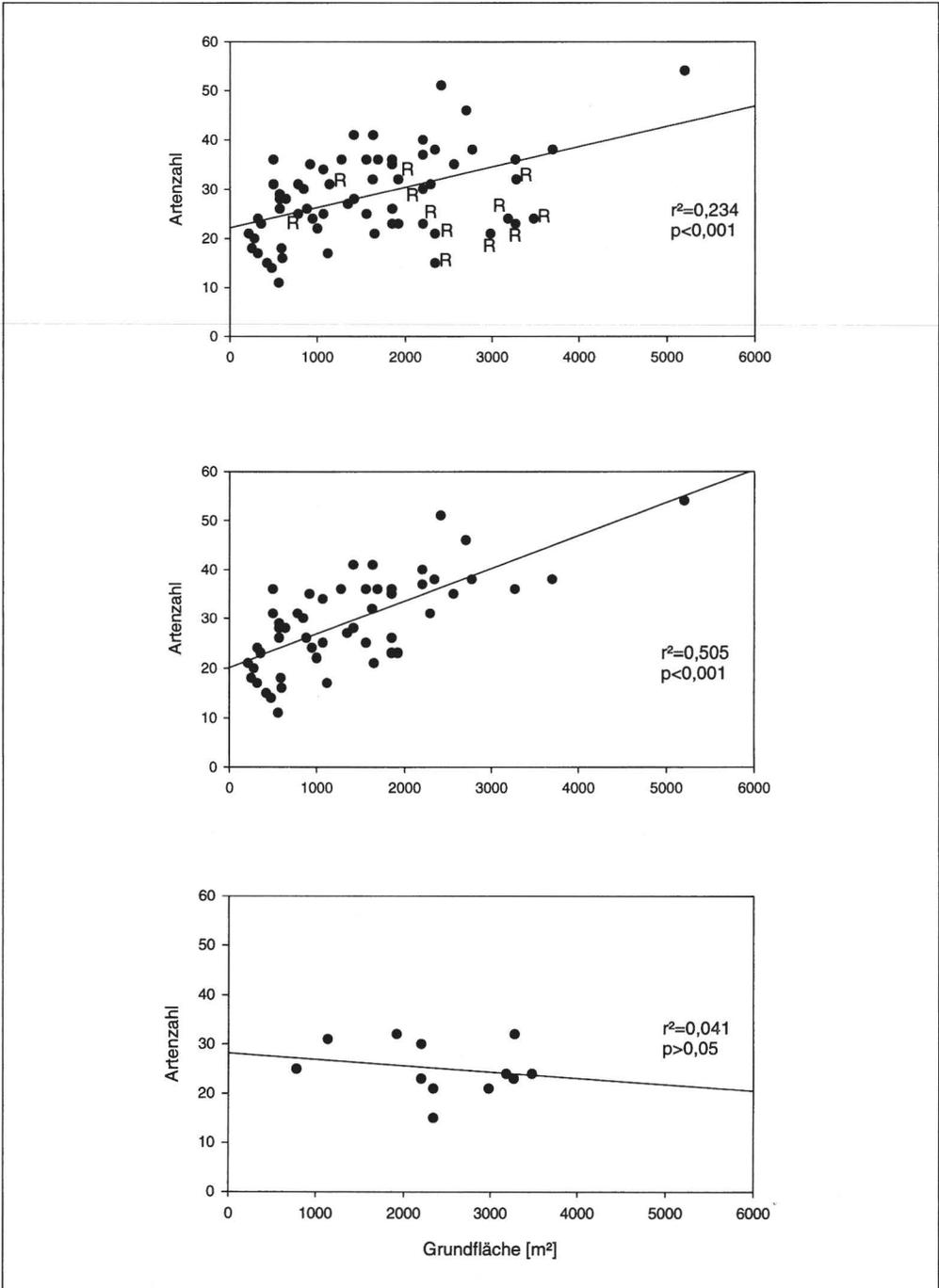


Abb. 4: Darstellung des Zusammenhanges zwischen Flächengröße und Gesamtzahl der Höheren Pflanzen auf den Steinkohleabraumhalden; oben alle untersuchten Halden (R – mit Robinien bestandenen Halden), Mitte Gehölzbestände aus einheimischen Arten, unten Robinienbestände.

