

Biotoptypenausstattung der Spülhalde VII. Lichtloch in Halsbrücke und Abschätzung der Vegetationsentwicklung

Habitat composition of the Spülhalde VII. Lichtloch in Halsbrücke and reconstruction of the vegetation development

Kevin Meyer, Elke Richert

Zusammenfassung: Die Spülhalde VII. Lichtloch liegt nördlich von Freiberg (Sachsen) in Halsbrücke und ist Bestandteil des FFH-Gebietes „Oberes Freiburger Muldetal“. Von 1937 bis 1958 wurden auf der Halde blei- und zinkhaltige Rückstände einer nasschemischen Erzaufbereitung verspült. Anschließend wurde der Haldenkörper mit Erdstoffen abgedeckt und im weiteren Verlauf weitestgehend der natürlichen Sukzession überlassen. Ziel der vorliegenden Arbeit war eine flächendeckende Biotoptypenkartierung und eine Abschätzung der Vegetationsentwicklung unter Zuhilfenahme von historischen Luftbildern und Fotos. Für die Halde konnten 26 und für direkt angrenzende Flächen 13 Biotoptypen nachgewiesen werden. Auf der Halde nahmen Vorwälder frischer Standorte mit 76 % den höchsten Flächenanteil ein, wobei *Betula pendula* die häufigste Art war, gefolgt von *Quercus robur*. Im Offenland kamen neben Ruderal- und Staudenfluren auch Zwergstrauchheiden vor, die eine besonders hohe naturschutzfachliche Relevanz aufweisen. Der Vergleich mit historischen Daten von 1994 und älteren Fotos zeigt, dass die Gehölzdeckung seither deutlich zugenommen hat. Auf nährstoff- und basenarmen Standorten mit geringer Substratauflage sowie auf Standorten mit dominanten Grasarten verlief die Sukzession verzögert. Bei ungestörtem Verlauf der Sukzession können für den überwiegenden Teil der Halde Gehölzbestände mit Buchen und Eichen als Endzustand angenommen werden; aufgrund der besonderen Standortverhältnisse auf der Halde kleinflächig auch in einer thermophilen Ausbildung. Zum Schutz und zur Förderung der naturschutzfachlich wertvollen Offenlandbiotope, insbesondere mit *Calluna vulgaris*, ist die Beseitigung von Gehölzen bzw. die Mahd mit Abtransport der Biomasse erforderlich.

Schlüsselwörter/Keywords: Biotopkartierung, Bergbaufolgelandschaft, Vorwälder, Sukzession, Ruderalfluren, *Calluna vulgaris*, habitat mapping, post-mine landscape, pioneer forests, succession, pioneer vegetation

1. Einleitung

Freiberg (Mittelsachsen) hat eine lange Bergbaugeschichte und noch heute wird das Landschaftsbild durch Halden geprägt. Neben Bergehalden kommen im Freiburger Raum mehrere Spülhalden vor, zu denen die Spülhalde VII. Lichtloch in Halsbrücke zählt. Von 1937 bis 1958 wurden in die Halde Erzaufbereitungsrückstände aus den Flotationsprozessen des Halsbrücker Blei- und Zinkerzbaus verspült (Mollée 2013). Diese Spülsande weisen eine hohe Belastung mit Schwermetallen auf, reagieren sauer und sind äußerst nährstoffarm. Nach Einstellung des Spülbetriebes erfolgten zum Schutz vor Austrägen von Schadstoffen eine Abdeckung mit Erdstoffen und eine Begrünung der Halde (Mollée 2013). Die Böschungsseiten erfuhren dabei eine „ausreichende Abdeckung“, wohingegen auf der Plateaufläche nur eine geringmächtige und z.T. lückenhafte Abdeckung erfolgte. Anschließend wurde die Halde weitestgehend der natürlichen Sukzession überlassen. Die Halde ist Bestandteil des FFH-Gebietes „Oberes Freiburger Muldetal“ (Kuschka et al. 2008, unpubl.).

Seit 2016 beschäftigt sich die Arbeitsgruppe Biologie/Ökologie der TU Bergakademie auf weiteren zwei Spülhalden im Freiburger Raum, der Spülhalde Davidschacht und der Spülhalde Münzbachtal mit ökologischen Untersuchungen zur Tier- und Pflanzenwelt (Erlor et al. 2017, Funke et al. 2017, Heilmeyer et al. 2017, Richert & Aufsfeld 2017, Richert et al. 2017a,b,c, Scholz et al. 2017, Westhäuser & Richert 2017) sowie mit ökophysiologischen und geochemischen Fragestellungen (Hecht et al. 2017, Midula et al. 2017, Wiche et al. 2018). Die in der vorliegenden Arbeit dargestellten Ergebnisse beruhen auf der Bachelorarbeit von Kevin Meyer (Meyer 2017, unpubl.). Im Jahr 2017 wurden auf der Spülhalde VII. Lichtloch zudem die Gehölzstrukturen (Häuser 2017, unpubl.) und die Offenlandgesellschaften (Schwabe 2018, unpubl.) analysiert. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse einer flächendeckenden Biotoptypenkartierung vorgestellt und ein Vergleich mit historischen Daten zur Abschätzung der Vegetationsentwicklung vorgenommen.

2. Untersuchungsgebiet

Die Spülhalde VII. Lichtloch befindet sich nördlich der Universitätsstadt Freiberg im Ort Halsbrücke (Abb. 1), in unmittelbarer Nähe zum Siedlungsraum und zur Freiburger Mulde, die einen markanten Bogen um das Untersuchungsgebiet zieht (Abb. 2). Der Haldenkörper bedeckt eine Aufstandsfläche von etwa 9,8 ha und erhebt sich bis zu 15 m über die angrenzende Talau (Mollée 2013). Neben dem eigentlichen Haldenkörper wurden auch direkt angrenzende Flächen erfasst.

Naturräumlich wird das Untersuchungsgebiet dem Mulde-Lösshügelland zugeordnet. Es liegt in der Mesogeochore Muldelland bei Freiberg (Mannsfeld & Syrbe 2008). Das Untersuchungsgebiet befindet sich im östlichen Teil der Fichtelgebirgisch-Erzgebirgischen Antiklinalzone, einem ausgedehnten Graugneiskomplex (Heilmann et al. 1993). Der sog. „Freiberger Gneis“ bildete dabei das für den Raum Freiberg so wichtige Rahmengestein für Silberlagerstätten (Sebastian 2013). Pedoregional ist der Freiberger Raum in die Bodengroßlandschaft der Berg- und Hügelländer einzuordnen (Pälchen & Walter 2008), für die Braunerden, bei Staunäseeinfluss auch Pseudogleye, charakteristisch sind. In den Fluss- und Bachtälern treten vor allem Gleye und Braunaueböden (Vegen) auf. Die Substrate der Spülhalde weisen hohe Blei- und Zinkgehalte auf und können aufgrund ihrer Entstehungsgeschichte diesen Bodentypen nicht zugeordnet werden.

Klimatisch befindet sich das Untersuchungsgebiet im Übergangsbereich zwischen Berg- und Hügellandklima (Mannsfeld & Syrbe 2008). Als potenzielle natürliche Vegetation (PNV) geben Schmidt et al. (2002) für das Gebiet einen „Typischen Hainsimsen-Eichen-Buchenwald“ an. Aufgrund der von natürlichen Gegebenheiten vollkommen abweichenden Substrat- und Nährstoffverhältnisse, der meso- und mikroklimatischen besonderen Gegebenheiten sowie der überwiegenden Unabhängigkeit vom Grundwasser geht Golde (2013) für die Halde allerdings von einer thermophilen Ausprägung der Eichen-Buchenwälder als PNV aus.



Abb. 1: Lage der Spülhalde VII. Lichtloch (grüner Rahmen) in Halsbrücke nördlich von Freiberg (Sachsen) im Bogen der Freiburger Mulde (Luftbild: GeoSN 2015).

Fig. 1: Position of the Spülhalde VII. Lichtloch (green frame) in Halsbrücke in the north of Freiberg (Saxony) within the curvature of the Freiburger Mulde (aerial photo: GeoSN 2015).



Abb. 2: Blick auf die Spülhalde VII. Lichtloch vom nordöstlich gelegenen „Kreuzfelsen“ (Foto: K. Meyer, 03.05.2017).

Fig. 2: View of the Spülhalde VII. Lichtloch from the northeastern located rock „Kreuzfelsen“ (photo: K. Meyer, 3 May 2017).

3. Methoden

Die Kartierung der Biotypen erfolgte während der Vegetationsperiode 2017. Als Kartiergrundlage diente eine Luftbildaufnahme des Staatsbetriebs Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN 2015). Die Benennung der Biotypen erfolgte in Anlehnung an Buder & Uhlemann (2010), teilweise wurde die Bezeichnung an lokale Biotopausprägungen angepasst. Anhand des Luftbildes konnte zunächst eine grobe Aufteilung in Offenland und Gehölzbestand vorgenommen werden. Für die genaue Abgrenzung der Kartiereinheiten erfolgte im Gelände die Aufnahme von geographischen Koordinaten mithilfe eines GPS-Gerätes (Garmin eTrex 10), das eine Ungenauigkeit von maximal 3 m aufwies. Bei mehrfachen Begehungen wurden den Kartiereinheiten direkt im Gelände Biotypen zugeordnet. Ein Biotyp wurde als „Vorwald“ bezeichnet, wenn eine Gehölzdeckung (Baum- und Strauchschicht) von mindestens 25 % erreicht war. Die Visualisierung des Untersuchungsgebietes mit den Kartiereinheiten und deren zugewiesenen Biotypen sowie die Flächenberechnung erfolgten mittels der Software ArcMap (ESRI, USA).

Des Weiteren wurden je Kartiereinheit kennzeichnende und dominante Pflanzenarten sowie Arten mit einer hohen naturschutzfachlichen Relevanz erfasst und deren Häufigkeit entsprechend der in Tabelle 1 dargestellten Klassifikation abgeschätzt. Die Nomenklatur der Arten richtet sich nach Schulz (2013). Weiterhin erfolgte die Abschätzung der prozentualen Deckungswerte für die einzelnen Vegetationsschichten (Baum-, Strauch-, Kraut-, Moos-, Streuschicht, Flechten) und der Gesamtdeckung sowie die Aufnahme der Wuchshöhen von Baum-, Strauch- und Krautschicht. Zur Strauchschicht wurden Gehölze mit einer Höhe von 1 m bis 3 m gezählt. Für geneigte Flächen wurden zudem Exposition und Neigung dokumentiert. Die Daten der Arterfassungen wurden mit der Software SORT (Durka & Ackermann 1993) bearbeitet. Angaben zur Ökologie der Arten wurden Oberdorfer (2001) und FloraWeb (Hrsg. BfN) entnommen.

4. Ergebnisse

4.1 Biotypenausstattung des Untersuchungsgebietes

Im Untersuchungszeitraum 2017 konnten im Untersuchungsgebiet insgesamt 30 verschiedene Biotypen und Ausprägungen (Abb. 3, Tabelle A1, Anhang) kartiert sowie 127 Pflanzenarten (s. Tabelle A2 und A3, Anhang) nachgewiesen werden. 26 Biotypen zählten zum Haldenkomplex; 13 Biotypen grenzten an den Haldenkomplex an. Insgesamt nahmen die Gehölzbiotope mit 80 % den größten Flächenanteil ein (vgl. Abb. 3), wobei Vorwälder mit *Betula pendula* und *Quercus robur* dominierten (Tabelle A1). Das Offenland war neben Stauden- und Ruderalfluren u. a. durch Zwergstrauchheiden und eine trockene Sandheide geprägt.

Tabelle 1: Verwendete Klassifikation für die Abschätzung der Abundanz der Pflanzenarten.

Table 1: Used classification to estimate the abundance of the plant species.

