

Biotoptypenausstattung der Spülhalde Münzbachtal bei Halsbrücke

Habitat composition on the flotation tailing Münzbachtal near Halsbrücke

Esther Westhäuser, Elke Richert

Zusammenfassung: Die Spülhalde Münzbachtal befindet sich nördlich von Freiberg (Sachsen) im Tal des Münzbaches. Von 1958 bis 1968 wurde Feinbergematerial, welches während der Anwendung eines nasschemischen Flotationsverfahrens zur Aufbereitung von Halsbrücker Blei- und Zinkerzen anfiel, in die Halde gespült. Nach einer anschließenden initialen Grasansaat auf den Dammböschungen wurde der Haldenkörper weitestgehend der natürlichen Sukzession überlassen. Um die Vegetationsentwicklung auf den heterogenen, anthropogenen Ablagerungen zu beurteilen, wurde während der Vegetationsperiode 2016 eine flächendeckende Biotopkartierung sowohl der Spülhalde als auch in Talabschnitten des Münzbaches ober- und unterhalb der Halde durchgeführt. Für das gesamte Untersuchungsgebiet konnten 22 verschiedene Biotoptypen und Ausbildungen festgestellt werden. Birkendominierte Vorwälder nahmen mit 52% den größten Anteil der Haldenfläche ein. Weiterhin gab es je nach Standortbedingungen Ruderalfluren verschiedener Ausprägungen, nährstoffreiche Staudenfluren, ruderale Gebüsch und ein gesetzlich geschütztes temporäres Kleingewässer. Das Münzbachtal war hauptsächlich durch artenarme Ausprägungen des Biotoptyps „Sonstige extensiv genutzte Frischwiesen“ geprägt. Ein Vergleich mit Vegetationsanalysen von 1994 zeigt, dass auf von Gräsern dominierten Standorten mit ungünstigen Lebensbedingungen wie Nährstoffmangel frühe Sukzessionsstadien länger bestehen bleiben.

Schlüsselwörter/Keywords: Biotopkartierung, Bergbaufolge, Vorwälder, Staudenfluren, habitat mapping, post-mine landscape, pioneer forests, herbaceous vegetation

1. Einleitung

Das bei Halsbrücke (Sachsen) gelegene Untersuchungsgebiet dieser Arbeit ist die Spülhalde Münzbachtal mit angrenzenden Abschnitten des Münzbachtals. Von 1958 bis 1968 wurden im Zuge der Erzaufbereitung Flotationsabgänge aus dem Halsbrücker Blei- und Zinkerzbau in die Halde gespült (Mollée 2013). Nach Beendigung des Spülbetriebs erfolgte eine initiale Begrünung mit Gräsern, allerdings ohne eine geschlossene und stabile Bedeckung der Halde zu erzielen (SAXONIA 2016). Anschließend wurde die Fläche weitestgehend der Sukzession überlassen.

Im Jahr 2016 wurden von der TU Bergakademie Freiberg mit Studierenden des Studienganges Geoökologie im Rahmen von Bachelorarbeiten (Dreier 2017, Jodoin 2017, Scholz 2017) unterschiedliche ökologische Untersuchungen durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der Bachelorarbeit von Esther Westhäuser (2016) dargestellt. Gegenstand dieser war eine flächendeckende Biotoptypenkartierung der Spülhalde mit anschließender Abschätzung der Vegetationsentwicklung anhand historischer Daten.

2. Untersuchungsgebiet

Die Spülhalde befindet sich ungefähr 4 km nördlich von Freiberg (Sachsen) im Münzbachtal etwa 1 km südlich der Einmündung in die Freiburger Mulde bei Halsbrücke (Abb. 1). Die Halde liegt quer zum Münzbachtal und wird durch die natürlich gewachsenen Talhänge sowie durch zwei jeweils talseits mit 3 bis 4 m breiten Bermen bis zu 30 m hoch aufgeschüttete Dämme abgegrenzt (Abb. 2, Fahning & Gerlach 1993). Der Münzbach unterquert die Spülhalde durch einen mit Beton abgedichteten Tunnel. Die Aufstandsfläche der Halde beträgt etwa 6,2 ha. Um die Vernetzung mit dem Umland zu analysieren, wurden für die Biotoptypenkartierung zusätzlich Bereiche des Münzbachtals unterhalb der Halde und der nachfolgende Talabschnitt bis zur Einmündung in die Freiburger Mulde einbezogen, sodass sich insgesamt eine Untersuchungsfläche von 12,3 ha ergab. Bei den folgenden Auswertungen werden für die drei Gebiete jeweils die Bezeichnungen Haldenfläche, unterhalb der Halde (nordwestliches Tal) und oberhalb der Halde (südöstliches Tal) verwendet. Naturräumlich wird das Untersuchungsgebiet dem Mulde-Lösshügelland zugeordnet (Mannsfeld & Richter 1995). Es liegt in der Mesogeochore Muldeland bei Freiberg und somit dicht an der Grenze zum Naturraum Osterzgebirge (Haase & Mannsfeld 2008). Das Mulde-Lösshügelland ist durch pleistozänen Löss geprägt. (Heilmann et al. 1993). Im Raum Freiberg ist vorwiegend Biotitgneis anstehend (Freiberger Kerngneis) (Pälchen & Walter 2008).



Abb. 1: Lage der Spülhalde Münzbachtal (grüner Kasten) nördlich von Freiberg (Sachsen) (Luftbild: GeoBasis DE/BKG 2016).

Fig. 1: Location of the flotation tailing (green box) northern from Freiberg (Saxony) (aerial photo: GeoBasis DE/BKG 2016).

Laut Bodenübersichtskarte (BÜK 400) des LfULG (2007) befindet sich die Spülhalde Münzbachtal in einem durch Hangsand- und Braunerde geprägten Gebiet. Allerdings weichen die Standortbedingungen der Halde stark von der Umgebung ab. Nach Fahning & Gerlach (1993) und Weise et al. (1997) wird der Untergrund wie folgt beschrieben: Während des Einspülprozesses setzten sich peripher die sandigen und zentral die schluffig-tonigen Anteile ab. Zudem ergaben sich unregelmäßige Schichtungen und Sortierungen. Der nordöstliche Teil des Spülflächenplateaus ist mit Baugrubenaushub und Bauschutt abgedeckt. Laut Weise et al. (1997) ergaben Untersuchungen hohe Schwefelgehalte und damit einhergehende niedrige pH-Werte unter 5. Die Autoren gaben für das Substrat hohe Belastungen mit Zink, Cadmium, Blei und Arsen, teilweise auch Kupfer und oberflächennah mit Barium und Chrom an. Schwermetalle lagen vorwiegend mineralisch gebunden in Erzen vor.

Im Untersuchungsgebiet sind nach Schmidt et al. (2002) aufgrund des basenarmen Grundgesteins vor allem bodensaure Buchen-Mischwälder als Potentiell Natürliche Vegetation (PNV) angegeben. Hauptsächlich grundwasserferne, mäßig nährstoffversorgte Standorte mit „Submontanen Eichen-Buchenwäldern“ könnten vorkommen. Für einzelne Bereiche der Münzbachtal ist als PNV der typische Hainmieren-Schwarzerlen-Bachwald angegeben. Er zählt zu Auen- und Niederungswäldern überwiegend mineralischer Nassstandorte.

3. Methoden

3.1 Biotoptypenkartierung und Erfassung relevanter Pflanzenarten

Für die Kartierung der Biotoptypen wurden als Grundlage Luftbilder des GeoSN (2015) verwendet. Die Benennung der Biotoptypen richtete sich nach Buder & Uhlmann (2010). Teilweise wurde die Bezeichnung an lokale Biotopausprägungen angepasst. Für die genaue Festlegung der Grenzen der Kartiereinheiten erfolgte im Feld die Aufnahme von geographischen Koordinaten mit Hilfe eines Garmin eTrex 10, das eine Ungenauigkeit von maximal 3 m aufwies. Durch mehrfache Begehungen konnten den Kartiereinheiten direkt im Feld Biotoptypen zugeordnet werden. Ein Biotoptyp wurde als Vorwald bezeichnet, wenn eine Deckung der Baumschicht von mindestens 25% erreicht war. Mittels der Software ArcMap (ESRI 2013) wurde das Untersuchungsgebiet mit den Kartiereinheiten und deren zugewiesenen Biotoptypen visualisiert und Flächengrößen berechnet.

Von Mai bis August 2016 wurden für alle Kartiereinheiten kennzeichnende und dominante Pflanzenarten sowie Arten von hoher naturschutzfachlicher Bedeutung unter Angabe ihrer Abundanz entsprechend Tabelle 1 erfasst. Weiterhin wurden prozentuale Werte für die Deckung der Streu-, Moos-, Kraut-, Strauch- und Baumschicht sowie für die Gesamtdeckung aufgenommen. Zu der Strauchschicht zählten Gehölze mit einer Höhe von 1 bis 3 m. Charakteristische Besonderheiten der Flächen, wie Exposition und Neigung, waren ebenfalls Bestandteil der Vegetationsaufnahmen. Die Daten der Arterfassungen wurden mit der Software SORT (Durka & Ackermann 1993) bearbeitet. Die Nomenklatur der Arten und ihr Schutzstatus wurden Schulz (2013) entnommen.