KRUMBIEGEL et KLOTZ 1996). Für die Wettiner Halden trifft dies vor allem für die gehölzfreien Bereiche zu. Die Vegetation dort, wie auch die krautige Vegetation im Unterwuchs der Gehölze läßt sich nicht zu gut abgrenzbaren bzw. beschriebenen Pflanzengesellschaften zuordnen, sondern ist am anschaulichsten als „Dominanzbestand“ einer oder „Mischbestand“ weniger Arten zu charakterisieren. Entsprechend ihrer standörtlichen Hauptverbreitung wurden die Arten daher zu Artengruppen zusammengefaßt (vgl. KOSMALE 1989, RAUSCHERT et al. 1990).

Bei der Haldenbesiedelung spielt vor allem der Diasporeneintrag durch Wind- und Vögel eine Rolle, vor allem in der Initialphase. Zufällige Ereignisse wie beispielsweise die Verfrachtung einzelner großer Früchte (z.B. Eicheln, Nüsse durch Vögel) sind wie bei der Sekundär- auch bei der Primärsukzession bedeutsam, da durch sie die Vegetationsentwicklung entscheidend beeinflußt werden kann (first-comer-Effekt; vgl. EGLER 1954). Hierdurch kann eine zumindest kleinflächige Erstbesiedelung initiiert werden (sofern dies das Substrat zuläßt), von der aus die Vegetationsentwicklung u.U. weiter fortschreitet (Ansatz für Vögel und damit Eintrag weiterer ornithochorer Arten - vgl. MILTON et al. 1997; Saumeffekte). Bei den Gehölzen der untersuchten Steinkohlenhalden handelt es sich fast ausschließlich um ornithochore Arten, die auch in der Umgebung mehr oder weniger häufig sind. Anemochore Vertreter fehlen auch in der Umgebung fast vollständig. Sie kommen daher im Unterschied zu anderen Untersuchungsstandorten (MILLER 1977, SIMON 1978, HOLLIDAY et al. 1979) mit Ausnahme einiger weniger Birken nicht vor. Die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Pappeln gehen mit Sicherheit auf Anpflanzungen zurück. Auch Eschen treten mit Ausnahme einer Halde, auf der sie angepflanzt zu sein scheinen, vergleichsweise selten und mit geringer Deckung auf. Rückschlüsse darauf, ob in der Initialphase der Besiedelung der Halden anemochore Arten eine Rolle gespielt haben oder ob die Standorte von Anfang an mit den auch heute dort vorkommenden ornithochoren Arten besiedelt wurden, lassen sich aufgrund fehlender Belege nicht ziehen. Auf der Halde in Plötz handelt es sich bei den ersten Gehölzen allerdings um windausgebreitete Arten, vor allem *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior* und *Salix*-Arten. Besonders die Weiden, die auf den Wettiner Halden völlig fehlen, dürften in Plötz aus der Fuhne-Niederung angeweht worden sein.

Grundsätzlich unterschiedliche Sukzessionsstadien der Gehölzvegetation lassen sich bei den Wettiner Halden, abgesehen von den Robinienbeständen, nicht erkennen. Auch im Vergleich zu benachbarten „Nicht-Halden“-Gebüsch bestehen keine Unterschiede, so daß die gegenwärtige Vegetation als Endstadium der Sukzession unter den gegebenen anthropogenen Einflüssen auf die Kulturlandschaft anzusehen ist. So unterscheiden sich beispielsweise solche Halden, für die sichere Angaben für ein Förderende vor ca. 200 Jahren existieren (Halde 53, 1780 verfüllt), prinzipiell nicht von Standorten, die vor ca. 230 Jahren erneut aufgewältigt und bis 1893 zumindest als Lichtloch noch offen waren (Halde 27). Wie lange es gedauert hat, bis der heutige Zustand erreicht wurde, ist aufgrund der weitgehend unsicheren Angaben über das definitive Ende der Haldennutzung kaum möglich. Wird der Zeitraum um 1760 angenommen, würde dies eine Entwicklungszeit von ca. 240 Jahren bedeuten. Selbst bei Halden, die bis in die neunziger Jahre des 19. Jahrhunderts noch als Lichtloch für die Stollen dienten, ist von einer deutlich längeren Entwicklungszeit für die Vegetation auszugehen. Dort haben größere Substratbewegungen sehr wahrscheinlich nicht mehr stattgefunden, da lediglich das Lichtloch offengehalten und ggf. ausgemauert wurde. Untersuchungen im Ruhrgebiet (HURTIENNE 1990 in JOCHIMSEN et al. 1995) ergaben einen Zeitraum von 40-60 Jahren, innerhalb dessen sich ein Birken-Eichenwald entwickelt hat. Bei einem Vergleich mit den Standorten in Mitteldeutschland sind allerdings die hier deutlich geringeren Niederschläge zu berücksichtigen (Mitteldeutsches Trockengebiet), die sowohl die Besiedelung als auch den Aufwuchs der Gehölze erheblich verzögern.