Klasse	Definition
1	unter 1 % Deckung; nur wenige Individuen
2	1 % bis < 25 % Deckung
3	25 % bis < 50 % Deckung
4	50 bis < 75 % Deckung
5	75 % und höhere Deckung; dominante Art, regelmäßig auf der gesamten Fläche vorkommend

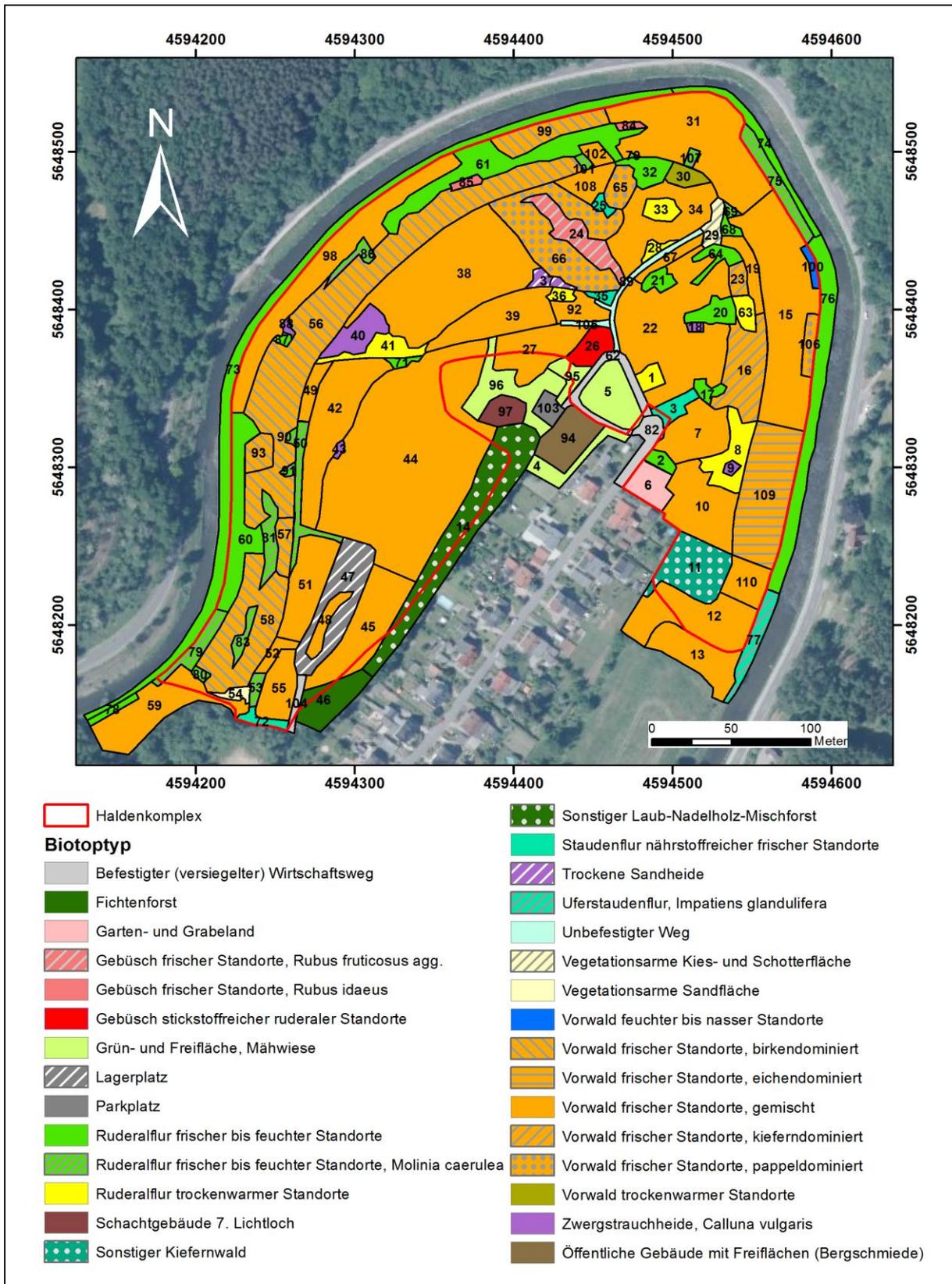


Abb. 3: Biotypenkarte der Spülhalde VII. Lichtloch (2017). In den Kartiereinheiten vorkommende Arten finden sich unter der entsprechenden Flächennummer in den Tabellen A2 und A3.

Fig. 3: Map of habitat types of the Spülhalde VII. Lichtloch (2017). Species occurring in the patches can be found under the corresponding number in the tables A2 and A3.

(Kartengrundlage/basic map: Luftbild/aerial photo by GeoSN 2015; Koordinatengitter/coordinate grid: DHDN 3 Degree Gauss Zone 4 (EPSG 31468); Abgrenzung/delimitation of the Spülhalde (red line) by Hertwig et al. 1994, unpubl., Anhang/annex 5).

4.2 Charakterisierung der Biotypen auf der Spülhalde

Im Folgenden werden die Biotypen vorgestellt; ihre Lage kann Abb. 3 und die Artenzusammensetzung der Kartiereinheiten kann Tabelle A2 (Gehölzbiotope) bzw. A3 (Offenlandbiotope) entnommen werden.

4.2.1 Die Gehölzbiotypen

Mit einem relativen Flächenanteil (rFA) von 76 % kamen die „Vorwälder frischer Standorte“ auf der Halde am häufigsten vor. Der Biotyp wurde in fünf Ausprägungen kartiert – eine gemischte, eine birkendominierte, eine eichendominierte, eine kieferndominierte und eine pappeldominierte Ausprägung (s. Abb. 4).

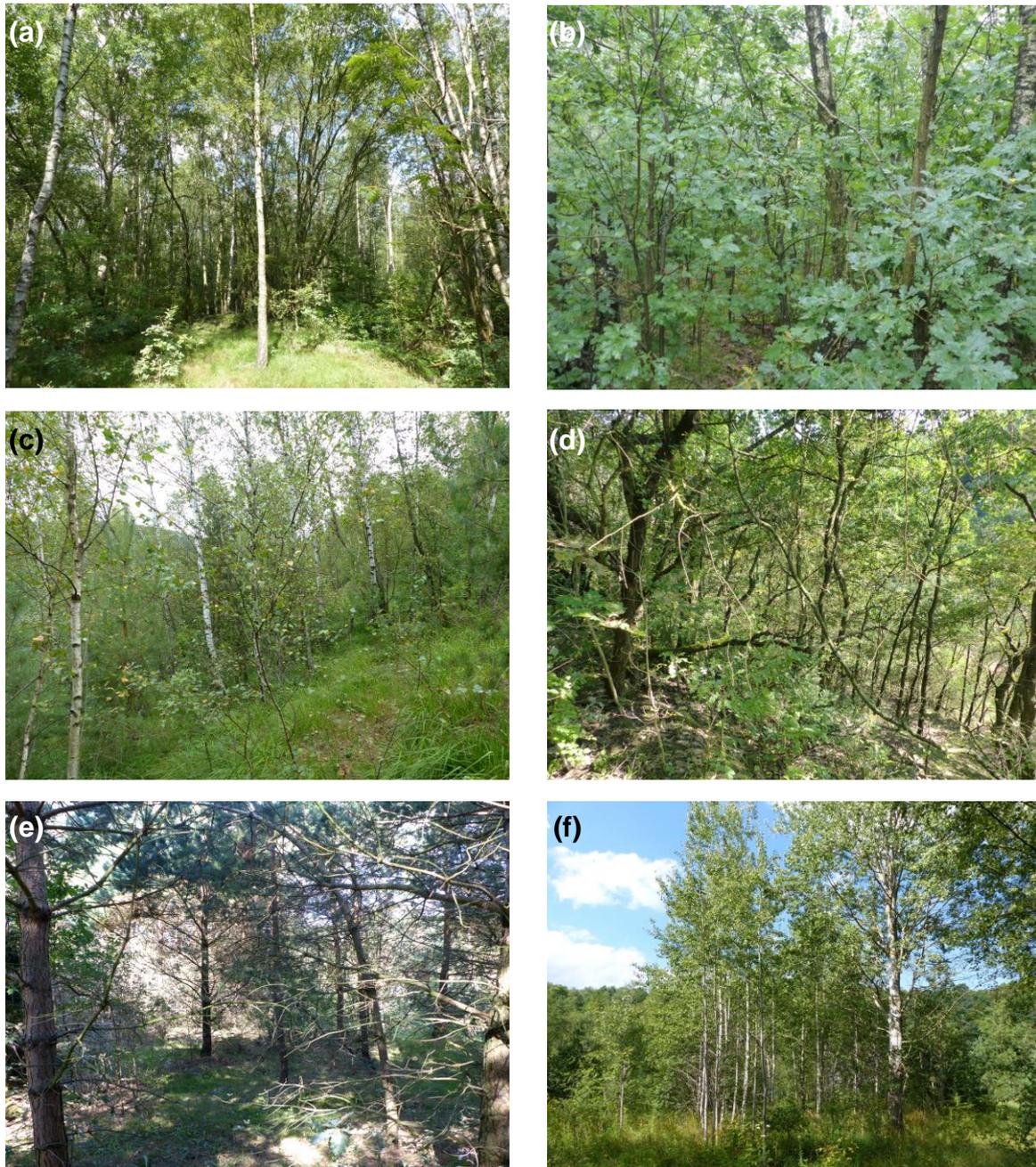


Abb. 4: Beispiele für Vorwälder frischer Standorte auf der Spülhalde VII. Lichtloch: (a) „Vorwald frischer Standorte, gemischt“; (b) „Vorwald frischer Standorte, gemischt“ mit einer hohen Deckung an *Quercus robur* in der Strauchschicht; (c) „Vorwald frischer Standorte, birkendominiert“; (d) „Vorwald frischer Standorte, eichendominiert“; (e) „Vorwald frischer Standorte, kieferndominiert“; (f) „Vorwald frischer Standorte, pappeldominiert“ (Fotos: K. Meyer).

Fig. 4: Examples for pioneer forests of fresh sites of the Spülhalde VII. Lichtloch: (a) “Pioneer forest of fresh sites, mixed species composition “; (b) “Pioneer forest of fresh sites, mixed species composition“ with a high coverage of *Quercus robur* in the shrub layer; (c) “Pioneer forest of fresh sites, birch dominated“; (d) “Pioneer forest of fresh sites, oak dominated“; (e) “Pioneer forest of fresh sites, pine dominated“; (f) “Pioneer forest of fresh sites, poplar dominated“ (photos: K. Meyer).

Unter den „**Vorwäldern frischer Standorte**“ nahm die **gemischte** Ausprägung, also die Ausprägung mit mehreren häufigen Arten in der Gehölzschicht, die größte Fläche auf der Halde ein (rFA 54,9 %). Der Biotyp war sowohl auf dem Haldenplateau als auch auf den Hängen der Spülhalde verbreitet. Die Baumschicht wurde durch die Pioniergehölze *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Pinus sylvestris* und *Salix caprea* geprägt (Abb. 4a; Tabelle A2/Spalten 10-35); häufig war zudem *Quercus robur*, besonders in der Strauchschicht, vertreten (Abb. 4b). Weitere Gehölzarten waren *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*, *Crataegus monogyna*, *Fagus sylvatica* und *Robinia pseudoacacia*. In der Krautschicht kamen Frischezeiger wie *Arrhenatherum elatius* sowie die Säure- und Magerkeitszeiger *Agrostis capillaris* und *Deschampsia flexuosa* vor. An zwei Standorten wurden darüber hinaus größere Vorkommen an *Calluna vulgaris* nachgewiesen (Tabelle A2/14, 20).

Die **birkendominierte** Ausprägung der „Vorwälder frischer Standorte“ (rFA 12,4 %) erstreckte sich hauptsächlich entlang der westlichen und nordwestlichen Haldenböschung. *B. pendula* war die dominante Art in der Baum- und Strauchschicht (Abb. 4c; Tabelle A2/5-9); vereinzelt kamen *P. sylvestris*, *Q. robur* und *P. tremula* vor. Auch die Arten der Krautschicht wie *D. flexuosa* und *A. capillaris* weisen auf magere und basenarme Standortbedingungen hin.

Der **eichendominierte** „Vorwald frischer Standorte“ (rFA 3,2 %) befand sich im Bereich der östlichen Haldenböschung. In Baum- und Strauchschicht dominierte die namensgebende Art *Quercus robur* (Abb. 4d; Tabelle A2/36). Charakteristisch für die Kartiereinheit waren darüber hinaus eine hohe Streudeckung und eine nur lückig ausgeprägte Krautschicht mit *D. flexuosa* und *A. capillaris* sowie *Pilosella officinarum* und *Pimpinella saxifraga*, die auf einen Übergang zu trockenen Verhältnissen schließen lassen.

Die **kieferndominierten** „Vorwälder frischer Standorte“ (rFA 1,9 %; Abb. 4e) kamen auf dem östlichen Haldenplateau vor. Auch wenn *P. sylvestris* sowie *P. officinarum* auf eher trockene Verhältnisse schließen lassen, wurden diese Kartiereinheiten u.a. aufgrund des Auftretens zahlreicher Grünlandarten frischer Standorte wie *Arrhenatherum elatius* entsprechend klassifiziert (Tabelle A2/38-39). Auffällig war die im Vergleich zu den anderen Biotypen hohe Deckung der Mooschicht und der Nadelstreu.

Die **pappeldominierte** Ausprägung der „Vorwälder frischer Standorte“ (rFA 3,7 %) wurde auf dem nördlichen Haldenplateau und im unteren Hangbereich der Ostböschung nachgewiesen. Die Gehölzschicht wurde geprägt durch die namensgebende Art *P. tremula* sowie u.a. von *B. pendula* und *Q. robur*. Der hohe Wuchs der krautigen Vegetation sowie das Auftreten von *Tanacetum vulgare* und *Rubus*-Arten, weisen auf nährstoffreichere Verhältnisse hin.

Der „**Vorwald trockenwarmer Standorte**“ (rFA 0,3 %) wurde am nördlichen Rand des Haldenplateaus kartiert. Charakteristisch für den Standort war das direkte Anstehen von grobem Bergematerial und demnach das Fehlen von aufgebrachtem Substrat. Der auffallend lichte Gehölzbewuchs (vgl. Abb. 5a) wurde von *B. pendula* aufgebaut, daneben kamen vereinzelt *P. sylvestris* und wenige Exemplare von *Betula c.f. pubescens*¹ vor (Tabelle A2/37). Die Krautschicht war sehr karg bis stellenweise gar nicht vorhanden, wohingegen der Bewuchs an Moosen und Flechten deutlich ausgeprägter war. Nach eigenen Beobachtungen heizt sich das dunkle Bergematerial an sonnigen Sommertagen stark auf.