Tabelle 1: Für die Abschätzung der Abundanzen der Pflanzenarten verwendete Symbole.

Table 1: Classification used to estimate the cover of the plant species.

Klasse	Definition
1	< 5% der Fläche deckend
a	5–12,5% der Fläche deckend
b	> 12,5% bis 25% der Fläche deckend
3	> 25% bis 50% der Fläche deckend
4	> 50% der Fläche deckend, dominante Art, regelmäßig auf der gesamten Fläche auftretend

4. Ergebnisse

4.1 Biotoptypenausstattung der Teilgebiete

Im Untersuchungsjahr 2016 konnten insgesamt 22 verschiedene Biotoptypen und Ausbildungen (Abb. 3, Tabelle A1) sowie 118 Pflanzenarten (Tabelle A2) nachgewiesen werden. Darunter zählten 14 Biotoptypen zu dem Haldenkomplex. Ebenfalls 14 Biotoptypen gab es im nordwestlichen Tal, im südöstlichen Tal waren es 10.

Auf der Halde dominierten Vorwälder mit einem relativen Flächenanteil von 52%. Weiterhin nahmen Ruderalfluren 31%, Staudenfluren 8% und ruderale Gebüsch 5,5% der Haldenfläche ein. Die Fläche von vegetationsarmen Biotopen und anderen Sonderstandorten war vergleichsweise klein. Auffällig waren die auf der Spülhalde kleinstandörtlich wechselnden Standorteigenschaften bezüglich Bodenfeuchtigkeit und Nährstoffdargebot und die daraus resultierenden kleinräumig wechselnden Vorkommen unterschiedlicher Biotoptypen. Im Gegensatz zur Haldenfläche wurden die Flächen südlich der Halde zu großen Teilen durch Offenlandbiotoptypen, wie insbesondere dem Typ „extensiv genutzte Frischwiese, *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*“, charakterisiert (68%). Nordwestlich der Halde lag der Anteil dieses Typs bei 13%. Hier dominierten mit 44% Flächenanteil Vorwälder und „Sonstiger Laubholzforst“. Vor allem entlang des unbefestigten Weges befanden sich nährstoffreiche Biotoptypen.

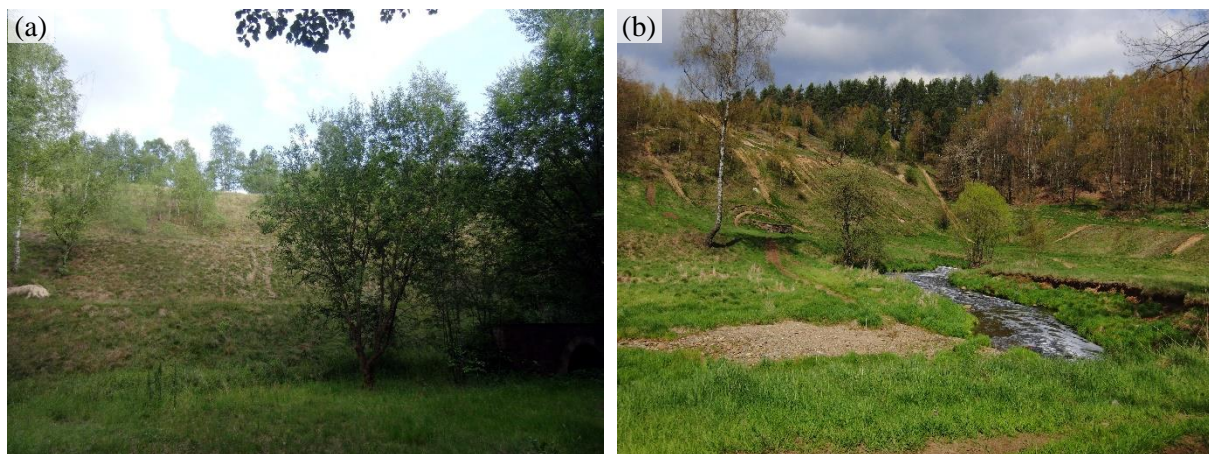


Abb. 2: Ansicht der talseitig aufgeschütteten Haldendämme: a) Böschung des nordwestlichen Damms; b) Böschung des südöstlichen Damms (2016) (Fotos: E. Westhäuser).

Fig. 2: View towards the tailing dams (2016): a) Embankment of the northwest dam; b) Embankment of the southeast dam (Photos: E. Westhäuser).

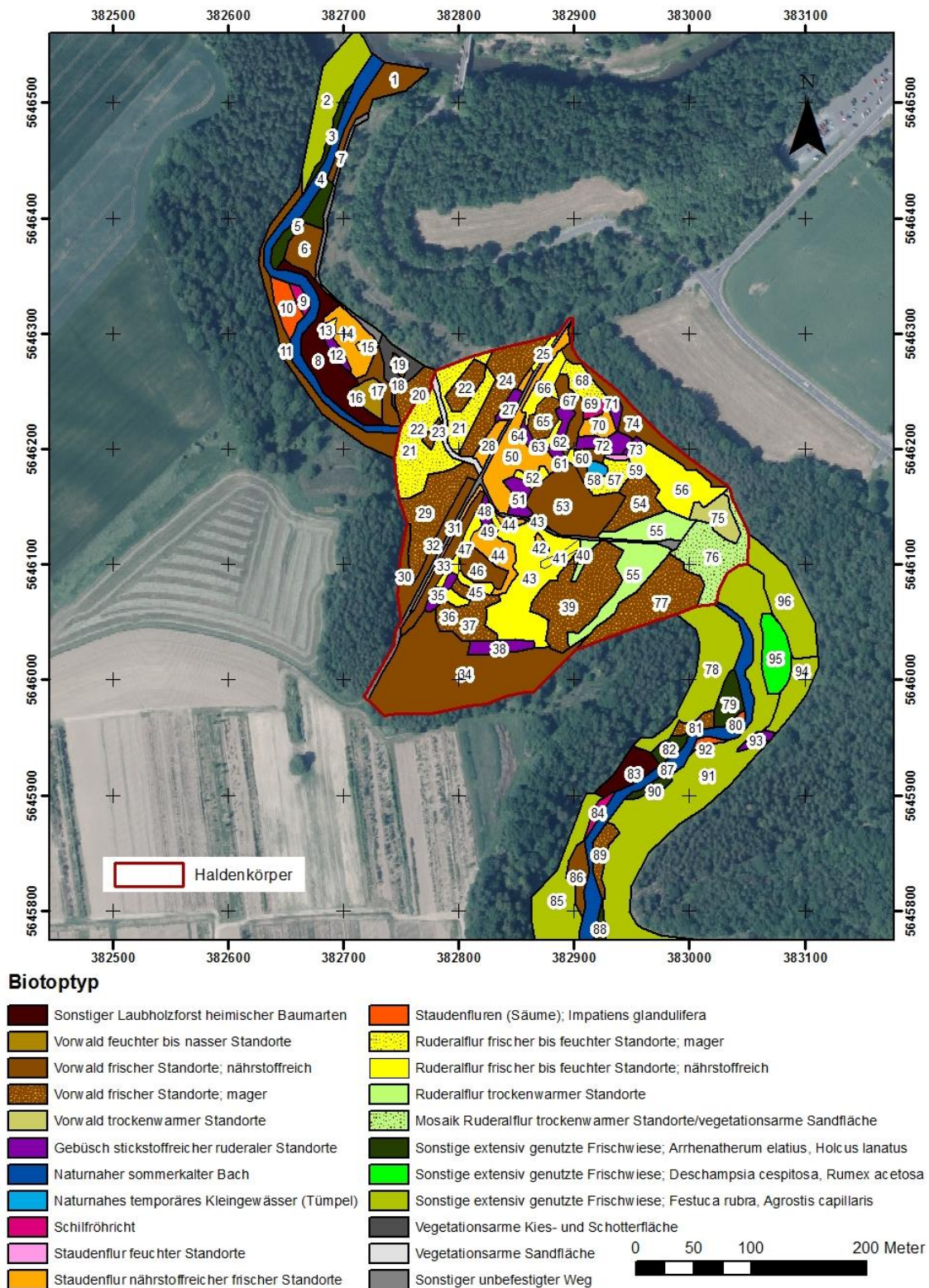


Abb. 3: Biotoptypenkarte des Untersuchungsgebietes Spülhalde Münzbachtal (2016). In den Kartiereinheiten vorkommende Arten finden sich unter der entsprechenden Nummer in den Tabellen A3 und A4.

Fig. 3: Map of habitat types of the Spülhalde Münzbachtal (2016). Species occurring on the patches can be found under the corresponding number in the tables A3 and A4.