Auch die kryptogamenreiche Vegetation der Trockenrasenstandorte kann als sehr stabil angesehen werden. Die extrem flachgründigen, sich daher stark aufheizenden und schnell austrocknenden Flächen bieten selbst bei Eintrag von Diasporen anderer Arten keine Etablierungsmöglichkeiten. Ähnliche Ergebnisse erbrachten auch Untersuchungen zur Stabilität von Trocken- und Halbtrockenrasengesellschaften in Nachbarschaft von Ackerbrachen in der Porphyrkuppenlandschaft südlich von Wettin (KRUMBIEGEL et al. 1998).

Im Unterschied zu der Hochhalde Plötz (vgl. KÄSTNER 1994) kommt auf den Wettiner Halden *Calamagrostis epigejos* nur kleinflächig auf zwei Halden vor. Dies überrascht insofern, da die Art gegenüber mehreren für die Primärbesiedelung von Standorten wichtigen abiotischen Faktoren eine breite Amplitude hat (Bodenreaktion, Art des Substrates) und auch aufgrund ihres klonalen Wachstums und der Guerilla-Strategie sehr konkurrenzstark ist (vgl. KLEMM 1966, REBELE 1996). KOSMALE (1989) charakterisierte die Art im Zwickauer Steinkohlenrevier als Pionierart auf durchgeglühtem Material der Abraumhalden, die sich innerhalb von ca. 25 Jahren sprunghaft ausgebreitet hat. Ursache für das weitgehende Fehlen auf den Wettiner Halden dürfte jedoch auch in diesem Fall die fehlende Diasporenverfügbarkeit in der Umgebung sein. Selbst bei zufälligem Diasporeneintrag würde die Art aufgrund der starken Verbuschung der tiefergründigen Standorte kaum Etablierungschancen haben (Ausschattung). Auf offenen, tiefergründigen Standorten der Halde Plötz ist die Art hingegen häufig, kann sich dort auf sehr flachgründigen, trockenen, offeneren Stellen jedoch nicht ansiedeln bzw. ausbreiten.

Interessant ist das Vorkommen von *Melica transsylvanica*, die auf einer Halde relativ großflächig als lockerer Reinbestand vorkommt. Auf der Halde Plötz tritt im Unterschied dazu *Melica ciliata* stellenweise in lockeren Reinbeständen auf (vgl. KÄSTNER 1994). Es ist anzunehmen, daß die Vorkommen von *Melica transsylvanica* auf nahegelegene Bestände der Halbtrocken- und Trockenrasen sowie der Saalehänge bei Wettin zurückzuführen sind. Natürliche Vorkommen von *Melica ciliata* sind hingegen in der näheren Umgebung von Plötz nicht vorhanden, zumal die Art stärker noch als *Melica transsylvanica* basische Standorte bevorzugt.

Hinsichtlich der Flechten- und Moosbesiedlung ist anzumerken, daß alle auf den Halden festgestellten Arten auch im Mittleren Saaletal zwischen Halle und Wettin, namentlich auf den Porphyrkuppen, nachgewiesen sind (MARSTALLER 1984, LITTERSKI et STORDEUR 1991, MÜLLER 1993). Es ist daher anzunehmen, daß die Besiedlung der Halden von dort aus erfolgte.