Abb. 5: Die Vorwald-Biotypen: (a) „Vorwald trockenwarmer Standorte“; (b) „Vorwald feuchter bis nasser Standorte“ (Fotos: K. Meyer).

Fig. 5: The pioneer forest types: (a) “Pioneer forest of dry and warm sites”; (b) “Pioneer forest of moist to wet sites” (photos: K. Meyer).

¹ Bis zum Redaktionsschluss war die sichere Bestimmung von *Betula c.f. pubescens* noch nicht möglich. Anders als ihr deutscher Name vermuten lässt, ist diese Art nach Licht (2013) allerdings keineswegs nur auf Moorstandorte beschränkt.

Der „**Vorwald feuchter bis nasser Standorte**“ lag im unteren Bereich der nordöstlichen Haldenböschung (0,1 % rFA). Er erstreckte sich als relativ schmaler Streifen z. T. im direkten Übergangsbereich zur angrenzenden Talaue (Abb. 5b) und wurde durch den Nässezeiger *Alnus glutinosa* geprägt (Tabelle A2/41).

Darüber hinaus wurden folgende vier **weitere Gehölzbiotypen** mit geringen Flächenanteilen auf der Haldenfläche kartiert: „Sonstiger Kiefernwald“, „Fichtenforst“, „Sonstiger Laub-Nadelholz-Mischforst“ und „Gebüsch stickstoffreicher ruderaler Standorte“.

4.2.2 Die Offenlandbiotypen

Biotypen des Offenlandes kamen nur relativ kleinflächig vor. Den flächenhaft wichtigsten Offenlandbiotyp bildeten die „Ruderalfluren frischer bis feuchter Standorte“ (rFA 8,7 %; s. Abb. 6a,b). Die naturschutzfachlich bedeutsamsten Standorte auf der Spülhalde bildeten die „Ruderalfluren trockenwarmer Standorte“ (rFA 2,6 %; s. Abb. 6c), die Zwergstrauchheiden und trockenen Sandheiden (rFA 1,2 %; s. Abb. 6e,f). In allen Biotypen kamen Arten des Wirtschaftsgrünlandes wie *Agrostis capillaris* und *Holcus lanatus* vor. Des Weiteren waren Arten wie *Deschampsia flexuosa*, die auf magere Standortbedingungen hinweisen, in fast allen Biotypen vertreten. Zu den nachgewiesenen Gehölzarten zählen insbesondere *B. pendula* und *Q. robur*, auf den trockenwarmen Standorten zusätzlich *P. sylvestris*, insbesondere in der Strauch- und Baumschicht, seltener in der Krautschicht (Tabelle A3).

Nährstoff- und basenarme Standorte mit Offenlandvegetation nahmen auf der Halde nur vergleichsweise geringe Flächen ein (Abb. 3): Der Biotyp „**Zwergstrauchheide, Calluna vulgaris**“ (rFA 1,0 %) war über die gesamte Haldenfläche verteilt. Das größte Vorkommen bildete dabei die Kartiereinheit 40 auf dem Westplateau der Spülhalde (Abb. 6e). Neben *C. vulgaris* kamen weitere Magerkeits- und Säurezeiger wie *D. flexuosa* und *P. officinarum* sowie Grasarten wie *M. caerulea*, *D. flexuosa* und *A. capillaris* vor (Tabelle A3/2-6). Regelmäßig traten *P. sylvestris* und *B. pendula* bereits in der Baum- und Strauchschicht auf.

Der Biotyp „**Trockene Sandheide**“ (rFA 0,2 %) lag im mittleren Bereich des nördlichen Haldenplateaus. Aufgrund der Einzigartigkeit des Standortes wurde diese Kartiereinheit getrennt vom Biotyp „Zwergstrauchheide, *Calluna vulgaris*“ kartiert. Neben *C. vulgaris* dominierte *Genista tinctoria* die Fläche (Abb. 6f; Tabelle 3/1).

Auch vegetationsarme Biotope nahmen auf der Spülhalde VII. Lichtloch nur einen sehr geringen Flächenanteil ein. Der Biotyp „**Vegetationsarme Sandfläche**“ (rFA 0,2 %) befand sich am südwestlichen Ende des Haldenkomplexes und entstand vermutlich durch unerlaubte Entnahme von Spülsanden durch Privatpersonen vor mehreren Jahrzehnten (persönl. Mitt. Andreas Benthin, Verein VII. Lichtloch). Die sehr karge Krautschicht der teils offenen Spülsandfläche wurde geprägt durch *A. capillaris* und *D. flexuosa* und einige wenige weitere Magerkeits- und Säurezeiger wie *J. montana* und *D. deltoides*. (Tabelle A3/38). Auffallend war zudem eine hangabwärts gerichtete Erosionsrinne, die als Weg genutzt wurde (Abb. 7a).

Der Biotyp „**Vegetationsarme Kies- und Schotterfläche**“ (rFA 0,3 %) wie eine dem vorherigen Biotyp ähnliche Artenzusammensetzung auf und lag am nordöstlichen Ende des Haldenplateaus.

Auf mit Nährstoffen besser versorgten Standorten der Halde entwickelten sich **Ruderal- und Staudenfluren**, wobei die Ruderalfluren insbesondere aufgrund ihrer anthropogenen Entstehung zu den entsprechenden Biotypen gestellt wurden. Kennzeichnend für die Ruderalfluren waren Arten wie *Daucus carota*, *Galeopsis speciosa* und auch *Festuca rubra* (Tabelle A3). Bedingt durch unterschiedliche Nährstoffverfügbarkeit und Bodenfeuchte konnten zwei Typen der Ruderalfluren unterschieden werden:

Die „**Ruderalfluren trockenwarmer Standorte**“ (rFA 2,6 %) lagen verstreut auf dem Haldenplateau (Abb. 3). Charakteristisch war der stellenweise schütterer Bewuchs der niedrigwüchsigen Krautschicht und eine erhöhte Deckung an Flechten (Abb. 6c; Tabelle A3/7-13). Vergleichbar zu den oben beschriebenen Biotypen war die Krautschicht geprägt durch Arten trockenwarmer Standorte wie *D. deltoides*, aber es traten darüber hinaus Arten wie *F. rubra* und *S. autumnalis* auf, die auf eine etwas bessere Nährstoffversorgung der Standorte hinweisen. Auch hier kamen neben *P. sylvestris* weitere Gehölze bereits in der Baumschicht vor.

Die „**Ruderalfluren frischer bis feuchter Standorte**“ wurden in einer typischen Ausprägung sowie in einer Ausprägung mit dominantem Pfeifengras (*Molinia caerulea*) kartiert. Die **typische** Ausprägung (rFA 6,1 %) kam hauptsächlich im nordöstlichen Bereich des Haldenplateaus sowie entlang der offenen Böschungsbereiche im Nordwesten und Westen vor. Auffällig war die hohe Stetigkeit und Abundanz von *A. capillaris* in diesem Biotyp (Tabelle A3/27-37) sowie die hohe Deckung der Mooschicht (Abb. 6a). *D. deltoides* und *J. montana* weisen auf einen Übergang zu den Ruderalfluren trockenarmer Standorte hin. Zwar wurde *M. caerulea* auch auf Flächen dieses Biotyps nachgewiesen, allerdings mit niedrigeren Deckungswerten und geringerer Stetigkeit als in der nach dieser Art benannten Ausprägung.

Die Ausbildung mit *Molinia caerulea* (rFA 2,6 %) kam auf den Hängen im Westen und Nordwesten der Spülhalde vor. Charakteristisch waren eine hohe Deckung und Wuchshöhe der Krautschicht sowie eine hohe Moosdeckung. Neben der dominanten Art *M. caerulea* (Tabelle A3/14-26; Abb. 6b) kamen insbesondere weitere Grasarten vor, Blütenpflanzen traten hingegen nur vereinzelt auf.



Abb. 6: Beispiele für Offenlandbiotypen auf der Spülhalde VII. Lichtloch: (a) „Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte“; (b) „Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte, *Molinia caerulea*“; (c) „Ruderalflur trockenwarmer Standorte“; (d) „Staudenflur nährstoffreicher frischer Standorte“; (e) „Zwergstrauchheide, *Calluna vulgaris*“; (f) „Trockene Sandheide“ während der Blütezeit von *Genista tinctoria* (gelb) (Fotos: K. Meyer).

Fig. 6: Examples for openland habitat types on the Spülhalde VII. Lichtloch: (a) “Ruderal vegetation of fresh to damp sites”; (b) “Ruderal vegetation of fresh to damp sites, *Molinia caerulea*”; (c) “Ruderal vegetation of dry and warm sites”; (d) “Forb stands of nutritious and fresh sites”; (e) “Dwarf shrub heathland, *Calluna vulgaris*”; (f) “Dry sand heathland“ with flourishing *Genista tinctoria* (yellow) (photos: K. Meyer).

Der Biotyp „**Staudenflur nährstoffreicher frischer Standorte**“ (rFA 0,7 %) wurde an vier Stellen auf der Spülhalde kartiert. Allgemein war die hochwüchsige Krautschicht geprägt durch *Solidago canadensis*, *Tanacetum vulgare*, *Artemisia vulgaris*, *Aegopodium podagraria* und *Vicia cracca*, die auf nährstoffreiche sowie frische Standortverhältnisse hindeuten (Tabelle A3/45-48). Neben *Rubus*-Arten kamen vergleichsweise viele weitere Gehölzarten auf den Flächen vor, auch in der Baumschicht.

Auch im Biotyp „**Gebüsch frischer Standorte**“ (rFA 1,2 %) waren *Rubus idaeus* bzw. *Rubus fruticosus* agg. aspektbestimmend. Daneben kamen einige Gehölzarten und nur wenige andere Arten in der Krautschicht vor, wie die Nährstoffzeiger *Urtica dioica* und *Cirsium arvense* (Tabelle A3/49).

Der Biotyp „**Unbefestigter Weg**“ (rFA 0,5 %) erstreckte sich entlang des mittleren und nördlichen Haldenplateaus. Bei Kartiereinheit 89 handelte es sich um einen mehr oder weniger bewachsenen „Schotterweg“, dessen Krautschicht geprägt wurde durch Magerkeits- und Frischezeiger (Tabelle A3/41). Erwähnenswert ist der Nachweis des Steifen Augentrostes (*Euphrasia stricta*) sowie des Echten Tausendgüldenkrautes (*Centaurium erythraea*), welches gegen Ende des Erfassungszeitraumes als Einzelfund aufgenommen wurde. Die Krautschicht des „**Grünweges**“ (erdige Bodenoberfläche) war u. a. charakterisiert durch *Poa annua*, *Agrostis capillaris*, *Lolium perenne* sowie die Klee-Arten *Trifolium repens* und *T. pratense* (Tabelle A3/40). Demnach waren hier bereits frischere und nährstoffreichere Standortverhältnisse vorzufinden.

Weitere Offenlandbiotypen, die hauptsächlich in Siedlungsnähe auftraten, waren die Typen „Grün- und Freifläche, Mähwiese“ (Abb. 7b), „Garten- und Grabeland“, „Befestigter (versiegelter) Wirtschaftsweg“ und ein asphaltierter „Lagerplatz“.

4.3 Gefährdung und Schutzstatus

In Tabelle A1 sind die nachgewiesenen Biotypen und ihre Gefährdung (nach Buder & Uhlemann 2010) sowie deren Schutzstatus (§ 30 BNatSchG) zusammengestellt. Demnach stehen alle Vorwälder und die Staudenfluren nährstoffreicher frischer Standorte auf der Vorwarnliste der Roten Liste der Biotypen Sachsens. Die Zwergstrauchheiden und trockenen Sandheiden gelten als stark gefährdet und sind geschützt. Zudem können die Zwergstrauchheideflächen dem FFH-Lebensraumtyp „Trockene europäische Heiden“ (FFH-LRT 4030) zugeordnet werden, die laut Kuschka et al. (2008, unpubl.) Bestandteil des FFH-Managementplanes für das „Obere Freiburger Muldetal“ sind. Als gefährdet gelten die vegetationsarmen Biotypen und der unbefestigte Weg sowie die *Rubus*-Gebüsche.

Von den nachgewiesenen Pflanzenarten stehen nach Schulz (2013) *Centaurium erythraea*, *Crataegus laevigata* und *Genista tinctoria* auf der Vorwarnliste, wobei *C. erythraea* zusätzlich als besonders geschützt (BNatSchG) gilt. Als einzige gefährdete Art konnte *Euphrasia stricta* nachgewiesen werden.



Abb. 7: Die Offenlandbiotypen: (a) „Vegetationsarme Sandfläche“; (b) „Grün- und Freifläche, Mähwiese“ (Fotos: K. Meyer).