(Kartengrundlage/base map: Luftbild/aerial photo from GeoSN 2015)

4.2 Charakterisierung der Biotoptypen

Die erfassten Vorwälder waren hauptsächlich durch die Pioniergehölze *Betula pendula*, *Salix caprea* und *Populus tremula* charakterisiert. Neben den im Untersuchungsgebiet häufig auftretenden birkendominierten „Vorwäldern frischer Standorte“ (Abb. 4a; Tabelle A3/Spalten 4-28) befanden sich ein „Vorwald trockenwarmer Standorte“ (Abb. 4b; Tabelle A3/42) mit Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) auf dem südöstlichen Haldendamm und ein von Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) dominierter „Vorwald feuchter bis nasser Standorte“ (Abb. 4c; Tabelle A3/1) am Fuße der nordwestlichen Dammböschung. Auf frischen Standorten kamen hauptsächlich auf dem östlichen Haldenplateau und an den Dammböschungen magere Vorwälder mit *Deschampsia flexuosa*, *Pilosella officinarum* und *Hypericum perforatum* vor. Auf frischen aber nährstoffreicheren Standorten in Bereichen des nordöstlichen und südwestlichen Haldenplateaus dagegen waren im dichten Unterwuchs Arten wie *Geum urbanum*, *Tanacetum vulgare*, *Lamium album* und *Urtica dioica* charakteristisch (Tabelle A3/16–28). Häufig wies diese Ausbildung eine durch u.a. *Sorbus aucuparia* und *Acer pseudoplatanus* gekennzeichnete Strauchschicht auf.

Die artenarme und lückige Krautschicht (30% Deckung) des „**Vorwalds trockenwarmer Standorte**“ auf dem südöstlichen Haldendamm (Abb. 4b) wurde durch *Agrostis capillaris* und *Festuca rubra* dominiert. Der Standort wies eine südöstliche Exposition und einen trockenen sandigen Untergrund auf.

Der „**Vorwald feuchter bis nasser Standorte**“ befand sich unterhalb der Halde im Sickerwassereinfluss des Münzbaches. Kennzeichnend waren Pflanzenarten die auf sicker- oder staunassen Böden vorkommen, wie z. B. *Phragmites australis*, *Scirpus sylvaticus* und *Angelica sylvestris* (Abb. 4c). Weiterhin kamen *Betula pendula* und v.a. in Randbereichen Stickstoffzeiger wie *Urtica dioica* und *Aegopodium podagraria* vor. Einzelne Exemplare der nach Schulz (2013) stark gefährdeten Art *Dactylorhiza fuchsii* wurden hier ebenfalls nachgewiesen.



Abb. 4: Beispiele für Vorwälder der Spülhalde Münzbachtal: a) „Vorwald frischer Standorte, nährstoffreich“; b) „Vorwald trockenwarmer Standorte“; c) „Vorwald feuchter bis nasser Standorte“; d) „Gebüsch nährstoffreicher ruderaler Standorte“ (Fotos: E. Westhäuser).

Fig. 4: Examples of pioneer forests on Spülhalde Münzbachtal: a) “pioneer forest of damp sites”; b) “pioneer forest of dry and worm sites”; c) “pioneer forest of wet sites”; d) “ruderal bushes of nutritious sites” (Photos: E. Westhäuser).

Flächen des Biotoptyps „**Sonstiger Laubholzforst heimischer Baumarten**“ befanden sich in Talbereichen ober- und unterhalb der Halde (Abb. 3) und nahmen nur 3% des Untersuchungsgebietes ein. Kennzeichnend waren hier in der Baumschicht *Quercus robur* und *Acer pseudoplatanus* (Tabelle A3/ 2–3). Weiterhin war die Strauchschicht mit *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia* und *Acer pseudoplatanus* gut ausgeprägt. In der Krautschicht von Kartiereinheit 83 (Spalte 2) dominierte *Holcus mollis* mit bis zu 50% Deckung, wohingegen Kartiereinheit 8 (Spalte 3) eine höhere Artenzahl aufwies und u.a. durch Stickstoffzeiger wie *Aegopodium podagraria*, *Galium aparine* und *Lamium maculatum* gekennzeichnet war.

Zu den kennzeichnenden Arten des Biotoptyps „**Gebüsch stickstoffreicher ruderaler Standorte**“ (Abb. 4d; Tabelle A3/29–41) des Haldenplateaus zählten neben *Rubus idaeus* weitere *Rubus*-Arten. Außerdem gab es Gebüsche mit *Sambucus nigra*, *Symphoricarpos alba*, *Rosa canina* und *Euonymus europaeus*. Einen dichten Unterwuchs bildeten nitrophile Stauden wie *Urtica dioica* (über 50% Deckung), *Lamium maculatum* und *Aegopodium podagraria*.

Die Zuordnung des Kleingewässers auf dem Haldenplateau (Tabelle A4/1) erfolgte zu dem nach § 21 SächsNatSchG (zu § 30 BNatSchG) geschützten Biotoptyp „**Naturnahes temporäres Kleingewässer (Tümpel)**“, da es in den Sommermonaten zeitweise trocken fiel (Abb. 5a). Das Kleingewässer wurde anthropogen geschaffen, die Uferstrukturen können aber als naturnah angesehen werden. In der artenarmen ufernahen Gewässervegetation waren *Glyceria fluitans*, *Alopecurus geniculatus* und *Hottonia palustris* kennzeichnend. Letztgenannte Art ist als gefährdet eingestuft (Schulz 2013). Am Ufer war *Holcus lanatus* dominant, mit geringer Deckung traten *Juncus effusus* und *Phalaris arundinacea* auf (Tabelle A4/32). Weidenarten wie *Salix fragilis* säumten den Gewässerrand.

Es wurden drei Biotoptypen der Staudenfluren erfasst. Im Uferbereich des Kleingewässers befand sich eine „**Staudenflur feuchter Standorte**“ (Abb. 5b; Tabelle A4/2) mit den charakteristischen Arten *Lysimachia vulgaris*, *Calystegia sepium*, *Cirsium vulgare*, *Juncus conglomeratus* und *Juncus effusus*.

Dichte, von nitrophytischen Hochstauden dominierte „**Staudenfluren nährstoffreicher frischer Standorte**“ (Abb. 5c; Tabelle A4/9–16) befanden sich überwiegend im westlichen Teil des Haldenplateaus. *Solidago canadensis* bildete Dominanzbestände mit über 50% Deckung und Wuchshöhen bis zu zwei Metern. Weitere häufige und für diesen Biotoptyp kennzeichnende Arten waren *Aegopodium podagraria*, *Urtica dioica*, *Cirsium arvense*, *Lamium maculatum*, und *Galium aparine*.

„**Staudenfluren (Säume), Impatiens glandulifera**“ waren Uferstaudenfluren des Münzbaches (Tabelle A4/6–8). Sie zeichneten sich durch einen dichten Bewuchs (95% Krautdeckung) aus Nässe- und Stickstoffzeigern aus. Niedrigwüchsige, früh blühende Arten wie *Ranunculus ficaria*, *Geum urbanum* (nordwestlich der Spülhalde) sowie *Cardamine amara* und *Epilobium parviflorum* (südöstlich der Spülhalde) wurden im Spätsommer von *Impatiens glandulifera* mit einer Wuchshöhe von bis zu 2,1 m überragt, welche von *Urtica dioica* und *Galium aparine* begleitet wurde.

Ruderalfluren bedeckten 31% der Haldenfläche. Deren Artenzusammensetzung ähnelt auf der Halde der Zusammensetzung von Grünlandbiotopen. Da es sich hier jedoch um anthropogene Aufschüttungen handelte, die keine Bewirtschaftung wie z. B. Mahd erfuhren, erfolgte eine Zuordnung zu dem Biotoptyp „Ruderalflur“. Die vorgefundenen Ruderalfluren unterschieden sich aufgrund der Dominanz von Süßgräsern deutlich von den „Staudenfluren nährstoffreicher frischer Standorte“. So waren auf frischen bis feuchten und nährstoffreichen Standorten (Abb. 5d; Tabelle A4/17–30) *Elymus repens* (dominant), *Dactylis glomerata*, aber auch zahlreiche krautige Grünlandarten wie *Veronica chamaedrys* und *Achillea millefolium* kennzeichnend. *Festuca rubra* und *Agrostis capillaris* kamen ebenfalls mit Deckungen von bis zu 25% vor. Magere Ausprägungen bestanden dagegen aus artenarmen, lückigen und moosreichen Grasfluren (Deckung der Krautschicht: 40–70%). *Festuca rubra* nahm bis zu 50% der mageren Ruderalflur auf dem nordwestlichen Haldendamm ein (Abb. 5e). Charakteristisch war außerdem das Vorkommen von Säure- und Magerkeitszeigern wie *Deschampsia flexuosa* (bis zu 25% Deckung) und *Agrostis capillaris* sowie die Arten *Deschampsia cespitosa* (bis 25% Deckung) und *Holcus lanatus*, welche feuchte Standorte bevorzugten.