Im Gegensatz zu den Folgeflächen der Braunkohlenförderung im Tagebau liegen für Steinkohlenabraumhalden nur wenige oder ungenaue Angaben über die Kryptogamen vor. So werden bei ZEITZ (1965; Ruhrgebiet) und KÄSTNER (1994; Halde Plötz, Saalkreis) die allgemein verbreiteten Arten *Funaria hygrometrica*, *Ceratodon purpureus* bzw. *Pohlia nutans* genannt. Flechten sind z.T. nur als *Cladonia* spec. aufgeführt. Weitere Angaben stammen von der Halde Waltrup (Ruhrgebiet), wo insgesamt 15 Arten, davon drei Flechten, direkt auf Bergematerial nachgewiesen wurden (JOCHIMSEN; pers. Mitt.).

Von großer Bedeutung sind auch für Kryptogamen die Eigenschaften des Abraummateriale sowie das Relief der Halden. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes, des schlechten Wasserhaltevermögens sowie der kaum ausgebildeten Feuchtbereiche fehlen auf den Wettiner Halden Arten basischer Standorte sowie Nässezeiger, die im Unterschied zu vielen Braunkohlenstandorten hier auch langfristig nicht zu erwarten sind.

Im Vergleich zu den oben erwähnten Steinkohlehalden ist der Anteil terrestrischer Flechten, vor allem vertreten durch die Gattung *Cladonia*, vergleichsweise hoch. Besonders bei dieser Gruppe wird bezüglich der Artenzahl und der Artzusammensetzung der Einfluß der in der Nähe befindlichen Populationen auf den Porphyrkuppen deutlich.

Die Untersuchungen zeigen, daß bei den nicht mit Robinien bestandenen Halden eine positive Korrelation zwischen Flächen- bzw. Kuppengröße und Artenzahl der Gefäßpflanzen besteht. Ähnlich wie in der benachbarten Porphyrkuppenlandschaft bei Gimritz (südlich von Wettin) besteht jedoch darüber hinaus ein deutlicher Zusammenhang mit der Habitatvielfalt (vgl. PARTZSCH et MAHN 1997, 1998). Dies wird an den beiden Darstellungen in Abb. 3 deutlich: obwohl die mit Robinien bestandenen Halden im Durchschnitt deutlich größer als die Nicht-Robinien-Standorte sind, ist die Artenzahl aufgrund der standörtlichen Homogenität deutlich geringer.

Die Halden weisen in Hinblick auf den Artenbestand und die Vegetation Höherer Pflanzen keine Besonderheiten auf. Bei den Flechten sind jedoch zumindest *Cladonia uncialis* und *C. arbuscula* für den Wettiner Raum erwähnenswert. Vor allem die flachgründigen, nährstoffarmen Plateaus einiger Halden

bieten günstige Bedingungen für die Besiedlung durch artenreiche *Cladonia*-Bestände. Diese Vergesellschaftung des Cladonion sylvaticae sind stark an konkurrenzarme und lichtreiche Flächen gebunden. Unter gleichbleibenden Standortbedingungen können sie hier sehr langlebige Gemeinschaften bilden. Bei Humus- und Nährstoffanreicherung unterliegen sie jedoch bald dem Konkurrenzdruck der Phanerogamen. Ähnlich, wenn auch weniger drastisch gilt dies auch für die Vergesellschaftung von *Brachythecium albicans*, *Tortula ruralis* und Begleitarten (vgl. DREHWALD et PREISING 1991). Aufgrund der relativ kleinen Fläche der Steinkohlenhalden und ihrer Lage inmitten der Agrarlandschaft ist im Laufe der Zeit mit zunehmender Eutrophierung und damit mit einer Gefährdung dieser nährstoffarmen Bereiche zu rechnen. Der Einfluß der Nährstoffanreicherung durch Staub- und Erdimprägnierung wird vor allem auf exponiertem und in unmittelbarer Nähe zum Acker liegendem Abraummateriale deutlich. Hier dominieren die kalkliebenden Arten *Lecanora muralis*, *L. albescens* und *Caloplaca citrina*, während auf Schüttgut im Haldeninneren vorwiegend für Silikatgestein typische Arten siedeln wie *Lecanora polytrapa* und *Candelariella vitellina*.