Fig. 7: Open land habitat types: (a) “Low covered sandy sites”; (b) “Grassland area” (photos: K. Meyer).

4.4 Abschätzung der Vegetationsentwicklung

Anhand der 2017 erfassten Biotoypenausstattung (Abb. 3), dem Vergleich mit früheren floristischen Bestandsaufnahmen von Hertwig et al. (1994, unpubl.) sowie dem Vergleich von historischen Bildaufnahmen mit dem heutigen Zustand (Abb. 8) und unter Berücksichtigung der Vegetationstabellen (Tabelle A2, A3), soll im Folgenden die Vegetationsentwicklung auf der Spülhalde soweit als möglich nachvollzogen werden.

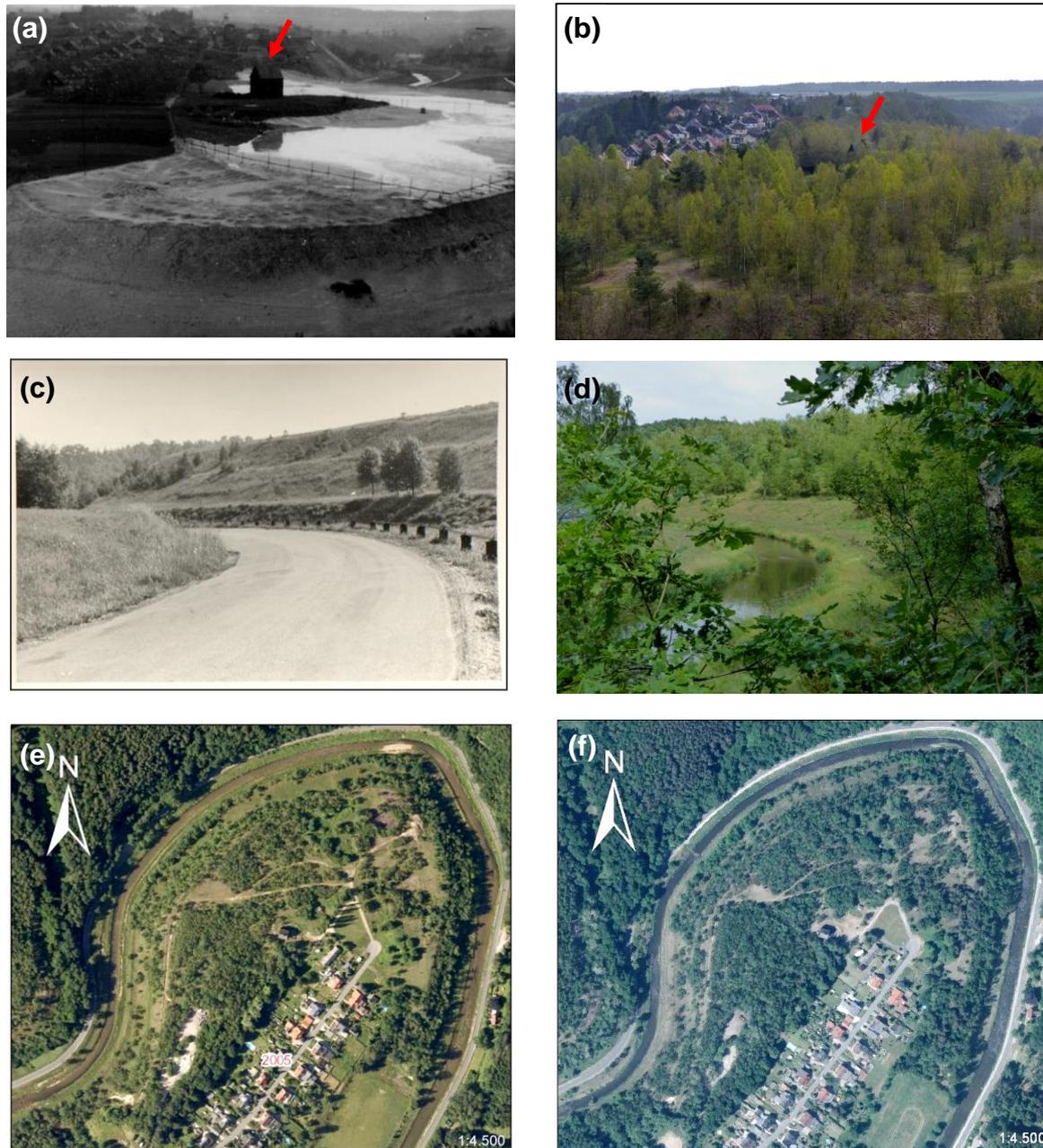


Abb. 8: Bildliche Gegenüberstellung der Vegetationsentwicklung auf der Spülhalde VII. Lichtloch. Blick auf das nördliche Haldenplateau (a) gegen Ende der 1950er Jahre (aus Klanthe et al. 2017; Foto: Herrmann, Digitalisat: Sammlung H. Herklotz) und (b) Anfang Mai 2017 (Foto: K. Meyer) (der rote Pfeil markiert jeweils das Schachtgebäude „VII. Lichtloch“); Blick auf die Westböschung (c) um 1968 (Sächsisches Staatsarchiv, Bergarchiv Freiberg, 40095 VEB Bergbau- und Hüttenkombinat "Albert Funk" Freiberg samt Vorgängerbetrieben und Nachfolgern, Nr. 2-O16778) und (d) Anfang Juli 2017 (Foto: K. Meyer); Luftbildaufnahmen der Spülhalde VII. Lichtloch (e) im Jahre 2005 und (f) am 05. Juni 2015 (Quelle Luftbild (e) GeoSN 2005 und (f) GeoSN 2015).

Fig. 8: Comparison of photos of the vegetation development on the Spülhalde VII. Lichtloch. View onto the northern dump plateau (a) at the end of the 1950s (from Klanthe et al. 2017; photo: Herrmann, Digitalisat: collection H. Herklotz) and (b) at the beginning of May 2017 (Photo: K. Meyer) (the red arrow marks the mine shaft building "VII. Lichtloch"); view onto the western embankment (c) around 1968 (source see above) and (d) at the beginning of July 2017 (photo: K. Meyer); aerial photos of the Spülhalde VII. Lichtloch (e) in 2005 and (f) in June 2015 (source aerial photo: (e) GeoSN 2005 and (f) GeoSN 2015).

Nach der Rekultivierung des offenliegenden Haldenkörpers (vgl. Kap. 2; s. Abb. 8a) waren die Hänge laut Hertwig et al. (1994, unpubl.) bereits 1966 vollständig mit einer sog. „Lehmschürze“ bestehend aus Lehm- und Mutterboden bedeckt. Etwa zwei Jahre später war die Westböschung großflächig mit Grasfluren bewachsen und es waren bereits niedrigwüchsige Gehölze erkennbar (Abb. 8c). Im weiteren Verlauf entwickelte sich auf der Spülhalde bis 1994 eine weitgehend geschlossene Vegetationsdecke, die von Magerrasen und Pionierwäldern dominiert wurde.

Eine besondere Auffälligkeit ist nach Hertwig et al. (1994, unpubl.) ein unterschiedlicher Sukzessionsstand des Ost-, West- und Nordplateaus sowie der Ost- und Nordwest-Böschung. Das Ostplateau der Halde wurde 1994 großflächig von „**artenreichen Magerrasen**“ geprägt. Heute finden sich hier jedoch großflächig „Vorwälder frischer Standorte“ (Abb. 3: z. B. Kartiereinheit (KE) 16, 22) sowie nur noch kleinräumig trockenwarme bis frische Ruderalfluren (z. B. KE 8, 20). Die fortschreitende Sukzession auf dem Ostplateau wird durch den Luftbildvergleich von 2005 bis 2015 (Abb. 8e,f) deutlich. Das West- und NW-Plateau war dagegen schon 1994 großflächig von Gehölzen geprägt. Kartiert wurden hier „**pappel- und birkendominierte Pioniergehölze**“, die sich laut Hertwig et al. (1994, unpubl.) vor allem aus Magerrasen entwickelten, was u. a. an den vorkommenden Arten *A. capillaris* und *Pilosella officinarum* zu erkennen war. Aus den damals noch großflächig nur schlechtwüchsigen Pioniergehölzen entwickelten sich bis heute höherwüchsige, gemischte „Vorwälder frischer Standorte“ (z. B. KE 44). Zudem sind die Bereiche des NW-Plateaus von einem dichten Strauchbewuchs der Art *Q. robur* gekennzeichnet (z. B. KE 38; s. Abb. 4b). Zwei standörtliche Besonderheiten im Bereich des W-Plateaus bilden jedoch auch heute noch eine vergleichsweise großflächige „Ruderalflur trockenwarmer Standorte“ sowie ein großer *Calluna vulgaris*-Bestand (KE 40, 41). Der Bereich ist heute ebenso durch eine zunehmende Verbuschung beeinflusst (vgl. Abb. 8e,f). Auf dem N-Plateau wurde 1994 ein „**Komplex von Ruderalfluren und ruderalisiertem Grünland**“ kartiert, der durch nährstoffreiche Aufschüttungen beeinflusst war und verschiedene gras- oder hochstaudendominierte Flächen aufwies. Heute befinden sich in dem Bereich hauptsächlich Vorwald-Biotope (z. B. KE 34, 66). Die Zunahme des Gehölzcharakters wird durch Abb. 8e und 8f verdeutlicht. Zudem konnten ein Brombeer-Gebüsch (KE 24) sowie kleinräumigere Stauden- und Ruderalfluren erfasst werden.

Beim Vergleich der Haldenböschungen fiel auf, dass die westlichen und nördlichen Böschungsseiten 1994 von „**pfeifengrasdominierten Grasfluren**“ geprägt waren, während die Ostböschung dagegen bereits von dichten, „**älteren Gehölzfluren**“ bedeckt war. Die W- und NW-Böschung wird auch heute noch großflächig von *M. caerulea* besiedelt (s. Abb. 6b). Es ist jedoch festzuhalten, dass – obwohl der Bereich im Vergleich zur O-Böschung noch recht offen erscheint – die birkendominierten Vorwälder hier über die Jahre zugenommen haben (Abb. 3; vgl. Abb. 8d). Die stellenweise sehr dichten *B. pendula*-Bestände auf der O-Böschung fielen 1994 auch durch einen vergleichsweise hohen Anteil an *Q. robur* auf. Heute erstrecken sich „Vorwälder frischer Standorte“ entlang des Osthangs, die durch einen sehr dichten Gehölzbewuchs mit einem hohen Anteil an *Q. robur* geprägt sind, wie u. a. Kartiereinheit 109 zeigt (Abb. 4d).

Kleinstandörtliche Besonderheiten bildeten die 1994 kartierten „**Zwergstrauchheiden**“, die im Bereich des ehemaligen „Kohlelagerplatzes“ (persönl. Mitteilung A. Benthin) auf dem nordwestlichen Haldenplateau sowohl von einem „geringen“ als auch „starken Gehölzanflug“ beeinflusst waren (Hertwig et al. 1994, unpubl.). Aufgrund der äußerst ungünstigen Ansiedlungsbedingungen auf dem Kohlegrus kamen nur wenige Arten vor. Heute ist in diesem Bereich wegen der Dominanz von Vorwäldern (z. B. KE 38) nur noch vergleichsweise kleinräumig der Biotoptyp einer „Trockenen Sandheide“ zu finden (KE 37). Des Weiteren kam 1994 im Bereich des O-Plateaus (auf Sand) ein *Calluna vulgaris*-Bestand unter „starkem Gehölzanflug“ vor. Der Bereich wird heute durch Vorwälder beherrscht (z. B. KE 22). Im Rahmen der Biotoptypenkartierung 2017 konnte aber trotz dieser deutlichen Zunahme an Gehölzen ein großer *Calluna vulgaris*-Bestand innerhalb der Kartiereinheit 22 dokumentiert werden.

In Siedlungsnähe bildeten 1994 zudem „**stickstoffreiche Ruderalfluren**“ eine weitere kleinstandörtliche Besonderheit auf dem östlichen Haldenplateau. Es handelte sich dabei um „eine von Hochstauden dominierte Ruderalflur auf nährstoffreichem Schutt und Gartenabfällen, die von vielen Neophyten und Gartenflüchtlingen gekennzeichnet wurde“ (Hertwig et al. 1994, unpubl.). Die damalige Einschätzung der Bearbeiter war, dass die dichte Krautschicht die Ansiedlung von Gehölzen zunächst verhindere. Heute ist dieser Bereich, dessen frischer und nährstoffreicher Charakter weiterhin Bestand hat, geprägt durch einen „Vorwald frischer Standorte“ (KE 7), der in der Krautschicht u. a. von *Vinca minor* besiedelt wird (Tabelle A2/Spalte 33) sowie eine „Staudenflur nährstoffreicher frischer Standorte“ (KE 3; s. Abb. 6d), die zum Großteil noch die Charakterarten von 1994 aufwies.