Flächen des Biotoptyps „**Ruderalfluren trockenwarmer Standorte**“ befanden sich auf östlichen Plateaubereichen und auf der angrenzenden Haldenböschung mit Deckungen der Krautschicht von 50–60%. Ausschlaggebend für die Biotopzuordnung waren die sandigen, trockenen und teils südexponierten Standortverhältnisse. Allerdings waren diese Biotope artenarm und die in der Roten Liste der Biotoptypen angeführten typischen wärmeliebenden Pflanzenarten fehlten (Tabelle A4/34–35). Kennzeichnende Arten waren *Pinus sylvestris* in der Strauchschicht, *Silene vulgaris* und *Scorzoneroidees autumnalis*. In Grenzbereichen zu nährstoffreichen Ruderalfluren kamen *Festuca rubra* (bis 50% Deckung), *Dactylis glomerata*, *Viola tricolor* und *Vicia cracca* hinzu. Die Kartiereinheit 55 (Abb. 5f) bestand aus einer Rot-Straußgras-Flur (*Agrostis capillaris*) mit nur fünf erfassten Arten. Durch intensive Motocrossbefahrungen und anschließende Erosion haben sich tiefe Rinnen und Sandflächen auf der südöstlichen Haldenböschung gebildet (Abb. 6a). Dies führte zu der Bezeichnung „**Mosaik Ruderalflur trockenwarmer Standorte/vegetationsarme Sandfläche**“.



Abb. 5: Beispiele für Offenlandbiotypen der Haldenfläche: a) „Naturnahes temporäres Kleingewässer (Tümpel)“; b) „Staudenfluren feuchter Standorte“; c) „Staudenfluren nährstoffreicher frischer Standorte“; d) „Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte, nährstoffreich“; e) „Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte, mager“; f) „Ruderalflur trockenwarmer Standorte“ (Rot-Straußgras-Flur) (Fotos: E. Westhäuser).

Fig. 5: Examples of open land habitat types on the tailing area: a) “near-natural and temporary small water body” b) “forb stands of damp sites” c) “forb stands of nutritious and fresh sites”; d) “ruderal vegetation of fresh to damp and nutritious sites”; e) “ruderal vegetation of fresh to damp sites, low in nutrients”; f) “ruderal vegetation of warm and dry sites” (common bent) (Photos: E. Westhäuser).

Als „**Vegetationsarme Sandfläche**“ wurde die Kartiereinheit 23 bezeichnet, welche sich auf dem Nordwestdamm der Spülhalde befand (Abb. 3). Spaziergänger nutzen diese Fläche als Weg um die Dammböschung zu erklimmen, was das Vorkommen offener Bodenstellen erklärt.

Die „**Vegetationsarme Kies- und Schotterfläche**“ (Kartiereinheit 18; Tabelle A4/51) befand sich am Fuße des nordwestlichen Haldendamms (Abb. 3). Nachgewiesene Pflanzenarten, die vor allem an Übergängen zu benachbarten Biotopen wuchsen, waren *Silene vulgaris*, *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris* und *Rumex acetosa*.

Zwei Kartiereinheiten konnten dem Biotoptyp „**Sonstiger unbefestigter Weg**“ zugewiesen werden. Die vegetationsarme Kartiereinheit 7 (Tabelle A4/52) wies einen kiesigen Untergrund auf und befand sich im Münzbachtal nordwestlich der Spülhalde. Dagegen war die Krautdeckung der Kartiereinheit 31 (Spalte 53) auf dem Haldenplateau mit 60% relativ hoch. Kennzeichnende Arten des Biotoptyps „Sonstiger unbefestigter Weg“ waren hauptsächlich trittfeste Arten wie zum Beispiel *Taraxacum officinale* agg., *Plantago major* und *Poa annua* oder Stickstoffzeiger wie *Polygonum aviculare*, *Trifolium repens* und *Capsella bursa-pastoris*.

Im Untersuchungsgebiet wurden drei Kartiereinheiten dem nach § 21 SächsNatSchG (zu § 30 BNatSchG) geschützten Biotoptyp „**Schilfröhricht**“ zugeordnet (Tabelle A4/3–5). Die Kartiereinheit 69 befand sich nördlich auf dem Spülhaldenplateau auf einem eher wasserfernen Standort. Die Kartiereinheiten 9 und 84 säumten das Ufer des Münzbaches. Die namensgebende Art *Phragmites australis* wurde von den Stickstoffzeigern *Urtica dioica* und *Galium aparine* sowie von *Impatiens glandulifera* und *Holcus lanatus* begleitet. Auf dem Haldenstandort wuchsen zudem Sträucher wie *Rubus idaeus*.

„**Sonstige extensiv genutzte Frischwiesen**“ befanden sich im waldfreien Überflutungsbereich des Münzbaches. Im Untersuchungsgebiet ließen sich drei Ausbildungen unterscheiden. Direkt an den Münzbach angrenzend kam die Ausbildung mit *Arrhenatherum elatius* und *Holcus lanatus* (Abb. 6c; Tabelle A4/42–47) vor. Charakteristisch für diese Ausbildung waren Stickstoffzeiger wie *Urtica dioica*, *Galeopsis speciosa* und *Dactylis glomerata*. In an „Staudenfluren (Säume), *Impatiens glandulifera*“ grenzenden Kartiereinheiten hatte *Impatiens glandulifera* eine Deckung von 5–20%. Nach einer bis etwa 2 m hohen Abbruchkante, die vor allem mit *Deschampsia flexuosa* bewachsen war, folgte die Ausbildung mit *Festuca rubra* und *Agrostis capillaris* (Abb. 6d; Tabelle A4/36–41). Kennzeichnende Pflanzenarten waren neben den dominierenden namensgebenden Arten *Stellaria graminea*, *Poa pratensis* und *Ranunculus repens*. Weiterhin wurden in dieser Ausbildung die Arten *Holcus lanatus*, *Galeopsis speciosa*, *Rumex acetosa* und *Deschampsia cespitosa* nachgewiesen. Ungefähr 50 m von dem südöstlichen Haldenfuß entfernt befand sich östlich des Münzbaches die Kartiereinheit 95 mit der Ausbildung *Deschampsia cespitosa* und *Rumex acetosa* (Tabelle A4/48). *Deschampsia cespitosa* und *Rumex acetosa* waren hier bestandsbildend. Daneben nahmen *Angelica sylvestris* und die Stickstoffzeiger *Urtica dioica*, *Galeopsis speciosa* und *Dactylis glomerata* geringe Deckungen ein.

Der Münzbach ist als „**Naturnaher sommerkalter Bach**“ ein nach § 26 SächsNatSchG geschütztes Biotop. Er wurde durch eine Verrohrung unter der Spülhalde durchgeleitet und der nordwestlich anschließende Abschnitt verbaut. In den naturbelassenen Abschnitten wies der Münzbach einen leicht mäandrierenden Verlauf mit Abbruchkanten am Prallhang und kleinflächigen Kies- und Schotterbänken am Gleithang sowie ein vegetationsarmes, blockreiches Bachbett (Abb. 6b) auf. Gehölze wie *Quercus robur*, *Acer pseudoplatanus*, *Salix fragilis*, *Betula pendula*, *Frangula alnus* und *Sorbus aucuparia* beschatteten den Münzbach mit durchschnittlich 40%. Auffällig waren die Uferstaudenfluren aus *Impatiens glandulifera*. Daneben kamen *Urtica dioica*, *Galeopsis speciosa*, *Holcus lanatus*, *Poa trivialis* und *Arrhenatherum elatius* sowie vereinzelt Schilf-Röhrichte (*Phragmites australis*) am Uferstreifen vor. Für den Münzbach wurde keine detaillierte Artenliste erstellt, da die Ufervegetation in angrenzenden Kartiereinheiten mit erfasst wurde.



Abb. 6: (a) „Mosaik Ruderalflur trockenwarmer Standorte/vegetationsarme Sandfläche“ (südöstlicher Haldendamm) und Biotoptypen des Münzbachtals: (b) „Naturnaher sommerkalter Bach“; (c) „Sonstige extensiv genutzte Frischwiese, *Arrhenatherum elatius*, *Holcus lanatus*“; (d) „Sonstige extensiv genutzte Frischwiese, *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*“ (Fotos: E. Westhäuser).

Fig. 6: (a) “Mosaic of ruderal vegetation of warm and dry sites/sandy area with sparse vegetation” (southeastern dam) and habitat types of Münzbachtal: (b) “near-natural and summer cold stream”; (c) “extensively used meadow, *Arrhenatherum elatius*, *Holcus lanatus*“; (d) „extensively used meadow, *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*“ (Photos: E. Westhäuser).

4.3 Abschätzung der Vegetationsentwicklung anhand historischer Daten

Anhand der 2016 kartierten Biotopmosaike aus Gras-Kraut-Fluren, Gebüsch und Vorwäldern und dem Vergleich mit früheren floristischen Bestandsaufnahmen von Hertwig et al. (1994) sowie einer älteren Luftbildaufnahme (Abb. 7a) soll im Folgenden die Vegetationsentwicklung nachvollzogen werden.