Insgesamt stellen die Halden sowohl ökologisch als auch landschaftsästhetisch und industriegeschichtlich eine Bereicherung des Naturraumes nördlich von Wettin dar. Ebenso wie die ähnlich in der Landschaft verstreut liegenden und teilweise wesentlich isolierteren Kuppen in der Porphyrlandschaft südlich von Wettin erfüllen auch die Halden wichtige Habitatfunktionen. Es handelt sich jedoch im Gegensatz zu den Porphyrkuppen weniger um „Trittsteinfunktionen“ für gefährdete Gefäßpflanzenarten oder -gesellschaften (vgl. PARTZSCH et MAHN 1997, 1998) als eher um Lebens-, Nahrungs- und Bruthabitate für Tiere, vor allem Vögel und Insekten. Darüber hinaus dienen die Gebüsche dem Wild als Einstand. Die Bedeutung der Halden für diese Funktionen ist um so größer, je isolierter sie in der Agrarlandschaft und je weiter sie von naturnahen Habitatstrukturen entfernt liegen. Dies betrifft vor allem die Halden nördlich und nordöstlich von Döbel, wo sich sehr strukturarme, große Ackerflächen anschließen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

KRUMBIEGEL, A.; OTTO, B.: Die Vegetation der Abraumhalden des Steinkohlentiefbaues nördlich von Wettin (Saalkreis, Sachsen-Anhalt). - *Hercynia N.F.* 32 (1999): 251–274.

Im Jahre 1998 wurden 65 der ca. 80 Abraumhalden des Steinkohlentiefbaues nördlich von Wettin vegetationskundlich untersucht und klassifiziert. Hierbei wurde zwischen der Gehölzvegetation einerseits und Gesellschaften auf gehölzfreien Standorten unterschieden.

Die Gehölzvegetation konnte in folgende Bestände untergliedert werden: Vogelkirschen-/Steinweichsel-, Rosen-Feldulmen-, Eschen-, Stieleichen-, Schlehen-Holunder- und Robinien-Gehölze. Teilweise handelt es sich um Dominanzbestände, bei denen eine Zuordnung zu beschriebenen Syntaxa nur bedingt möglich ist. Bei den Robinienbeständen kann aufgrund der einheitlichen Altersstruktur und dem auf einzelne Halden beschränkten Vorkommen auf Anpflanzungen geschlossen werden.

Die Vegetation der gehölzfreien Standorte läßt sich in folgende Bestände gliedern: vegetationsarme Standorte (steiler Böschungen), kryptogamenreiche Trockenrasengesellschaften, *Festuca rupicola*-, *Arrhenatherum elatius*-, *Elytrigia repens*-, *Avenella flexuosa*- und *Melica transsylvanica*-Dominanzbestände.

Auf den untersuchten Halden konnten insgesamt 153 Gefäßpflanzenarten, davon 40 Gehölze, sowie 16 Laub-, 1 Lebermoos- und 18 Flechtenarten nachgewiesen werden. Die Gefäßpflanzen lassen sich entsprechend ihrer bevorzugten Standorte in folgende Artengruppen unterteilen: Gehölze, Ackerunkräuter, Ruderal-, Trocken- und Halbtrockenrasen- sowie Waldarten.

Die Anzahl der Gefäßpflanzenarten und die Größe der Halden sind bei den Standorten mit spontanem Gehölzaufwuchs deutlich positiv korreliert. Halden mit Robiniengehölzen sind trotz ihrer Größe verhältnismäßig artenärmer. Hier besteht kein Zusammenhang zwischen Artenzahl und Flächengröße.