Der Vergleich zeigt letztlich, dass auf der Spülhalde VII. Lichtloch seit 1994 eine fortschreitende Verbuschung stattgefunden hat. Der Verlauf der natürlichen Sukzession seit Ende des Spülbetriebes ist zudem in Abb. 8 bildlich hinterlegt. Durch den stellenweise schon sehr starken Gehölzbewuchs (besonders entlang der Ostböschung) erscheint die Spülhalde relativ unscheinbar im Landschaftsbild (vgl. Abb. 2). Die Artenzusammensetzung der Krautschicht hatte sich seit 1994 kaum verändert.

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Entwicklung der Vegetation auf der Halde und den eigenen vegetationskundlichen Ergebnissen (Tabelle A2, A3), wurde in Abb. 9 die künftige Entwicklung der nachgewiesenen Biotypen abgeschätzt unter der Annahme, dass die Sukzession ungestört weiter voranschreiten kann. Tabelle A3 ist zu entnehmen, dass sich die Offenland-Biotypen u. a. hinsichtlich der Gehölzartenzusammensetzung und dem Vorkommen der Arten in der Kraut-, Strauch- und Baumschicht unterscheiden (vgl. Abb. 9a). Entsprechend den Standorteigenschaften werden sich diese Gehölze zu lichten Kiefern-Birken-Vorwäldern bzw. zu von *Q. robur* dominierten Vorwäldern entwickeln. In den daraus hervorgehenden Wäldern werden Eiche (*Q. robur*) und Buche (*F. sylvatica*) dominieren sowie begleitend weitere Laubbaumarten vorkommen, wie sie bereits als Jungwuchs auf der Halde nachgewiesen wurden (Tabelle A2). Inwieweit sich aus den Eichen-Birken-Wäldern, zumindest auf den etwas besser versorgten Standorten, Eichen-Buchen-Wälder entwickeln können, ist aktuell schwer abzuschätzen. Voraussetzung wird eine nur langfristig stattfindende Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit und Bodenreaktion und vermutlich die Schadstoffbelastung sein. Auf den auch nach fast 60 Jahren Sukzession noch offenen Sandflächen verlief die Vegetationsentwicklung bisher stark verzögert. Auch wenn kleinere Individuen von *P. sylvestris* und *B. pendula* nachgewiesen wurden, kann anhand der vorliegenden Daten nicht abschließend geklärt werden, ob sich diese auf den von Schadstoffen vermutlich stark belasteten Flächen langfristig halten und weiter entwickeln können. Insbesondere auf den frischen Standorten kann es zur Entwicklung von Gebüsch kommen, die von *Rubus*-Arten dominiert werden, bevor sich diese zu Vorwäldern weiterentwickeln. Allerdings ist auch eine direkte Entwicklung der Vorwälder aus den Stauden- und Ruderalfluren möglich (Abb. 9a).

Auch für die Entwicklung der 2017 nachgewiesenen von Gehölzen dominierten Biotypen ist nach diesen Ergebnissen die Bodenfeuchte ein entscheidender Faktor (Abb. 9b). Aus den Eichen-Birken-Vorwäldern werden sich Eichen-Birken-Wälder entwickeln, wobei auf den besser versorgten Standorten neben den namensgebenden Arten weitere begleitende Baumarten wie Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und Esche (*Fraxinus excelsior*) hinzukommen können (vgl. Tabelle A2/10-35). Auf mäßig trockenen Standorten hingegen wird die Kiefer (*P. sylvestris*) als Begleitart vorkommen. Inwieweit sich der von Birke dominierte, lockere Bestand auf dem sehr humusarmen Bergematerial an der Nordostspitze der Halde (Abb. 3, Abb. 5a) weiter entwickeln wird, ist schwer abzuschätzen. In dem ohnehin sehr lückigen Unterwuchs kamen 2017 nur vereinzelt Jungpflanzen von *Q. robur* vor. Für Buche und andere anspruchsvollere Baumarten ist der Standort zu trocken. Vermutlich wird dieser Baumbestand über lange Zeit in einem ähnlichen Zustand verharren. Für die anderen Standorte kann von einer Entwicklung hin zu Eichen-Buchen-Wäldern ausgegangen werden, die auf den mäßig trockenen Standorten eine thermophile Ausprägung aufweisen wird (Abb. 9b).

5. Diskussion

Die Spülhalde VII. Lichtloch zeichnet sich insgesamt durch einen relativ kleinräumigen Wechsel unterschiedlicher Biotypen aus (vgl. Abb. 3). Insbesondere im nordöstlichen Bereich des Haldenplateaus wechseln sich kleinräumig Gehölz- und Offenlandbiotope ab. Im Vergleich dazu waren das gesamte Westplateau, Bereiche des südöstlichen Haldenplateaus und die gesamte Ostböschung flächendeckend von Gehölzbiotopen geprägt, wobei innerhalb einzelner Kartiereinheiten kleinräumige Standortwechsel zu beobachten waren. Die eigenen bodenkundlichen Analysen (Meyer 2017, unpubl.) und Beobachtungen im Gelände sowie das Gutachten von Hertwig et al. (1994, unpubl.) weisen darauf hin, dass die Spülhalde VII. Lichtloch durch heterogene, verschiedenmächtige Substratablagerungen charakterisiert ist, woraus sich über Jahre hinweg kleinstandörtlich wechselnde Standortverhältnisse u.a. hinsichtlich Feuchtigkeit und Nährstoffangebot herausgebildet haben.

Die Halde war im Kartierzeitraum 2017 bereits auf 80 % der Fläche von Gehölzbiotypen besiedelt (vgl. Tabelle A1), darunter bildeten die „Vorwälder frischer Standorte“ mit 76 % den flächenhaft wichtigsten Biotypen. Auch auf der in nur geringer Entfernung liegenden Spülhalde Münzbachtal (Westhäuser & Richert 2017) sowie auf der Spülhalde Davidschacht (Richert et al. 2017) im Osten Freibergs nahmen „Vorwälder frischer Standorte“ jeweils den größten Flächenanteil ein. Er nahm auf der Spülhalde Münzbachtal gut die Hälfte der Fläche ein (50 %) und wurde in den Ausprägungen „nährstoffreich“ und „mager“ kartiert. Auf der Spülhalde Davidschacht nahm der Biotyp 45 % der Fläche ein, hier wurde unterschieden zwischen den Ausprägungen „birkendominiert“ und „Artenzusammensetzung gemischt“. Im Vergleich dazu nahmen auf der Spülhalde VII. Lichtloch die „Vorwälder frischer Standorte“, kartiert in fünf verschiedenen Ausprägungen (s. Abb. 3, Tabelle A1), mit 76 % einen deutlich höheren Flächenanteil ein. Als Ursache für die unterschiedlichen Gehölzdeckungen kann das Alter der Halden angenommen werden: Der Betrieb der Spülhalde VII. Lichtloch wurde etwa zehn Jahre früher eingestellt als bei den anderen Halden (Münzbachtal 1968, Davidschacht 1969; Mollée 2013) und befindet sich somit bereits in einem älteren Sukzessionsstadium. Auffällig für alle drei Halden war die hohe Deckung von *Betula pendula* in Baum- und Strauchschicht (vgl. Tabelle A2), einer sich über Wind verbreitenden Pionierart. Diesbezüglich besteht eine große Ähnlichkeit zu Pionierwäldern in der Tagebaufolgelandschaft (Kleinknecht 2002, Lorenz 2004).

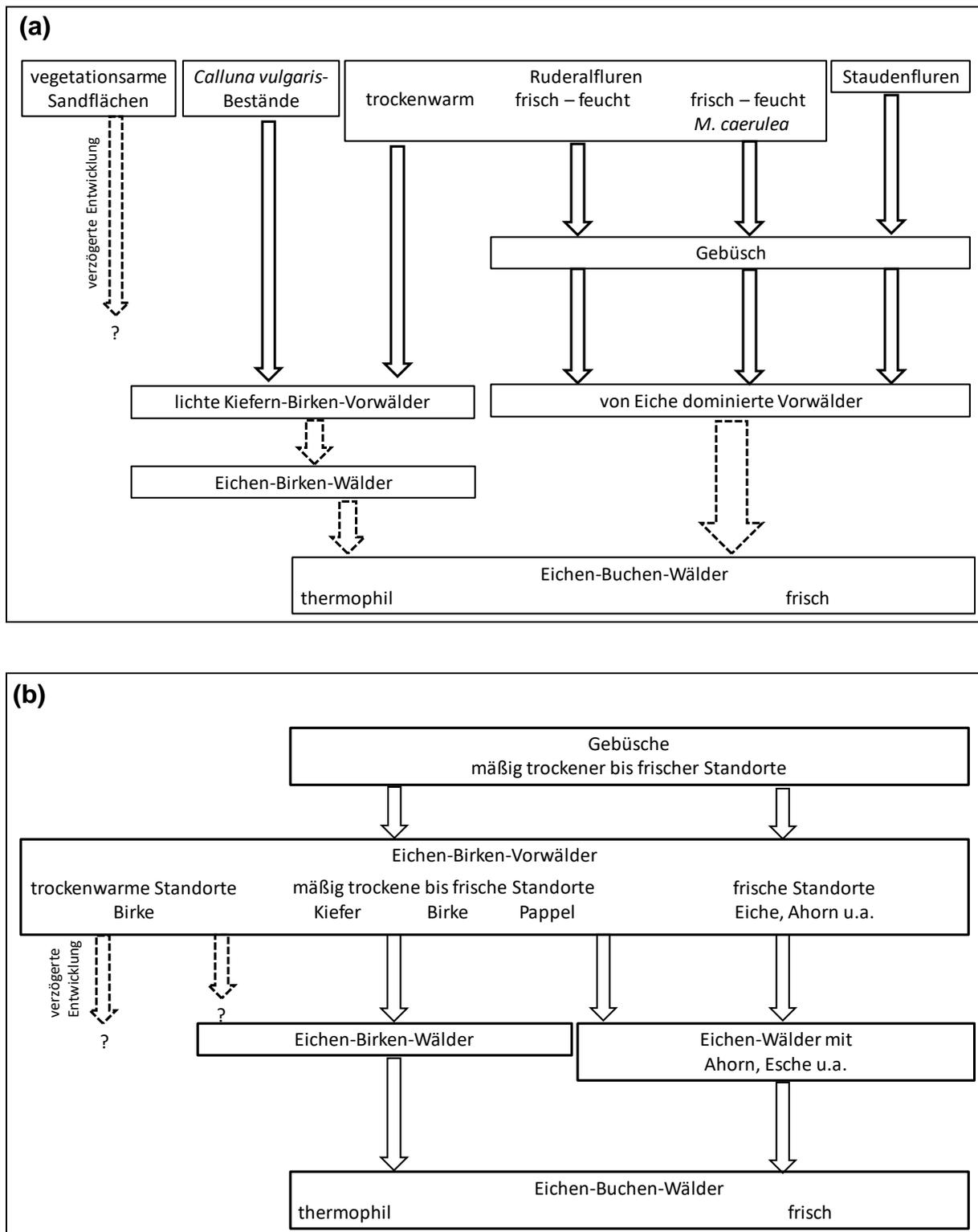


Abb. 9: Schematische Darstellung der potentiellen zukünftigen Vegetationsentwicklung für die 2017 nachgewiesenen Biotypen (a) offener Standorte (vgl. Tabelle A3) und (b) verbuschter sowie bewaldeten Flächen (vgl. Tabelle A2). Nicht berücksichtigt in (a) sind Wege und gepflegte Freiflächen. Durchgezogene Pfeillinien = aus Tabelle A2 und A3 abgeleitete Entwicklungen; Pfeile mit gestrichelten Linien = aufgrund der Standorteigenschaften und der Ökologie der Arten abgeleitete Entwicklung.

Fig. 9: Schematic presentation of the potential future vegetation development for the biotope types detected in 2017 of (a) still open sites (see Table A3) and (b) already bushy and wooded areas (see Table A2). Not shown in (a) are paths and grassland areas. Arrows with solid lines = developments derived from tables A2 and A3; arrows with dashed lines = development derived from site characteristics and species ecology.

Neben *B. pendula* trat *Quercus robur* auf der Spülhalde VII. Lichtloch regelmäßig auf und nahm im Biotyp „Vorwald gemischt“ hohe Deckungen in Baum- und Strauchschicht ein (Tabelle A2). Nach Landeck et al. (2017) werden durch Tiere verbreitete Arten wie *Q. robur* zunehmend eingetragen, wenn Bäume im Alter mit mehr als 30 Jahren vorkommen und somit als Attraktoren für die Tiere dienen können. Nach diesen Autoren kommen Eichen-Arten als einzige spätsukzessionale Baumarten in sehr hoher Stetigkeit bereits in der Krautschicht von 10 bis 30jährigen Pionierwäldern vor. Auch auf der fast 60 Jahre alten Halde VII. Lichtloch war *Q. robur* als Naturverjüngung in der Krautschicht die häufigste Art, allerdings kamen u. a. auch *Fagus sylvatica* und *Acer pseudoplatanus* vor, wenn auch mit geringerer Stetigkeit und Häufigkeit (s. Tabelle A2).