Die Ergebnisse der Vegetationskartierungen im Jahr 1994 stellten einen Zustand nach 26 jähriger Vegetationsentwicklung dar. 1994 nahmen lückige Pioniervegetation und Grasfluren den größten Teil der Spülhalde ein. Die Pionierarten *Cerastium semidecandrum*, *Rumex acetosella* und *Euphrasia stricta* wurden 1994 nachgewiesen. Auf trockenen Standorten hat sich die Zusammensetzung artenarmer Rot-Straußgras-Fluren bis heute kaum verändert (Abb. 3: Kartiereinheit 55). An Standorten mit höherem Nährstoffgehalt und höherer Bodenfeuchte wuchsen bereits 1994 artenreiche Süßgrasfluren (*Agrostis capillaris*, *Elymus repens*, *Dactylis glomerata* und *Poa pratensis*) mit geringem Anteil an krautigen Pflanzen. Im Bereich von Ablagerungen unterschiedlicher Art und entlang des Weges auf dem Haldenplateau wurden 1994 die Pflanzengesellschaften Echio-Melilotetum, Tanaceto-Artemisietum und Arctio-Artemisietum kartiert. Auf diesen Flächen bildeten sich bis 2016 Dominanzbestände von *Solidago canadensis* und nährstoffzeigenden Arten wie *Urtica dioica*, *Lamium maculatum* und *Aegopodium podagraria* heraus (Abb. 3 z.B. Kartiereinheit 50; Tabelle A4/9–16). Teilweise entstanden hier bis 2016 „Gebüsche stickstoffreicher ruderaler Standorte“ (Abb. 3, z.B. Kartiereinheit 62) oder „Vorwälder frischer Standorte, nährstoffreich“ (Kartiereinheiten 53, 67 und 60).

Erste Gehölze wuchsen 1994 ausschließlich auf den Haldendämmen. Der Übergang zu Vorwaldphasen auf dem Spülhaldenplateau ist auf dem Luftbild von 2001 (Abb. 7a) deutlich zu erkennen. Der im Zentrum des Plateaus gelegene „Vorwald frischer Standorte, nährstoffreich“ (Abb. 3: Kartiereinheit 53) soll 1994 noch



Abb. 7: Luftbildaufnahmen der Spülhalde Münzbachtal zu verschiedenen Zeitpunkten: a) September 2001 (GeoContent 2016) und b) August 2016 (GeoBasis DE/BKG 2016).

Fig. 7: Aerial photos of the flotation tailing at different times: a) September 2001 (GeoContent 2016) and b) August 2016 (GeoBasis DE/BKG 2016).

gehölzfrei gewesen sein. Bereits 2001 war ein dichter Gehölzbestand vorhanden (Abb. 7a). Die in Hertwig et al. (1994) beschriebenen „lückigen Pionierfluren auf jungen Abgrabungsflächen“ auf dem Plateau waren 2001 durch erstes Gehölzaufkommen gekennzeichnet. Heute haben sich diese überwiegend als „Vorwald frischer Standorte, mager“ entwickelt (Abb. 3: Kartiereinheiten 37, 39 und 65). *Euphrasia stricta* konnte nicht mehr nachgewiesen werden. Der „Vorwald trockenwarmer Standorte“ auf dem südöstlichen Haldendamm ist auf dem Luftbild von 2001 noch nicht erkennbar. Obwohl die Böschungen der Dämme nach Beendigung des Spülbetriebs bereits begrünt wurden (SAXONIA 2016), ist der heutige Vorwaldanteil auf diesen, mit Ausnahme des oberen Dammbereichs der Nordböschung, recht lückig (Abb. 2). Zudem hatte sich seit 1994 die Artenzusammensetzung der Krautschicht kaum geändert.

2001 waren auf der Halde kaum noch offenliegende Spülsande vorhanden. Bei einem Vergleich der Abb. 7a und 7b wird die weiter fortschreitende Verbuschung deutlich. Die verbliebenen vegetationsarmen Bodenstellen zeugen von Motocrossaktivitäten.

5. Diskussion

Die Spülhalde Münzbachtal umfasst ein morphologisch heterogenes Gebiet. Bedingt durch unterschiedliche Standorteigenschaften hat sich ein hoher Strukturreichtum mit kleinräumig wechselnden Gehölz- und Offenlandbiotoptypen (Abb. 3) herausgebildet. Ein großer Teil der Spülhalde war im Untersuchungsjahr 2016 mit „Vorwäldern frischer Standorte“ bestanden. Die Offenlandbiotoptypen setzten sich aus von Gräsern dominierten Ruderalfluren oder nitrophilen Hochstaudenfluren zusammen (Tabelle A4). Darunter mischten sich ruderale Gebüsche.

Neben einer differenzierten Substrateinspülung während des Spülhaldenbetriebs ist das Haldenplateau durch Ablagerungen von z. B. Bauschutt und Mutterboden sowie nachträgliche Abgrabungen (Hertwig et al. 1994) überprägt. An den Haldendämmen wurde bewusst zur Erhöhung der Standsicherheit gröberes Material abgelagert (Fahning & Gerlach 1993). Dort waren 2016 Biotoptypen magerer bzw. trockener Standorte vorzufinden (Abb. 3). Dagegen bildeten sich nährstoffreiche, frische bis feuchte Biotope auf den feineren Substraten der Spülseemitte heraus.

Neben Standortverhältnissen wie Bodenart, Wassergehalt, Nährstoffverfügbarkeit, Säuregehalt und Störungen bestimmen der Diasporeneintrag aus benachbarten Beständen, das Invasionspotential eingewanderter Arten und stochastische Effekte (First Comer-Effekt) den Sukzessionsverlauf (Kleinknecht 2002, Tischew & Kirmer 2004). So können niedrigere Nährstoffgehalte und pH-Werte des Bodens eine deutliche Verzögerung des Sukzessionsfortschritts durch erschwerte Keimungsbedingungen hervorrufen, so dass lückige Gras- und Krautfluren längerfristig erhalten bleiben (vgl. Huth et al. 2004; Lorenz 2004). Die in Hertwig et al. (1994) beschriebenen artenarmen, von *Agrostis capillaris* dominierten Ruderalfluren mit geringer Vegetationsdichte sind daher 2016 noch auf besonders mageren und sandigen Standorten kartiert worden (Abb. 4f). Die Dominanz

von Rot-Straußgras-Fluren (*Agrostis capillaris*) ist für die Halden im Freiburger Raum typisch (Golde 2013; Richert et al. 2017).

Auf Standorten mit höherem Nährstoffgehalt und höherer Bodenfeuchte verkrauten die zunächst gräserdominierten Biotope zunehmend (Kap. 4.3). Durch Bodenbildungsprozesse (Humusaufgabe) wurden günstigere Lebensbedingungen geschaffen und konkurrenzfähige Arten gefördert. Daher konnten sich bis 2016 auf einigen Flächen Dominanzbestände von *Solidago canadensis* und nährstoffzeigenden Arten wie *Urtica dioica*, *Lamium maculatum* und *Aegopodium podagraria* entwickeln.

„Gebüsche nährstoffreicher ruderaler Standorte“ befanden sich 2016 vor allem auf nährstoffreichen von ruderalen Ablagerungen betroffenen Flächen und wurden durch *Rubus*-Arten, *Sambucus nigra*, *Rosa canina* und *Euonymus europaeus* charakterisiert.

Die Vorwaldentwicklung fand sowohl auf den 1994 noch lückigen Pionierfluren des Spülhaldenplateaus, auf denen erneute Abgrabungen stattgefunden hatten (Abb. 3: Kartiereinheiten 36, 39, 65), als auch auf den nährstoffreichen Mutterboden- und Bauschuttablagerungen des nördlichen Haldenplateaus statt (Kap. 4.3). Nach Tischew & Kirmer (2004) bestimmen in den ersten 30 Jahren stochastische Ereignisse die Waldentwicklung stärker als die differenzierende Wirkung von Standortfaktoren. So müssen Pionierbaumarten bereits frühzeitig in die noch offenen Ausgangsbestände lockerer Aufschüttungsböden einwandern (Müller & Rosenthal 1998). Es ist wahrscheinlich, dass bereits mit den Ablagerungen Samen von Pioniergehölzen eingetragen wurden. Auf mageren vegetationsarmen Standorten ist der Konkurrenzdruck geringer als auf Flächen späterer Sukzessionsstadien (Tischew & Kirmer 2004), so dass sich dort die mageren Vorwälder des Haldenplateaus recht schnell etablieren konnten. Die 2016 kartierten „Vorwälder frischer Standorte, mager“ zeichneten sich durch einen lichten, von *Betula pendula* und *Populus tremula* dominierten Bestand aus. Der Unterwuchs wies geringe Vegetationsdichten auf und Sträucher erreichten lediglich geringe Wuchshöhen (Tabelle A3/4–15). Im Vergleich zu nährstoffreichen Vorwäldern ist hier der Sukzessionsverlauf allerdings verzögert (vgl. Scholz et al., in Vorber.). In „Vorwäldern frischer Standorte, nährstoffreich“ wuchsen neben Pioniergehölzen bereits anspruchsvollere Baumarten wie *Acer pseudoplatanus*, *Quercus robur* und *Fraxinus excelsior*. Mit ausgeprägter Strauchschicht aus *Sambucus*-Arten und *Sorbus aucuparia* und nährstoffzeigenden Hochstauden lag die Deckung des Unterwuchses bei 100%. Die jüngsten Vorwälder entwickeln sich auf der Böschung des Nordwestdamms. Hier bildete sich nach der Grasansaat eine dichte Grasnarbe, wodurch die Keimung von Gehölzen und weiteren Arten erschwert ist. Seit 1994 hatte sich die Artenzusammensetzung kaum geändert.