Auf den Halden lassen sich, abgesehen von den Robinienbeständen, keine grundsätzlich unterschiedlichen Stadien der Vegetationssukzession erkennen. Es bestehen auch keine Unterschiede im Vergleich zu

benachbarten nicht auf Halden wachsenden Gehölzbeständen. Daher wird angenommen, daß die Vegetation auf den Halden weitgehend das Endstadium der Sukzession unter den Bedingungen des gegenwärtigen anthropogenen Einflusses erreicht hat. Wie lange dieser Prozeß einer Primärsukzession gedauert hat, kann aufgrund der unsicheren Angaben über das Ende der Stollennutzung nicht mit Sicherheit gesagt werden. Als maximale Entwicklungszeit können jedoch ca. 240 Jahren angenommen werden.

Floristisch und vegetationskundlich sind die Halden teilweise bedeutsam in Hinblick auf die Kryptogamen. Darüber hinaus stellen sie sowohl ökologisch, landschaftsästhetisch und industriegeschichtlich eine Bereicherung der Landschaft dar.

7 DANKSAGUNG

Für freundliche Hinweise und Anregungen danken wir Frau Prof. M. Jochimsen (Essen) und Herrn Dr. S. Klotz (Halle). Herrn M. LATK (Uhldingen/Bodensee) sei an dieser Stelle vielmals für die Bereitstellung der Daten zur Fördergeschichte des Steinkohlebergbaues gedankt. Die Untersuchungen wurden teilweise durch das Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle unterstützt.

8 LITERATUR

- ASH, H. J.; GEMMELL, R. P.; BRADSHAW, A. D. (1994): The introduction of native plant species on industrial waste heaps: a test of immigration and other factors affecting primary succession. - *J. Appl. Ecol.* **31**: 74-84.
- BRAUN-BLANQUET, J.: (1964): Pflanzensoziologie. 3. Aufl. - Wien.
- DETTMAR J.; SUKOPP, H. (1991): Vorkommen und Gesellschaftsanschluß von *Chenopodium botrys* L. und *Inula graveolens* (L.) DESF. im Ruhrgebiet (Westdeutschland) sowie im regionalen Vergleich. - *Tuexenia* **11**: 49-65.
- DREHWALD, U. (1993): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens - Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme - Flechtengesellschaften. - *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen* H. **20/10**: 1-122.
- DREHWALD, U.; PREISING, E. (1991): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens - Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme - Moosgesellschaften. - *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen* H. **20/9**: 1-202.
- EGLER, F. E. (1954): Vegetation science concepts. I: Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. - *Vegetatio* **4**: 412-417.
- ELIAS, J. (1982): Probleme der Rekultivierung von Bergehalden in Wales, aus praktischer Sicht. - In: KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (Hrsg.): Internationale Haldenfachtagung Essen, September 1982, S. 37-39.
- FALKENBERG, H.; SÄNGER, H. (1994/95): Beitrag zur Flora und Vegetation auf ausgewählten Bergehalden des ehemaligen Uranbergbaugebietes Ronneburg im Hinblick auf deren Rekultivierungsmöglichkeiten. - *Veröff. Museum Gera, Nat. R.* **21/22**: 73-94.
- FRAHM, J.-P.; FREY, W. (1992): Moosflora. 3. Aufl. - Stuttgart.
- GIBSON, D. J. (1982): The natural revegetation of lead/zinc mine spoil in northwestern Oklahoma. - *Southwestern Nat.* **27**: 425-436.
- GLA (GEOLOGISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT) (1993): Geologische Übersichtskarte von Sachsen-Anhalt, 1:400.000. - Halle.
- HODGE, S. J.; HARMER, R. (1996): Woody colonization on unmanaged urban and ex-industrial sites. - *Forestry* **69**: 245-261.
- HUTNIK, R. J. (1982) Rekultivierung von Halden in den Vereinigten Staaten. - In: KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (Hrsg.): Internationale Haldenfachtagung Essen, September 1982, S. 51-62.
- JANOWITZ, H. (1996): Vegetationskundliche und geomorphologische Untersuchungen an schwermetallhaltigen Halden des Sangerhäuser Reviers und der Mansfelder Mulde. - *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt* **33** (2): 15-24.
- JOCHIMSEN, M. (1982): Untersuchungen zur natürlichen Sukzession auf Bergehalden. - In: KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (Hrsg.): Internationale Haldenfachtagung Essen, September 1982, S. 63-67.
- JOCHIMSEN, M. (1984): Natürliche Begrünung auf Bergehalden. - In: KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (Hrsg.): Kolloquium über technisch-ökologische Untersuchungen zu Fragen der Rekultivierung von Bergehalden. Essen, September 1983, S. 85-109.
- JOCHIMSEN, M. (1986): Begrünungsversuche auf Bergematerial der Halde Ewald/Herten. - *Verh. Ges. Ökol.* **14**: 223-228.