Von hoher Bedeutung für die Besiedelungsgeschichte ist des Weiteren die Entfernung zur nächsten Samenquelle (u. a. Tischew et al. 2004b). Im Fall der Halde VII. Lichtloch befinden sich die nächsten Eichenbestände räumlich benachbart auf den gegenüber liegenden bewaldeten Steilhängen der Mulde (Abb. 1, 2). Mangelnder Sameneintrag kann demnach vermutlich nicht die Ursache für den, im Vergleich zur Nord- und Ostböschung, nur lückig ausgebildeten Gehölzbestand auf der Westböschung sein (Abb. 3, Kap. 4.4). Eine mögliche Ursache könnte die hohe Deckung von *M. caerulea* auf der Westböschung sein (Abb. 8c, d), die dichte Bestände entwickeln konnte und dadurch die Besiedlung mit Gehölzen schon in der Vergangenheit verzögert hat (Huth et al. 2004, Lorenz 2004). Leider liegen keine Informationen zu ggf. durchgeführten Gehölzpflanzungen vor.

Offensichtlich verläuft die Gehölztablierung auch auf mageren und sauren Standorten wie den Zwergstrauchheiden, Sandheiden und Ruderalfluren trockener Standorte (Tabelle A2) verzögert ab (vgl. Abb. 9a). Im Vergleich zu 2017 waren die Vorkommen der Heide in der Vergangenheit offenbar größer (Hertwig et al. 1994, unpubl.), worauf auch die eigenen Nachweise von *C. vulgaris* im Unterwuchs zahlreicher Gehölzbestände schließen lassen. Nach Meyer (2017, unpubl.) lagen lediglich knapp 40 % der Bestände mit Besenheide im Offenland, wohingegen etwa 60 % im Unterwuchs von Baumbeständen vorkamen. Das Auftreten insbesondere von *P. sylvestris*-Verjüngung in den Heiden 2017 zeigt, dass die verbliebenen offenen *Calluna*-Bestände, bedingt durch die weitere Entwicklung dieser Gehölze und der damit einhergehenden zunehmenden Beschattung gefährdet sind (Abb. 9a).

Zum Erhalt und zur Entwicklung der wertvollen Offenlandbiotope, insbesondere der Zwergstrauchheiden und „trockenen Sandheiden“, sollten die vorhandenen Bestände offengehalten werden. Darüber hinaus sollten die im Unterwuchs der Pioniergehölze vorkommenden Heidekrautbestände freigestellt werden. Neben der Fällung größerer Gehölzindividuen kann einer Verbuschung der Offenlandbestände durch das regelmäßige Herausziehen junger Gehölzindividuen vorgebeugt werden. Um eine für *C. vulgaris* ungünstige Eutrophierung der Flächen zu vermeiden, muss das Pflanzenmaterial zwingend abtransportiert werden. Auch die Flächen der Ruderalflur trockenwarmer Standorte (s. Abb. 3) sollten für deren Erhalt gemäht werden. Zahlreiche Individuen von *Calluna vulgaris* wiesen einen sparrigen Wuchs mit einem hohen Anteil toter Biomasse auf, was auf eine Überalterung schließen lässt. Eine Mahd der Heide könnte die Bestände verjüngen, wobei auch hier das Mahdgut zur Vermeidung einer Eutrophierung abtransportiert werden muss.

Die in Abb. 9 dargestellte Entwicklung der Vegetation der Halde überwiegend hin zu Eichen-Buchen-Wäldern deckt sich mit den Angaben von Golde (2013), der aufgrund der Substrat- und Nährstoffverhältnisse, der überwiegenden Unabhängigkeit vom Grundwasser und den besonderen klimatischen Verhältnissen auf der Halde von einer thermophilen Ausprägung der Eichen-Buchenwälder als PNV ausgeht.

Danksagung

Unser Dank für die vielfältige Unterstützung insbesondere durch die Bereitstellung von fachlichen Informationen gilt folgenden Personen und Institutionen: Herrn Andreas Benthin (Vorsitzender Verein „VII. Lichtloch“ e. V., Halsbrücke), Herrn Marko Olias (Naturschutzinstitut Freiberg), Herrn Lutz Mitka (Vorstand Bergbauverein „Hilfe des Herrn, Alte Silberfundgrube“ e. V., Merzdorf/Biensdorf), Herrn Norman Schiwora (Sachbereich Umweltaufgaben Naturschutz, Landratsamt Mittelsachsen, Freiberg) und dem Bergarchiv Freiberg.

6. Summary

The flotation tailing VII. Lichtloch is located in Halsbrücke in the north of Freiberg (Saxony) and is part of the Nature 2000 area “Oberes Freiburger Muldetal”. From 1937 to 1958 lead and zinc containing residues from the wet chemical ore processing were deposited on the flotation tailing. Subsequently, the heap body was covered with different substrates. After the cessation of the deposition, the heap was left to a more or less undisturbed succession. The aim of the present work was a complete habitat mapping and a reconstruction of the vegetation development on the basis of historical aerial photos and data. 26 habitat types were identified on the tailing, 13 types in the adjacent area. The largest area of the heap (76 %) were covered with pioneer forests of fresh sites, with *Betula pendula* being the most abundant species, followed by *Quercus robur*. The open land was characterized by ruderal vegetation of fresh to damp sites. Ruderal vegetation of dry and warm sites and dwarf shrub heaths with *Calluna vulgaris* was found; both types are of high relevance from a nature conservation point of view. The comparison with historical data from 1994 shows that the cover of woody vegetation has increased significantly since then. Establishment of woody vegetation is delayed both on nutrient-poor and acidic sites with low substrate deposition

and on sites with dominant grass species such as *Molinia caerulea*. As a result of an ongoing, more or less undisturbed succession, woody vegetation dominated by beech and oak is assumed as final vegetation type for the larger part of the heap. Due to specific site conditions on small areas, a thermophilic type of beech-oak forest may develop in the future. In order to protect and develop the valuable openland biotopes, especially plots with *Calluna vulgaris*, a regular removal of woody species and mowing with removal of the biomass seems to be necessary.

7. Literatur

- Buder, W. & Uhlemann, S. (2010): Biotypen. Rote Liste Sachsens. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.), Dresden, 140 S.
- Durka, W. & Ackermann, W. (1993): SORT 4.0. Ein Computerprogramm zur Bearbeitung von floristischen und faunistischen Artentabellen. *Natur und Landschaft* 68: 16-21.
- Erler, L., Achtziger, R. & Richert, E. (2017): Vegetationskundliche Analysen zur Artenzusammensetzung, Diversität und Struktur der Vorwaldgesellschaften auf der Spülhalde Davidschacht. *Freiberg Ecology online* 2: 37-51.
- Funke, L., Schulze, C. & Achtziger, R. (2017): Untersuchungen zur Biodiversität der Wanzen (Heteroptera) und Zikaden (Auchenorrhyncha) in den Offenlandbiotopen der Spülhalde Davidschacht in Freiberg. *Freiberg Ecology online* 2: 66-100.
- Golde, A. (2013): Das Freiburger Bergbaurevier. In: Baumbach, H., Sängler, H. & Heinze, M. (Hrsg.) (2013): Bergbaufolgelandschaften Deutschlands. Geobotanische Aspekte und Rekultivierung. Weissdorn-Verlag, Jena, S. 437-467.
- Häuser, L. (2018, unpubl.): Analyse der Artenzusammensetzung und Struktur der Gehölzbestände der „Spülhalde VII. Lichtloch“ bei Halsbrücke. Bachelorarbeit Studiengang Geoökologie, TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie/Ökologie, Institut für Biowissenschaften, 106 S.
- Hecht, C., Messinger, F., Assan, E. & Wiche, O. (2017): Einfluss der Vegetation auf die Konzentration von potentiell toxischen Spurenelementen, Germanium und Lanthan in Porenwässern von Spülsanden der Davidschachtalhalde Freiberg. *Freiberg Ecology online* 2: 113-137.
- Heilmann, H., Fischer, J. & Symmang, R. (1993): Die Böden des Osterzgebirges und seines nördlichen Vorlandes. *Geologie in Sachsen, Exkursionsführer Nr. 1*, Freiberg, 22 S.
- Heilmeier, H., Achtziger, R., Richert, E. & Wiche, O. (2017): Editorial zum FECO-Sonderband „Ökologische und geochemische Untersuchungen auf der Spülhalde Davidschacht in Freiberg“. *Freiberg Ecology online* 2: 1-3.
- Hertwig, T., Reißmann, R. & Günther, A. (1994, unpubl.): Boden- und Vegetationsverhältnisse sowie floristische und faunistische Ausstattung auf acht Halden im Freiburger Raum – Spülhalde 7. Lichtloch. SAXONIA AG i.L., NSI Freiberg, Beak Consultants GmbH, Freiberg, S. 230 ff. (34 Seiten + 8 Anlagen).
- Huth, J., Oelerich, H.-M., Reuter, M. & Tischew, S. (2004): Biotypen in der Bergbaufolgelandschaft. In: Tischew, S. (Hrsg.): Renaturierung nach dem Braunkohleabbau. Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, S. 31–68.
- Klanthe, E.M., Klanthe, K., Mitka, L. (2017): Leben und Wirken des Bergmannes und Heimatfreundes Reinhold Klanthe und seine Chronik zum Halsbrücker Bergbau. Bergbauverein Hülfe des Herrn, Alte Silberfundgrube e. V. Merzdorf/Biendorf (Hrsg.), Biendorf, Reihe 4, Bd. 1, 83 Seiten. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-158675> (letzte Einsicht: 12.12.2018).
- Kleinknecht, U. (2002): Primäre Gehölzsukzession in der Bergbaufolgelandschaft des Leipziger Südraums. *Dissertationes botanicae* 358: 159 S.
- Kuschka, V., Voß, J., Glaser, T. & Zänker, C. (2008, unpubl.): Managementplan für das SCI Nr. 252 „Oberes Freiburger Muldetal“. Gebiet gemeinschaftlicher Bedeutung, DE 4945301. Gutachten im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden, Meißen, 266 S.
- Landeck, I., Kirmer, A., Hildmann, C., Schlenstedt, J. (Hrsg.) (2017): Arten und Lebensräume der Bergbaufolgelandschaften. Chancen der Braunkohlesanierung für den Naturschutz im Osten Deutschlands. Shaker, Aachen.
- Licht, W. (2013): Zeigerpflanzen erkennen und bestimmen. Quelle & Meyer, Weyhe. 483 S.
- Lorenz, A. (2004): Waldentwicklung auf Kippenflächen. Ein Überblick über das gesamte ostdeutsche Braunkohlenrevier. In: Tischew, S. (Hrsg.): Renaturierung nach dem Braunkohleabbau. Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, S. 188-201.
- Mannsfield, K. & Syrbe, R.-U. (Hrsg.) (2008): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 257, Leipzig, 288 S.
- Meyer, K. (2017, unpubl.): Biotypenkartierung und naturschutzfachliche Bewertung der Spülhalde VII. Lichtloch in Halsbrücke bei Freiberg, Sachsen. Bachelorarbeit Studiengang Geoökologie, TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie/Ökologie, Institut für Biowissenschaften, 101 S.
- Midula, P., Wiche, O., Wiese, P. & Andráš, P. (2017): Concentration and bioavailability of heavy metals, germanium, and rare earth elements in contaminated area of the Davidschacht dump field in Freiberg (Saxony). *Freiberg Ecology online* 2: 101-112.
- Mollée, R. (2013): Altlastenprojekt Saxonia 1993-2013 eine Retrospektive. SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH (Hrsg.), Freiberg, 404 S.
- Müller, J. & Rosenthal, G. (1998): Brachesukzessionen. Prozesse und Mechanismen. Tagung Arbeitskreis „Sukzessionsforschung“ der „Reinhold-Tüxen-Gesellschaft“. *Berichte des Instituts für Landschafts- und Pflanzenökologie. Universität Hohenheim* 5: 103-132.
- Oberdorfer, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Ulmer, Stuttgart, 1051 S.
- Pälchen, W. & Walter, H. (Hrsg.) (2008): Geologie von Sachsen – Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 537 S.
- Richert, E., Aufsfeld, P. & Olias, M. (2017a): Biotypenausstattung der Spülhalde Davidschacht in Freiberg. *Freiberg Ecology online* 2: 18-36.
- Richert, E., Bernstein, C., Funke, L. & Schulze, C. (2017b): Vegetation der Spülhalde Davidschacht in Freiberg – Offenlandgesellschaften und Transektanalysen. *Freiberg Ecology online* 2: 52-65.
- Richert, E., Scholz, A., Achtziger, R. & Heilmeier, H. (2017c): Development of woody vegetation on the flotation tailing Münzbachtal near Freiberg (Saxony,