Auf der Spülhalde Münzbachtal führt die hohe Vielfalt an Biotopen zu einer hohen naturschutzfachlichen Bedeutung des Untersuchungsgebietes. Vor allem Tiergruppen, die Offenlandbiotope mit lückigen Gehölzstrukturen als Lebensraum bevorzugen, profitieren von den vorliegenden Verhältnissen. Beispielsweise konnten 2016 mehrere Reviere von Goldammer, Baumpieper, Neuntöter und Gartengrasmücke, welche halboffene Strukturen benötigen, auf der Spülhalde nachgewiesen werden (Dreier 2017). Gras- und Krautfluren mit lückigem Bewuchs, wie zum Beispiel die erfassten „Ruderalfluren trockenwarmer Standorte“, haben eine besondere Bedeutung als Lebensraum spezialisierter und teilweise gefährdeter oder geschützter Pionierarten (unter anderem Heuschrecken und Laufkäfer) (Huth et al. 2004). In dem Naturschutzgutachten von Hertwig et al. (1994) kam eine große Zahl geschützter offenlandbewohnender Arten in dem Gebiet vor. Der Rückgang der offenen Flächen in den letzten Jahrzehnten (Kap. 4.3) wird sicherlich eine Änderung der Artzusammensetzung zur Folge gehabt haben.

Zukünftig wird die Verbuschung und Vorwaldentwicklung vermutlich in Richtung von Eichen-Birken-Wäldern voranschreiten, wobei weiterhin eine Verzögerung der Gehölzansiedlung auf den besonders basen- und nährstoffarmen Standorten zu erwarten ist. Anthropogene Eingriffe und das Management der Flächen können die weitere Entwicklung steuern. So wurden auf dem nördlichen Teil des Haldenplateaus bereits Gehölzpflanzungen vorgenommen (Abb. 3, Kartiereinheiten 66, 68). Die Störungen durch Motorradfahrer halten Sandflächen offen, was naturschutzfachlich zu begrüßen ist, aber eine erhebliche Gefährdung der Standsicherheit der Spülhalde darstellt (Abb. 6a). Um den naturschutzfachlich wertvollen Strukturreichtum, d.h. insbesondere die Offenlandbiotope nährstoffarmer Standorte, zu erhalten, sollten Nährstoffeinträge vermieden und die Verbuschung gehemmt werden. Beispielsweise könnten die „Ruderalfluren frischer bis feuchter Standorte, nährstoffreich“ regelmäßig gemäht werden, um diese auszumagern und eine Besiedlung mit Gehölzen zu verhindern.

Danksagung

Unser herzlicher Dank gilt Frau Dr. Christin Jahns (SAXONIA – Standortentwicklungs- und – Verwaltungsgesellschaft, Freiberg) für die vielfältige Unterstützung insbesondere durch die Bereitstellung von fachlichen Informationen.

6. Summary

The flotation tailing “Münzbachtal” is located north of the city Freiberg (Saxony) in the Münzbach valley. Fine tailings produced during application of a wet-chemically flotation process for lead and zinc ore processing in Halsbrücke were inducted here from 1958 to 1968. Afterwards the dam embankments were seeded with grass and left to unhindered succession. To see how the vegetation has developed on these anthropogenic substrates a mapping of the habitat types was carried out in 2016. The study area included despite the tailing itself parts of the valleys north and south of the tailing. In total 22 different habitat types and variations occurred. Birch dominated pioneer forests made up the largest part of the tailing surface with 52%. In addition according to the site conditions different variations of ruderal meadows, forb stands of nutritious sites, ruderal shrubs and a temporary small water body, which is legally protected in Saxony, could be found. The Münzbach valley mainly was characterised by the habitat type “extensively used meadows” with a low abundance of species. A comparison with vegetation analyses from 1994 helps to estimate the development of habitats. It turned out, that on grass dominated sites with unfavorable site conditions like deficiency of nutrients early succession states remain unchanged for a longer time period.

7. Literatur

- Buder, W. & Uhlemann, S. (2010): Biotoptypen. Rote Liste Sachsen. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.).
- Dreier, F. (2017): Analyse der Avifauna auf der Spülhalde Münzbachtal und umliegender Gebiete unter Berücksichtigung der Struktur und der Zusammensetzung der Vegetation. Bachelorarbeit Geoökologie, AG Biologie/Ökologie, IÖZ, TU Bergakademie Freiberg, unveröff.
- Durka, W. & Ackermann, W. (1993): SORT 4.0. Ein Computerprogramm zur Bearbeitung von floristischen und faunistischen Artentabellen. *Natur und Landschaft* 68: 16–21.
- Fahning, E. & Gerlach, R. (1993): Historische Erkundung zu Liegenschaften der SAXONIA AG, Freiberg. Ergebnisbericht Spülhalde Münzbachtal. Freiberg, unveröff., 17 S. und Anhang.
- GeoBasis DE/BKG (2016): Luftbild vom 26.08.2016. Google Earth (letzter Zugriff 25.04.2017).
- GeoContent (2016): Luftbild der Spülhalde Münzbachtal vom 05.01.2001. - Google Earth (letzter Zugriff 26.10.2016).
- GeoSN (2015): ADV-WMS-DE-SN-DOP-RGB. Bodenauflösung von 0,20 m, Aufnahmedatum 05.01.2015. Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen.
- Golde, A. (2013): Das Freiburger Bergbaugesbiet. In: Baumbach, H. (Hrsg.): Bergbaufolgelandschaften Deutschlands. Geobotanische Aspekte und Rekultivierung. Weißdorn-Verlag, Jena, S. 437–467.
- Heilmann, H. Fischer, J. & Symmang, R. (1993): Die Böden des Osterzgebirges und seines nördlichen Vorlandes. In: Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie/ Bereich Boden und Geologie (Hrsg.): Geologie in Sachsen: Exkursionsführer Nr. 1. Freiberg, 22 S.
- Hertwig, T., Reißmann, R. & Günther A. (1994, unveröff.): Boden- und Vegetationsverhältnisse sowie floristische und faunistische Ausstattung auf acht Halden im Freiburger Raum. SAXONIA AG i.L., NSI Freiberg, Beak Consultants GmbH, Freiberg, unveröff., 289 S. + 11 Anlagen
- Huth, J., Oelerich, H.-M., Reuter, M. & Tischew, S. (2004): Biotoptypen in der Bergbaufolgelandschaft. In: Tischew, S. (Hrsg.): Renaturierung nach dem Braunkohleabbau. Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, S. 31–68.
- Jodoin, R. (2017, unpubl.): Analyse der Tagfalterfauna und der Offenlandvegetation auf der Spülhalde Münzbachtal bei Halsbrücke. Bachelorarbeit Geoökologie, AG Biologie/Ökologie, IÖZ, TU Bergakademie Freiberg, unveröff.
- Kleinknecht, U. (2002): Primäre Gehölzsukzession in der Bergbaufolgelandschaft des Leipziger Südraums. *Dissertationes botanicae*, 358: 1–159
- LfULG (2007): Bodenübersichtskarte Sachsen 1: 400 000 (BÜK400). Sächs. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.).
- 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.
- Mannsfeld, K. & Richter, H. (Hrsg.) (1995): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 238. Zentrallausschuss für deutsche Landeskunde Trier, 228 S.
- Mollée, R. (Hrsg.) (2013): Altlastenprojekt Saxonia 1993 - 2013. Eine Retrospektive. SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungs-gesellschaft mbH, Freiberg, 404 S.
- Pälchen, W. & Walter, H. (Hrsg.), (2008): Geologie von Sachsen: Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Richert, E., Aufsfeld, P. & Olias, M. (2017): Biotop-typenausstattung der Spülhalde Davidschacht in Freiberg. *Freiberg Ecology online* 2: 18–36.
- SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungs-gesellschaft mbH (2016): Untersuchungen zu 17 Grobberge- und Aufbereitungshalden des Erzgebirges im Rahmen des Teilprojektes „SMSB – Gewinnung strategischer Metalle und Mineralien“ der BMBF-Fördermaßnahme „r3 –

- Innovative Technologien für Ressourcen-effizienz – Strategische Metalle und Mineralien“, unveröff.
- Schmidt, P. A., Hempel, W., Denner, M., Döring, N., Gnüchtel, A., Walter, B. & Wendel, D. (2002): Potentielle Natürliche Vegetation Sachsens mit Karte 1:200000. Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.), Dresden, 230 S.
- Scholz, A., Achtziger, R. & Richert, E. (i. Vorber.): Analyse der Artenzusammensetzung und Struktur der Gehölzbestände der „Spülhalde Münzbachtal“ bei Halsbrücke. Freiberg Ecology online.
- Schulz, D. (2013): Rote Liste und Artenliste Sachsens. Farn- und Samenpflanzen. Sächs. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.).
- Tischew, S., Perner, J. & Kirmer, A. (2004): Diasporenquellen, Standortselektion und Stochastik - Vegetationsentwicklung 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.
- Weise, A., Abo-Rady, M., Pälchen, W., Hoffmann, R., Tenholtern, R., Hertwig, T., Burghardt, W., Hiller, D. A., Bahmani-Yekta, M., Richter, B., Berthold-Kraczy, A. & Höke, S. (1997): Exkursion Bergbauböden im Raum Freiberg. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Oldenburg. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 84: 77–114.
- Westhäuser, E. (2016): Biotoptypenausstattung der Spülhalde Münzbachtal bei Freiberg. Bachelorarbeit Geoökologie, AG Biologie/ Ökologie, IÖZ, TU Bergakademie Freiberg, unveröff.