- JOCHIMSEN, M. (1996a): Beschleunigung der Vegetationsentwicklung auf Bergematerial mit Hilfe eines Zuschlagstoffes aus der thermischen Reinigung. - Verh. Ges. Ökol. **26**: 387-397.
- JOCHIMSEN, M. (1996b): Reclamation of colliery mine spoil founded on natural succession. - Water, Air, and Soil Pollution **91**: 99-108.
- JOCHIMSEN, M.; HARTUNG, J.; FISCHER, I. (1995): Spontane und künstliche Begrünung der Abraumhalden des Stein- und Braunkohlenbergbaus. - Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. **7**: 69-88.
- JOHNSON, R. L.; GIBSON, D. J.; RISSER, P. G. (1982): Revegetation of unreclaimed coal strip mine spoils in Oklahoma: I. Vegetation structure and soil properties. - J. Appl. Ecol. **19**: 453-464.
- KÄSTNER, T. (1994): Vegetation- und standortkundliche Untersuchungen auf der Steinkohlenbergbauhalde bei Plötz (Saalkreis). - Staatsexamensarb. Martin-Luther-Univ. Halle, Inst. für Geobotanik.
- KATZUNG, G.; EHMKE, G. (1993): Das Prätertiär in Ostdeutschland. - Köln, 189 S.
- KLEMM, G. (1966): Zur pflanzlichen Besiedlung von Abraumkippen und -halden des Braunkohlenbergbaus. - Hercynia N. F. **3**: 31-51.
- KOSMALE, S. (1989): Die Haldenvegetation im Steinkohlenbergbaurevier Zwickau - ein Beispiel für das Verhalten von Pflanzen an Extremstandorten, Rekultivierung und Flächennutzung. - Hercynia N. F. **26**: 253-274.
- KRUMBIEGEL, A.; KLOTZ, S. (1996): Bedeutung von Standort und Artenpotential der angrenzenden Landschaft für die Entwicklung von Dauerbrachen. - Arch. Naturschutz- u. Landschaftsforsch. **34**: 157-168.
- KRUMBIEGEL, A.; SCHMIDT, T.; KLOTZ, S. (1998): Artenverschiebung und Einwanderungsprozesse an einer Brache-Trockenrasen-Grenze im Mitteldeutschen Trockengebiet. - Tuexenia **18**: 313-330.
- KRUMBIEGEL, G.; SCHWAB, M. (1974): Saalestadt Halle und Umgebung. Ein geologischer Führer. 2 Bde. - Halle.
- KRZAKLEWSKI, W. (1982): Die Möglichkeit der Ausnutzung der natürlichen Vegetation in der Rekultivierung der Nachabbaugebiete (Abraum- oder Bergehalden). - In: KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (Hrsg.): Internationale Haldenfachtagung Essen, September 1982, S. 79-84.
- LITTERSKI, B.; STORDEUR, R. (1991): Flechten (Lichenes). - In: EBEL, F.; SCHÖNBRODT, R. (Hrsg.): Pflanzen- und Tierarten der Naturschutzobjekte im Saalkreis. 1. Ergänzungsband, 72 S., Halle.
- MARSTALLER, R. (1984): Bemerkenswerte Moosgesellschaften im unteren Saaletal zwischen Halle und Könnern, Bezirk Halle. - Gletidschia **12**: 285-301.
- MILTON, S. J.; DEAN, W. R. J.; KLOTZ, S. (1997): Thicket formation in abandoned fruit orchards: processes and implications for the conservation of semi-dry grasslands in Central Germany. - Biodiversity and Conservation **6**: 275-290.
- MÜLLER, F. (1993): Studien zur Moos- und Flechtenflora der Stadt Halle/Saale. - Limprichtia **1**: 1-167.
- ORTLIEB, R. (1994): Über die Schutzwürdigkeit der Mansfelder Bergbauhaldenlandschaft. - Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt **31** (2): 3-10.
- PARTZSCH, M.; MAHN, E.-G. (1997): Welchen Einfluß haben Flächengröße, Entwicklungszeit und standörtliche Vielfalt isolierter Offenstandorte auf die floristisch-phytozoölogische Struktur xerothermer Vegetationskomplexe? - Verh. Ges. Ökol. **27**: 93-99.
- PARTZSCH, M.; MAHN, E.-G. (1998): Einfluß von Flächengröße, Entwicklungszeit und standörtlicher Vielfalt isolierter Offenstandorte auf die Struktur xerothermer Vegetationskomplexe. - Braunschweiger Geobotan. Arb. **5**: 95-112.
- PATRZALEK, A. (1982): Der Einfluß der Körnung von Rückständen und von Stickstoffdüngern auf die Anfangsphase des Wachstums eines Grasgemisches auf Halden des Steinkohlenbergbaus. - In: KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (Hrsg.): Internationale Haldenfachtagung Essen, September 1982, S. 101-103.
- PETTIT, D. (1982): Natürliche Begrünung der Halden Nordfrankreichs: Zusammenhänge mit einigen chemo-edaphischen Parametern. - In: KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET (Hrsg.): Internationale Haldenfachtagung Essen, September 1982, S. 105-124.
- PÖSER, A.; JOCHIMSEN, M. (1989): Vegetationskundliche Analyse einer landespflegerisch begrüneten Bergehalde (Halde Hoppenbruch, Herten). - Verh. Ges. Ökol. **18**: 93-99.
- RAUSCHERT, S.; HILBIG, W.; KLOTZ, S. (1990): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR. XV. Die xerothermen Gebüschgesellschaften (Berberidion BR.-BL. 52 und Prunion fruticosae Tx. 52). - Hercynia N. F. **27**: 195-258.
- REBELE, F. (1996): *Calamagrostis epigejos* (L.) ROTH auf anthropogenen Standorten - ein Überblick. - Verh. Ges. Ökol. **26**: 753-763.
- ROTHMALER, W.; BÄBLER, M.; JÄGER, E. J.; WERNER, K. (1996): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 2 - Jena, Stuttgart.
- SCHMITZ, J. (1997): Bemerkungen zur Flora von Halden und Zechenbrachen des Aachener Kohlreviers. - Decheniana **150**: 35-41.
- SCHUBERT, R.; HILBIG, W.; KLOTZ, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Ostdeutschlands. - Jena, Stuttgart.
- SCHULZ, I. (1998): Strukturwandel im Steinkohlenrevier - „Haldenpark“ in Herzogenrath. - Landschaftsarchitekten, Sonderausgabe August 1998: 11.