- Germany) as dependent on substrate conditions. Abstractband zum 60th IAVS Annual Symposium 2017.
- Schmidt, P.A., Hempel, W., Denner, M., Döring, N., Gnüchtel, A., Walter, B. & Wendel, D. (2002): Potentielle Natürliche Vegetation mit Karte 1:200 000. In: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.). Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege, Dresden, 231 S.
- Scholz, A., Achtziger, R. & Richert, E. (2017): Analyse der Artenzusammensetzung und Struktur der Gehölzbestände der „Spülhalde Münzbachtal“ bei Halsbrücke. *Freiberg Ecology online* 3: 54-69.
- Schubert, R., Hilbig, W. & Klotz, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 403 S.
- Schulz, D. (2013): Rote Liste und Artenliste Sachsens. Farn- und Samenpflanzen. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.), Dresden, 310 S.
- Schwabe, K. (2018, unpubl.): Analyse der Offenlandvegetation der Spülhalde 7. Lichtloch bei Halsbrücke und Ableitung von naturschutzfachlichen Handlungsempfehlungen. Bachelorarbeit Studiengang Geoökologie, TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie/ Ökologie, Institut für Biowissenschaften.
- Sebastian, U. (2013): Die Geologie des Erzgebirges. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 268 S.
- Tischew, S. & Mann, S. (2004): Substratabhängige zeitliche und räumliche Differenzierung der Entwicklung von Rohboden-Pioniergesellschaften. In: Tischew, S. (Hrsg.): Renaturierung nach dem Braunkohleabbau. Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, S. 173-176.
- Tischew, S., Kirmer, A. & Benkwitz, S. (2004a): Besiedlungsprozesse durch Pflanzen. In: Tischew, S. (Hrsg.): Renaturierung nach dem Braunkohleabbau. Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, S. 147-160.
- Tischew, S., Perner, J. & Kirmer, A. (2004b): Diasporenentwicklung in frühen Sukzessionsstadien von Bergbaufolgelandschaften. Statistische Ableitung eines Sukzessionsmodells. In: Tischew, S. (Hrsg.): Renaturierung nach dem Braunkohleabbau. Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, S. 164-168.
- Westhäuser, E. & Richert, E. (2017): Biotoypenausstattung der Spülhalde Münzbachtal bei Halsbrücke. *Freiberg Ecology online* 3: 33-53.
- Wiche, O., Dreier, F., Ehrhardt, A., Gerisch, M.K., Jodoin, R., Keßler, S., Mißfeldt, T., Röder, M., Rumberg, C., Schulte, M.G. & Westhäuser, E. (2018): Mobilität von potentiell toxischen Spurenelementen in oberflächennahen Spülsanden der Spülhalde Davidschacht, Freiberg und deren Verlagerung in umliegende Flächen. *Freiberg Ecology online* 4: 1-19.

Anschriften der Autor(inn)en:

Kevin Meyer*; **Elke Richert**: TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie/Ökologie, Leipziger Str. 29, 09599 Freiberg, E-Mail: kevin20m5@web.de; elke.richert@ioez.tu-freiberg.de

*Korrespondierender Autor

Anhang

Tabelle A1: Biotypen der Spülhalde VII. Lichtloch und der daran angrenzenden Flächen mit ihren absoluten (aF) und relativen Flächengrößen (rFA) (Benennung der Biotypen nach Buder & Uhlemann 2010). Rote Liste Status in Sachsen nach Buder & Uhlemann (2010) und Schutzstatus nach § 30 BNatSchG. Abkürzungen: RL 2 = stark gefährdet, RL 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste, * = nicht gefährdet, § = nach § 30 BNatSchG geschützt.

Table A1: Habitat types of the Spülhalde VII. Lichtloch and the adjacent areas with absolute [m²] and relative [%] size (nomenclature of the habitat types according to Buder & Uhlemann 2010). Red List status in Saxony according to Buder & Uhlemann (2010) and status of protection according to § 30 BNatSchG. Abbreviations: RL 2 = endangered, RL 3 = vulnerable, V = near threatened, – = least concern, § = legally protected by § 30 BNatSchG.

Biotyp	Gefährdung/ Schutzstatus	Halde		an Halde angrenzend	
		aF [m ²]	rFA [%]	aF [m ²]	rFA [%]
Sonstiger Kiefernwald	*	1.381	1,5	40	0,2
Fichtenforst	*	120	0,1	809	4,2
Sonstiger Laub-Nadelholz-Mischforst	*	1.279	1,4	1.862	9,6
Vorwald trockenwarmer Standorte	V	281	0,3		
Vorwald frischer Standorte, birken dominiert	V	11.132	12,4		
Vorwald frischer Standorte, eichen dominiert	V	2.755	3,1		
Vorwald frischer Standorte, gemischt	V	49.436	54,9	5.048	26,0
Vorwald frischer Standorte, kiefer dominiert	V	1.734	1,9		
Vorwald frischer Standorte, pappel dominiert	V	3.312	3,7		
Vorwald feuchter bis nasser Standorte	V	131	0,1		
Gebüsch frischer Standorte, <i>Rubus fruticosus</i> agg.	RL 3	920	1,0		
Gebüsch frischer Standorte, <i>Rubus idaeus</i>	RL 3	182	0,2		
Gebüsch stickstoffreicher ruderaler Standorte	*	471	0,5		
Uferstaudenflur, <i>Impatiens glandulifera</i>	*			570	2,9
Staudenflur nährstoffreicher frischer Standorte	V	658	0,7	53	0,3
Ruderalflur trockenwarmer Standorte	RL 3	2.360	2,6		
Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte	*	5.476	6,1	6.234	32,1
Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte, <i>Molinia caerulea</i>	*	2.374	2,6	646	3,3
Zwergstrauchheide, <i>Calluna vulgaris</i>	RL 2, §	899	1,0		
Trockene Sandheide	RL 2, §	204	0,2		
Vegetationsarme Sandfläche	RL 3	144	0,2		
Vegetationsarme Kies- und Schotterfläche	RL 3	281	0,3		
Unbefestigter Weg	RL 3	463	0,5		
Öffentliche Gebäude mit Freiflächen (Bergschmiede)	*			983	5,1
Schachtgebäude VII. Lichtloch	*			434	2,2
Grün- und Freifläche, Mähwiese	*	1.251	1,4	1.932	9,9
Garten- und Grabeland	*	587	0,7		
Befestigter (versiegelter) Wirtschaftsweg	*	686	0,8	556	2,9
Parkplatz	*			263	1,4
Lagerplatz	*	1.599	1,8		
Gesamtfläche [ha]		9,01		1,94	

Tabelle A2: Vegetationstabelle der kartierten Gehölzbiotope des Untersuchungsgebietes Spülhalde VII. Lichtloch (Stand 2017). Versiegelte Flächen und Biotope, die komplett außerhalb der Haldenfläche lagen (vgl. Abb. 3), sind nicht aufgeführt.

Table A2: Vegetation table of the habitat patches with woody vegetation on the Spülhalde VII. Lichtloch (2017). Sealed areas and biotopes completely outside of the dump area (cf. Fig. 3) are not listed.

- Spalte 1: Gebüsch stickstoffreicher ruderaler Standorte (Gsr)
- Spalten 2–4: Vorwald frischer Standorte, pappeldominiert (VwfP)
- Spalten 5–9: Vorwald frischer Standorte, birkendominiert (VwfB)
- Spalten 10–35: Vorwald frischer Standorte, gemischt (VwfG)
- Spalte 36: Vorwald frischer Standorte, eichendominiert (VwfE)
- Spalte 37: Vorwald trockenwarmer Standorte (Vwt)
- Spalten 38–40: Vorwald frischer Standorte, kieferndominiert (VfwK) und Sonstiger Kiefernwald (Kiw)
- Spalte 41: Vorwald feuchter bis nasser Standorte (Vwn)
- Spalten 42–43: Sonstiger Laub-Nadelholz-Mischforst (LNf) und Fichtenforst (Fif)

Abkürzungen:

- D = Deckung (cover)
- ^B = Art in der Baumschicht (species in tree layer)
- H = Wuchshöhe (growth height)
- ^S = Art in der Strauchschicht (species in shrub layer)
- St = absolute Stetigkeit der Art (absolute frequency)
- ^K = Art in der Krautschicht (species in herb layer)

Spalten-Nummer	11111111112222222222333333	3 3 334 4 4 4	
Kartiereinheit	1	111 1	1
Exposition	W N N N NN N O WWWW	N N NN S S S WWN O O O	S O O N N N
Neigung [%]	3 55546 0 50500	1 6 6 645 6 4 6	3 0 9
D Gesamt [%]	8 988 97768 89586785879887987888888877	8 3 888 8 7 9	5 005 05505 0000555500005055050500050
D Baum [%]	3 577 66325 69573372756667887377757446	7 2 626 7 6 9	5 050 55555 000055000500050505555550
D Strauch [%]	6 13 32213 22241131222321763113242211	2 33 2	5 005 05550 0505000005555555050055050
D Kraut [%]	6 567 87758 64354755236474123376552755	2 364 8 7	5 055 50000 505005505055055050000550
D Moos [%]	1 877 23114 21153122278777386835522172	1 1 838 7 7	5 000 50000 0550005000500050500500005
D Flechten [%]	0 000 05500 00505505505005000005000	5 0 000 0 0 0	11 1 5 21 2 2
D Streu [%]	9 999 09999 99999909999999999039999	9 949 9 9 0	1 1 1 1
H Baum [m]	8 020 89457 00916596069887777780081005	9 5 765 7 4 4	111 11 1 1 1111 1 1 1
H Strauch [m]	2 222 22212 221211122212121212122222	2 1 111 2 1 1	5 000 05500 0050500000050000000050000
H Kraut [cm]	2 020 00775 00918990009070859070770500	7 2 188 0 8 0	8 534 44422 36123435122642111235221434
Biotoptyp	0 005 50055 55505550005500005000550505	0 5 000 5 0 5	VVV VVVVV VVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVV V VV G www wwwwww wwwwwwwwwwwwwwwwwwwww w V wwK V L F s fff fffff fffffffffffffffffff f w ffi w N i r PPP BBBB GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG E t KKw n f f

Fortsetzung der Tabelle A2

Spalten-Nummer	11111111112222222222333333											3	3	334	4	4	4	
1	234	56789	01234567890123456789012345	6	7	890	1	2	3									
Kartiereinheit	1											111	1		1			
2	660	55599	44544556112233334995001	11	0	3	121	0	1	4								
6	566	68739	58149257592714892289280702	9	0	631	0	4	6									

Weitere Straucharten

Crataegus laevigata^B	1	.	.1.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Crataegus spec.^K	2	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Corylus avellana^B	2	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Corylus avellana^S	2	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ligustrum vulgare^S	3	3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sambucus nigra^B	1	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sambucus nigra^S	5	2	.2.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sambucus nigra^K	2	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Taxus spec.^S	2	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Spiraea billardii^S	3	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rosa canina^S	3	2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Arten des Grünlandes (frische Standorte)

Arrhenatherum elatius^K	37	2	423	1...3	33222	2222232222232222242	2	2	2.2	3	2	.	.	.	.	.
Agrostis capillaris^K	39	.	223	32223	3.232222233322333222.32	2	1	323	3	2	.	.	.	.	.	.
Holcus lanatus^K	18	.	.2	2.22.	...222.2.22..222.2.2.....	.	1	.3.	2	.	.	.	.	.	.	.
Rumex acetosa^K	12	.	...	2211.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Dactylis glomerata^K	9	.	.2	.....	232...2.1.....1.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Achillea millefolium^K	8	2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Festuca rubra^K	5	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Daucus carota^K	3	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Tanacetum vulgare^K	3	2	3..	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Campanula patula^K	3	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Scorzoneroides autumnalis^K	3	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Plantago lanceolata^K	3	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ranunculus repens^K	2	2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Vicia cracca^K	2	1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ranunculus acris^K	2	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Magerkeitszeiger

Deschampsia flexuosa^K	33	.	.2.	33234	22332332222332222333222..2	2	.	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Molinia caerulea^K	30	.	.24	44433	..2234211.2.4.222.33221..3	1	1	.3.	3	2	.	.	.	.	.	.
Calluna vulgaris^K	12	.	...	1....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Euphrasia stricta^K	3	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Dianthus deltoides^K	5	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Jasione montana^K	7	.	...	.112.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Pilosella officinarum^K	19	.	.2.	...2.	..2223..222...22223...2.2.	2	.	23.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pimpinella saxifraga^K	5	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Campanula rotundifolia^K	10	.	...	.1.2.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Hieracium lachenalii^K	8	.	...	...2.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Silene vulgaris^K	7	.	1..	.12..	..2.12.....1.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Pteridium aquilinum^K	5	.	.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Equisetum arvense^K	3	.	2..	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Hypericum perforatum^K	2	1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rumex acetosella^K	2	.	...	.1.1.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Nährstoffzeiger

Galeopsis speciosa^K	15	2	.22	2...2	2.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Urtica dioica^K	6	3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Solidago canadensis^K	7	2	.1.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Aegopodium podagraria^K	6	2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Calystegia sepium^K	5	2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Solidago virgaurea^K	4	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Impatiens glandulifera^K	3	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Arten des Unterwuchses von Wäldern

Dryopteris filix-mas^K	6	.	.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Athyrium filix-femina^K	5	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Polygonatum multiflorum^K	1	.	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Außerdem kommen vor:

Abies spec.^B 14:1; Abies spec.^S 14:1; Anthoxanthum odoratum^K 19:1; Centaurea jacea^K 49:2; Cerastium tomentosum^K 10:2; Cirsium arvense^K 65:2; Geranium robertianum^K 45:2; Heraclium sphondylium^K 65:2; Larix decidua^B 92:1; Oenothera biennis^K 48:2; Pinus strobus^B 52:1; Pinus strobus^S 51:1, 59:1; Prunus domestica subsp. syriaca^S 45:2; Salix spec.^B 14:1; Sambucus spec.^K 55:2; Sedum rupestre^K 7:2; Sonchus asper^K 48:2; Veronica chamaedrys^K 108:2; Veronica spec.^K 66:2; Vinca minor^K 7:2; Viola tricolor^K 93:1, 10:1.