Anschriften der Autor(inn)en:

Esther Westhäuser*: Lessingstr. 50, 09599 Freiberg, E-Mail: esther.westhaeuser@web.de

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

*Korrespondierende Autorin

Anhang

Tabelle A1: Biotoptypen der drei Teilgebiete Haldenfläche und die Gebiete unter- und oberhalb der Halde mit ihren absoluten und relativen Flächengrößen (Benennung der Biotoptypen nach Buder & Uhlemann 2010)

Table A1: Habitat types on the tailing area and the areas above and below with their absolute and relative surface area (nomenclature of the habitat types after Buder & Uhlemann (2010))

Biotoptyp	Haldenfläche		Gebiet unterhalb der Halde		Gebiet oberhalb der Halde	
	abs. Flächengröße [m ²]	rel. Flächenanteil [%]	abs. Flächengröße [m ²]	rel. Flächenanteil [%]	abs. Flächengröße [m ²]	rel. Flächenanteil [%]
Vorwald frischer Standorte, nährstoffreich	18028	26,0	5466	24,9	738	2,4
Vorwald frischer Standorte, mager	16875	24,3	1028	4,7	1011	3,2
Vorwald trockenwarmer Standorte	959	1,4				
Gebüsch stickstoffreicher ruderaler Standorte	3834	5,5	308	1,4	249	0,8
Staudenflur nährstoffreicher frischer Standorte	5474	7,9	1336	6,1		
Staudenflur feuchter Standorte	98	0,1				
Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte, nährstoffreich	9289	13,4	210	1,0		
Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte, mager	6079	8,8				
Ruderalflur trockenwarmer Standorte	3622	5,2				
Mosaik Ruderalflur trockenwarmer Standorte/ vegetationsarme Sandfläche	2709	3,9				
Sonstiger unbefestigter Weg	1579	2,3	789	3,6		
Vegetationsarme Sandfläche	458	0,7				
Naturnahes temporäres Kleingewässer (Tümpel)	234	0,3				
Schilfröhricht	217	0,3	329	1,5	259	0,8
Sonstige extensiv genutzte Frischwiese, <i>Festuca rubra</i> , <i>Agrostis capillaris</i>			2762	12,6	21286	67,9
Sonstige extensiv genutzte Frischwiese, <i>Arrhenaterum elatius</i> , <i>Holcus lanatus</i>			1367	6,2	1711	5,5
Sonstige extensiv genutzte Frischwiese, <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Rumex acetosa</i>					1394	4,5
Vorwald feuchter bis nasser Standorte			647	2,9		
Sonstiger Laubholzforst heimischer Baumarten			2610	11,9	1018	3,3
Staudenfluren (Säume), <i>Impatiens glandulifera</i>			783	3,6	255	0,8
Vegetationsarme Kies- und Schotterfläche			801	3,6		
Naturnaher sommerkalter Bach			3528	16,1	3405	10,9
Gesamtfläche [ha]	6,95		2,2		3,13	

Tabelle A2: Liste der nachgewiesenen Arten der höheren Pflanzen im Untersuchungsgebiet Spülhalde Münzbachtal (Stand 2016)**Table A2:** List of recorded higher plant species of the study area Spülhalde Münzbachtal (status 2016)

<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Frangula alnus</i>	<i>Potentilla intermedia</i>
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Aegopodium podagraria</i>	<i>Galeopsis bifida</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>
<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Galeopsis speciosa</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Galium aparine</i>	<i>Ranunculus acris</i>
<i>Alopecurus geniculatus</i>	<i>Galium mollugo</i>	<i>Ranunculus ficaria</i>
<i>Anemone nemorosa</i>	<i>Geranium molle</i>	<i>Ranunculus repens</i>
<i>Angelica sylvestris</i>	<i>Geum urbanum</i>	<i>Rosa canina</i>
<i>Anthriscus sylvestris</i>	<i>Glechoma hederacea</i>	<i>Rubus fruticosus</i> agg.
<i>Arctium lappa</i>	<i>Glyceria fluitans</i>	<i>Rubus idaeus</i>
<i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>Heracleum sphondylium</i>	<i>Rumex acetosa</i>
<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Hieracium lachenalii</i>	<i>Rumex acetosella</i>
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	<i>Pilosella officinarum</i>	<i>Salix caprea</i>
<i>Athyrium filix-femina</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Salix cinerea</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Hottonia mollis</i>	<i>Salix fragilis</i>
<i>Calamagrostis epigejos</i>	<i>Hottonia palustris</i>	<i>Salix viminalis</i>
<i>Calystegia sepium</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Sambucus nigra</i>
<i>Campanula patula</i>	<i>Impatiens glandulifera</i>	<i>Sambucus racemosa</i>
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Juncus conglomeratus</i>	<i>Scirpus sylvaticus</i>
<i>Cardamine amara</i>	<i>Juncus effusus</i>	<i>Senecio ovatus</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Lamium album</i>	<i>Silene vulgaris</i>
<i>Centaurea jacea</i>	<i>Lamium maculatum</i>	<i>Solidago canadensis</i>
<i>Cirsium arvense</i>	<i>Scorzoneroideis autumnalis</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>
<i>Cirsium vulgare</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Spiraea billardii</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Lupinus polyphyllus</i>	<i>Stellaria graminea</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Luzula multiflora</i>	<i>Symphoricarpos albus</i>
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	<i>Lysimachia vulgaris</i>	<i>Syringa vulgaris</i>
<i>Daucus carota</i>	<i>Parthenocissus inserta</i>	<i>Tanacetum vulgare</i>
<i>Deschampsia cespitosa</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Taraxacum officinale</i> agg.
<i>Deschampsia flexuosa</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Tilia cordata</i>
<i>Digitalis purpurea</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Trifolium repens</i>
<i>Dryopteris dilatata</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Tussilago farfara</i>
<i>Elymus repens</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Urtica dioica</i>
<i>Epilobium angustifolium</i>	<i>Plantago major</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
<i>Epilobium parviflorum</i>	<i>Poa annua</i>	<i>Veronica chamaedrys</i>
<i>Equisetum arvense</i>	<i>Poa nemoralis</i>	<i>Vicia cracca</i>
<i>Euonymus europaeus</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Vinca minor</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Poa trivialis</i>	<i>Viola tricolor</i>
<i>Festuca rubra</i>	<i>Polygonum aviculare</i>	
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Populus tremula</i>	

Tabelle A3: Vegetationstabelle der kartierten Gehölzbiotope des Untersuchungsgebiets Spülhalde Münzbachtal (2016).

Table A3: Vegetation table of the habitat patches of woody plants on Spülhalde Münzbachtal (status 2016).

- Spalte 1 : Vorwald feuchter bis nasser Standorte
- Spalten 2–3 : Sonstiger Laubholzforst heimischer Baumarten
- Spalten 4–15 : Vorwald frischer Standorte, mager
- Spalten 16–28 : Vorwald frischer Standorte, nährstoffreich
- Spalten 29–41 : Gebüsch stickstoffreicher ruderaler Standorte
- Spalte 42 : Vorwald trockenwarmer Standorte

Abkürzungen:

D = Deckung

H = Wuchshöhe

St = Stetigkeit der Art [%]