- TREFFLICH, A. (1997): Klimatologische Kennzeichnung. - In: FELDMANN, R.; HENLE, K.; AUGE, H.; FLACHOWSKY, J.; KLOTZ, S.; KRÖNERT, R. (Hrsg.): Regeneration und nachhaltige Landnutzung. Konzepte für belastete Regionen. S. 13-17. – Berlin, Heidelberg, New York u.a.
- TÜXEN, R. (1959): Vegetations- und standortkundliche Grundlagen für die Rekultivierungsmaßnahmen in Tagebaugebieten. - *Natur und Landschaft* **34**:34-35.
- WIRTH, V. (1995): Flechtenflora: Bestimmung und ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. 2. Aufl. - Stuttgart.
- ZEITZ, W. D. (1965): Vegetationskundliche Erhebungen über den natürlichen Bewuchs und die künstliche Begrünung der Berghalden II/VI/IX und III/V des Steinkohlenbergwerkes Graf Bismarck in Gelsenkirchen-Buer. - *Abh. Landesmus. Naturk. Münster* **27** (2): 3-35.

Manuskript angenommen: 25. Juni 1999

Anschriften der Autoren:

Dr. Anselm KRUMBIEGEL
Clara-Zetkin-Str. 16
06114 Halle

Dipl.-Biol. Berit OTTO
Edvard-Grieg-Weg 9
06124 Halle.