Tabelle A3: Vegetationstabelle der kartierten Offenlandbiotope des Untersuchungsgebietes Spülhalde VII. Lichtloch (Stand 2017). Versiegelte Flächen und Biotope, die komplett außerhalb der Haldenfläche lagen (vgl. Abb. 3), sind nicht aufgeführt.

Table A3: Vegetation table of the habitat patches with openland vegetation on Spülhalde VII. Lichtloch (status 2017). Sealed areas and biotopes completely outside of the dump area (cf. Fig. 3) are not listed.

Spalten 1–6:	Trockene Sandheide (TSh) und Zwergstrauchheide, <i>Calluna vulgaris</i> (Zwh)
Spalten 7–13:	Ruderalflur trockenwarmer Standorte (Rtw)
Spalten 14–26:	Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte, Ausprägung mit <i>Molinia caerulea</i> (RffM)
Spalten 27–37:	Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte (Rff)
Spalten 38–39:	Vegetationsarme Sandfläche (VaS) und Vegetationsarme Kies- und Schotterfläche (VaK)
Spalten 40–41:	Unbefestigter Weg (UnW)
Spalten 42–44:	Grün- und Freifläche, Mähwiese (GFf)
Spalten 45–48:	Staudenflur nährstoffreicher frischer Standorte (Snf)
Spalten 49–51:	Gebüsch frischer Standorte mit <i>Rubus fruticosus</i> agg. (GfRf) und mit <i>Rubus idaeus</i> (GfRi)

Abkürzungen:

D = Deckung (cover)

H = Wuchshöhe (growth height)

St = absolute Stetigkeit der Art (absolute frequency)

^B = Art in der Baumschicht (species in tree layer)

^S = Art in der Strauchschicht (species in shrub layer)

^K = Art in der Krautschicht (species in herb layer)

Spalten-Nummer	1111	111111222222	22233333333	33	44	444	4444	455
Kartiereinheit	1 23456	7890123	4567890123456	78901234567	89	01	234	5678 901
Exposition								
Neigung [%]								
D Gesamt [%]								
D Baum [%]								
D Strauch [%]								
D Kraut [%]								
D Moos [%]								
D Flechten [%]								
D Streu [%]								
H Baum [m]								
H Strauch [m]								
H Kraut [cm]								
Biotoptyp								

Fortsetzung der Tabelle A3

Spalten-Nummer	1111	111111222222	2223333333	33	44	444	4444	455					
Kartiereinheit	1	23456	7890123	4567890123456	78901234567	89	01	234	5678	901			
				11		1							
	3	4814	346	23	5567788889900	66678	12623	52	08	99	27	3	288
	7	90883	6131883	0390901360117	01417270812	49	59	556	5235	445			
Trockene Sandheide	St												
Genista tinctoria^K	2	4	.....	2.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Zwergstrauchheiden, Calluna vulgaris													
Calluna vulgaris^K	19	3	44343	2221...	11.....1....	.12.2.22.1.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ruderalfluren trockenwarmer Standorte													
Dianthus deltoides^K	27	2	221..	2222211	.1....1.1....	.1221111121	11	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Jasione montana^K	21	2	22...	22223.1	22....1.....	..21.1..121	21	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Silene vulgaris^K	12	.	2...	22.212	22.....	11.....	22	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ruderalfluren frischer bis feuchter Standorte, Ausprägung mit Molinia caerulea													
Molinia caerulea^K	29	1	3313	.12...1	3453355444543	322321	.....	2.	.....	.....	.....	.....	13
Ruderalfluren frischer bis feuchter Standorte													
Rumex acetosa^K	12	.	2...	.....2...	22.23...1....	13..2.....	2.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Viola tricolor^K	7	.	.....	.....1..	1.....1.1..	2....22..	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Calamagrostis epigejos^K	1	.	.....	.....	.....	.....3.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Campanula rotundifolia^K	7	.	.....	.....	.....121..1.	.1..1.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Equisetum arvense^K	5	.	.....	.....	...2.....	2.1.....3	.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Hieracium lachenalii^K	2	.	.....	.....	.....	1..2.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Silene dioica^K	1	.	.....	.....	.....	1.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Arten der Ruderalfluren													
Daucus carota^K	16	.	.....	.....222	...2.....	.....2..2.2	.1	.1	.22	2222	2..	.....	.....
Festuca rubra^K	19	2	22...	22.32..	2..2.....2	.222..222..	.2	.2	.....	.....	.....	.....	.....
Campanula patula^K	15	1	.....	2.2..2.	221.1....1..	2.2....11.2	1.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Galeopsis speciosa^K	12	.	.....	...22..	...1.1..1..	21..132..	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Scorzoneroides autumnalis^K	11	.	2...	232.2..	.2.....	.....2...2..	.....	22	.2	.....	.....	.....	.....
Pimpinella saxifraga^K	5	.	.....	...22..	.....	.....2...2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Stellaria graminea^K	2	.	.....	...2..	.....	.....2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Hypericum perforatum^K	4	.	.....	2.....	.....	.1.....21	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Unbefestigter Weg													
Poa annua^K	2	.	.....	.....	.1.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Grün- und Freiflächen, Mähwiesen													
Trifolium repens^K	6	.	.....	.....2	.....	.....	.....	22	443	.....	.....	.....	.....
Taraxacum officinale agg.^K	5	.	.....	.....	.....	.....	.....	2	223	.....2	.....	.....	.....
Heracleum sphondylium^K	3	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	22.	2.....	.....	.....	.....
Ranunculus acris^K	2	.	.....	.....	.....	.2.....	.....	.....	..1	.....	.....	.....	.....
Trifolium pratense^K	3	.	.....	.....	.....	.....	.....	2.	22.	.....	.....	.....	.....
Staudenfluren nährstoffreicher frischer Standorte													
Solidago canadensis^K	10	.	.....	.....2	.....	.....1..21.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Vicia cracca^K	7	.	.....	.....2	.....	.....2...2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Tanacetum vulgare^K	9	1	.....	...2.2	.....	.....1.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Artemisia vulgaris^K	3	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Aegopodium podagraria^K	3	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Calystegia sepium^K	3	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Melilotus albus^K	4	.	.....	.....1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Cirsium arvense^K	3	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Epilobium tetragonum^K	1	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rumex obtusifolius^K	1	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gebüsch frischer Standorte mit Rubus idaeus bzw. R. fruticosus agg.													
Rubus idaeus^K	11	.	2..	.....	..2.12..2...	.2.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rubus idaeus^S	5	.	.....	.....	.....2.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rubus fruticosus agg.^K	3	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rubus fruticosus agg.^S	2	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Arten trockener und/oder magerer Standorte													
Deschampsia flexuosa^K	34	.	2322	2.2...2	2223322321..3	44224.432.2	2.	22	2.2	.....	.....	.....	.....
Pilosella officinarum^K	19	2	33..2	3322423	.....	..22....222	.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Euphrasia stricta^K	9	.	1..2	1212..	.....	..1.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rumex acetosella^K	10	.	22...	22.2..	.2....1.....	.....1...2	2.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Festuca ovina^K	6	.	.....	.....2.	.....	..2...2.3.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Nährstoffzeiger													
Urtica dioica^K	2	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Feuchtezeiger													
Angelica sylvestris^K	2	.	.....	.....	.....	.....1.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Lysimachia vulgaris^K	1	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Deschampsia cespitosa^K	2	.	.....	.....	.....	.....2.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Impatiens glandulifera^K	2	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ranunculus repens^K	1	.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Weitere Arten des Wirtschaftsgrünlandes													
Agrostis capillaris^K	44	2	1222	2222232	322.3.1221.32	22342224322	22	33	2.2	23..	.....	.....	.....
Holcus lanatus^K	34	2	22.1	3.32231	32212.22.2..2	.232..33232	1.	.2	2.2	.....	.....	.....	.....
Plantago lanceolata^K	19	2	22...	23223.2	.1.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Arrhenatherum elatius^K	19	.	.....2	1.....2	.....3.12.....	222.242.2.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Fortsetzung der Tabelle A3

Spalten-Nummer		1111	111111222222	222333333333	33	44	444	4444	455				
	1	23456	7890123	4567890123456	78901234567	89	01	234	5678	901			
Kartiereinheit				11		1							
	3	4814	346	23	5567788889900	66678	12623	52	08	99	27	3	288
	7	90883	6131883	0390901360117	01417270812	49	59	556	5235	445			

Weitere Arten des Wirtschaftsgrünlandes

Achillea millefolium^K	18	1	2....	21.22.2	.....	112..3...22	..	.2	323	...2	...
Galium album^K	6	.	.....	.....	.....	.2...2...2	..	..	.2.	2..2	...
Anthoxanthum odoratum^K	5	.	2....	...2..	2.....	.....2....1	..	..	...	...	...
Lotus corniculatus^K	5	.	.....	.2....2	.....	.....1.....	..	..	2..	...2	...
Dactylis glomerata^K	2	.	.....	.....	.....	.....	..	..	2..	.2..	...
Lolium perenne^K	2	.	.....	.....	.....	.....	..	2.	2..	.....	...

Gehölze

Pinus sylvestris^B	22	2	12.22	2.222.2	221...11.....	..2....2222	.1	..	.1	....	...
Pinus sylvestris^S	17	2	22.1.	2.212.2	.2.....	.....222.	.1	11	...	...1	...
Pinus sylvestris^K	4	1	.....	.2...1	1.....	.....	..	..	...	...	...
Betula pendula^B	36	1	.2222	.2.1.2	22122222.222	22222..2..2	.2	21	.22	.22.	.22
Betula pendula^S	31	2	.2211	2....2	21..21211221.	22122.22..1	22	11	...	12..	...
Betula pendula^K	13	1	.1..1	.....	11.1.21..11..	...1.....	21	..	...	...	...
Quercus robur^B	9	.	.....	...2..	.1.2.....	.1.2.2...2	..	..	...	...2.2	...
Quercus robur^S	29	.	.1222	.111.2	12.22.2222112	22...2...2	..	1.	...	12..	122
Quercus robur^K	27	1	.1122	1.21..2	11.1112221..2	11.12.1.2..	..	..	...	.2..	.2
Rosa canina^S	2	.	.....	.....	.....	.....1.....	..	..	...	..1.	...
Populus tremula^B	6	.	.....	.....	.....	2.....2..	..	..	..2	.21.	2..
Populus tremula^S	3	1	.....	.....	.....	.1.....	..	..	...	1..	...
Salix caprea^B	5	1	.....	.....	.....	.....	..	..	.1.	.21.	2..
Salix caprea^S	2	.	.....	.....	.....	.....	.1	..	...	...2	...
Robinia pseudoacacia^B	2	.	.....	...2..	.....	.....	..	..	...	..2.	...
Robinia pseudoacacia^S	3	.	.....	...1..	.....	...2.....	..	..	...	.1..	...
Frangula alnus^B	1	.	.....	.....	.....	.....	..	..	...	...2.	...
Frangula alnus^S	6	.	.....	.....	.....2..12	.2.....	..	..	...	2...1.	...
Prunus avium^B	2	.	.....	.....	.....	.....	..	..	...	...2.	1..
Crataegus laevigata^B	3	.	.....	.....	.....	.....	..	..	.21	2...1	...
Acer pseudoplatanus^K	2	.	.....	.....	.....	1.....	..	..	...	.1..	...

Sonstige Arten

Plantago major^K	3	.	.....	.....	.....	.....	..	.2	.2.	...2	...
Elymus repens^K	1	.	.....	.....	.....	.....	..	..	...	..2.	...
Centaurium erythraea^K	1	.	.....	.....	.....	.....	..	.1	...	...	...

Außerdem kommen vor:

Acer pseudoplatanus^B 72:2; Betula c.f. pubescens^S 54:1; Cerastium tomentosum^K 95:1; Crataegus laevigata^S 96:1; Fagus sylvatica^S 33:2; Fagus sylvatica^K 50:1; Fraxinus excelsior^B 25:2; Geranium robertianum^K 72:2; Juncus effusus^K 72:2; Linaria vulgaris^K 61:1; Luzula multiflora^K 89:1; Malus domestica^S 24:2; Medicago lupulina^K 96:1; Picea abies^S 33:2; Poa trivialis^K 3:2; Populus tremula^K 43:1, 83:1; Prunus domestica^B 1:2; Prunus domestica subsp. syriaca 24:2; Prunus serotina^S 60:1; Prunus spec.^B 2:2; Quercus rubra^B 72:2; Quercus rubra^S 85:1; Sambucus nigra^B 24:2; Sorbus aucuparia^S 70:2; Tilia cordata^B 72:2; Vinca minor^K 24:2.