^K = Art in der Krautschicht

^B = Art in der Baumschicht

^S Art in der Strauchschicht

Spaltennummer	111111	11112222222222	2333333333344	4
	1 23 456789012345	6789012345678	9012345678901	2
Kartiereinheit	1 8 882226371532	4 1861335367	5664773917732	7
	6 38 914925979470	6617601433074	1248205323187	5
Exposition	S NNN S	N N N	N	S
	O W WWW O	W OON W	S W	O
Neigung [°]	1 222 2	1	1 1	2
	5 5 005 5	5 305 5	0 5	5
D Gesamt [%]			1 1 1 11 111 1	
	9 89 789997786886	9997879897099	9090900700090	6
D Baum [%]	0 00 505500000000	0000000500050	5050500000050	5
	5 56 256425332354	6435367443643	113 4 1 2 12 3	
D Strauch [%]	0 00 500050005000	0050000000000	500 050505505 5	
	12 1 1 221 221	311122431 1 1	7866 58497667 1	
D Kraut [%]	5 05 050550005000	0005500005550	0000 0000000 0	
	5 44 766665655265	3682766675997	5568808657846 3	
D Streu [%]	0 00 000000000000	0050000000000	0000500000000 0	
	6 26 563336445156	7456354144764	7536223334344 6	
D Moos [%]	0 00 000000000000	0000000000000	0000000000000 0	
	11 138571731 51	1711 7 4 11	621 1 1	
H Baum [m]	5 00 000000000500	0000515050100	110005102115 0	
	1 12 1111 11 2	112121111111	111 11 21 1	
H Strauch [m]	2 50 550059887800	0750555705505	505 00650 626 6	
	2 22 322122123232	2221132233322	1231 21121112 3	
	0 55 0007000000505	0008700000050	7006 05535450 0	
H Kraut [cm]	1 1 1 1 1	1 1 11	1112121111112	
	5 27 788786659565	4444894877526	7440504074423 4	
	0 00 000000000000	0000000000000	0000000000000 0	
Wissensch. Artname	St			

Kennzeichnende Arten der Vorwälder feuchter Standorte

Alnus glutinosa^B	2 3	.. ..	.. ..	.. ..
Scirpus sylvaticus^K	2 a	.. ..	.. ..	.. ..
Phragmites australis^K	5 b	.. ..	.. ..	.. ..b .
Dactylorhiza fuchsii^K	2 +	.. ..	.. ..	.. ..
Cirsium vulgare^K	7 1	.. ..	.. ..	.. ..a1... .
Juncus effusus^K	5 1	.. ..	.. ..	.. ..a... .
Angelica sylvestris^K	14 1	.. ..	.. ..	.. ..1...1. .
Equisetum arvense^K	12 1	.. ..	.. ..	.. ..1...1. .
Quercus robur^S	5 1	.. ..	.. ..	.. ..

Fortsetzung Tabelle A3

Spaltennummer 111111 111122222222 233333333334 4
 1 23 456789012345 6789012345678 9012345678901 2

Kennzeichnende Arten der Laubholzforste heimischer Baumarten

Quercus robur^B	26	a	3b	b3b.....1.	..1.b.....1.	.1.....
Acer pseudoplatanus^S	12	1	11	.....	..1...1....	.....
Acer pseudoplatanus^B	14	.	3	.....	a.a...a.1	..a.....
Holcus mollis^K	5	.	3	.....	.....3.....	.....
Frangula alnus^B	5	.	1	.....	..1.....	.....
Frangula alnus^S	7	.	1	a.....	.....b....	.....

Kennzeichnende Arten der Vorwälder frischer Standorte

Deschampsia cespitosa^K	19	.	1	..11a1.....	a.11.....	.....
Sorbus aucuparia^S	29	.	11	1...111.1.	a...1..a.1.1	.....
Arrhenatherum elatius^K	29	.	11	1...1.1.3	..b1.a1..3.1	.....
Quercus robur^K	40	.	a	11a1111111..	11...1a.1..	..... 1
Populus tremula^B	50	.	.	..1b.baala33	bb1a..aaaa.1	..1.....1..
Populus tremula^S	14	.	.	.....a.11.1	..1.....1....	.....
Picea abies^S	17	.	.	..1...a111...	1..1.....	.....
Picea abies^K	10	.	.	.....11.a.	..a.....	.....

auf mageren Standorten vorkommend

Deschampsia flexuosa^K	19	.	.	333ab1..a.1	.....	.....
Pilosella officinarum^K	10	.	.	.....1.ba.1	.....	.....
Hypericum perforatum^K	17	.	.	..1..111.1.1	.....1.	.....
Hieracium lachenalii^K	7	.	.	.....1.....	a.....	.....
Epilobium angustifolium^K	2	.	.	.....1	.....	.....
Pinus sylvestris^K	5	.	.	.....1...1..	.....	.....
Scorzoneroides autumnalis^K2	.	.	.	.....1..	.....	.....
Lotus corniculatus^K	2	.	.	.....1.	.....	.....
Fagus sylvatica^K	2	.	.	.....1.	.....	.....
Silene vulgaris^K	2	.	.	..1.....	.....	.....
Pteridium aquilinum^K	5	.	.	..a.....	.....1	.....
Vaccinium myrtillus^K	2	.	.	a.....	.....	.....

auf nährstoffreichen Standorten vorkommend

Geum urbanum^K	24	.	.	.....	.....baa.a11a	....a1....1..
Phalaris arundinacea^K	2	.	.	.....	.....1.	.....
Salix viminalis^S	2	.	.	.....	.....1.....	.....
Glyceria fluitans^K	2	.	.	.....	.....1.....	.....
Sorbus aucuparia^B	5	.	.	.....	.....ab.....	.....
Dryopteris dilatata^K	5	.	.	.....	.....11.....	.....
Fragaria vesca^K	2	.	.	.....	.....1.....	.....
Senecio ovatus^K	2	.	.	.....	.....1.....	.....
Fraxinus excelsior^S	5	.	.	.....	.....1..1.	.....
Sambucus nigra^K	2	.	.	.....	.....1.....	.....
Carpinus betulus^B	7	.	.	.....	.....a...11	.....
Calamagrostis epigejos^K	7	.	.	.....	.....b1.....	...1.....
Acer pseudoplatanus^K	7	.	.	.....	a.....a.1..	.....
Vinca minor^K	2	.	.	.....	.....a...	.....
Rubus idaeus^K	5	.	.	..1.....	.....a.....	.....
Tanacetum vulgare^K	7	.	.	.....1.....	.....a.a.	.....
Fraxinus excelsior^B	2	.	.	.....	.....a.....	.....
Lamium album^K	5	.	.	.....	.....a.....	...1.....
Prunus avium^B	2	.	.	.....	.....1.....	.....
Carpinus betulus^K	2	.	.	.....	.....1.....	.....
Sorbus aucuparia^K	2	.	.	.....	.....a.....	.....
Picea abies^B	2	.	.	.....	1.....	.....
Fagus sylvatica^S	2	.	.	.....	1.....	.....
Tilia cordata^B	2	.	.	.....	.....1.....	.....
Daucus carota^K	2	.	.	.....	..b.....	.....
Tussilago farfara^K	2	.	.	.....	..a.....	.....
Rumex acetosa^K	10	.	.	...1.1.....	..b1.....	.....
Poa trivialis^K	5	.	.	.....	..1.b.....	.....
Stellaria graminea^K	2	.	.	.....	..1.....	.....
Ranunculus acris^K	2	.	.	.....	..1.....	.....

Fortsetzung Tabelle A3

Spaltennummer		1	23	456789012345	6789012345678	9012345678901	2
		111111	11112222222222	2333333333344	4		
		1	23	456789012345	6789012345678	9012345678901	2
Kennzeichnende Arten der Gebüschestickstoffreicher ruderaler Standorte							
Rubus idaeus^S	50	a .a	1..1.....	a...baa1a....	3414aa4344.b.	.	.
Urtica dioica^K	55	b ..	.....1	1...1b..a1bbb	bbaa443b1433a	.	.
Aegopodium podagraria^K	21	a .a	.....1	.....b3.	13a1.....	.	.
Rubus fruticosus agg.^S	21	1 ..	.....	a.....b..a..	3....a....433	.	.
Galium aparine^K	33	. .1	....1.....	.1.....1ab1	1a1.33b..a...	.	.
Solidago canadensis^K	21	. ..	.....	.a.....1a1..	aa.4...1...a	.	.
Lamium maculatum^K	21	. .1	.....	...1....a..aa	1b31.....	.	.
Sambucus nigra^B	12	. .1	.....	.....1..1.	....31.....	.	.
Anthriscus sylvestris^K	14	. ..	...1.a.....	.1.....a..	.....a1.....	.	.
Dactylis glomerata^K	33	. ..	...1..1.	.a..1..1.1a1a	11....aa....1	.	.
Calystegia sepium^K	7	. ..	.....	...1.....	....1...1...	.	.
Glechoma hederacea^K	5	. ..	.....	.....1.	.1.....	.	.
Cirsium arvense^K	12	. ..	.....	.....1.	11..a...1...	.	.
Galeopsis speciosa^K	17	. ..	.....	.b..1..1..a.	.....1b...b.	.	.
Symphoricarpos albus^S	7	. ..	.....	.....1.	.b.....a....	.	.
Vicia cracca^K	7	. ..	...1.....	.1.....	.1.....	.	.
Sambucus nigra^S	10	. ..	.....	...a1.....	.1.....1..	.	.
Sambucus racemosa^S	7	. ..	...1.....	.....1.....	.1.....	.	.
Salix fragilis^B	7	. ..	1.....	...1.....	.a.....	.	.
Rosa canina^S	2	. ..	.....	.....	.....3.	.	.
Artemisia vulgaris^K	2	. ..	.....	.....	.....1.	.	.
Syringa vulgaris ^S	2	. ..	.....	.....	.3.....	.	.
Euonymus europaeus^S	5	. ..	.....	.....	.a1.....	.	.
Parthenocissus inserta^K	2	. ..	.....	.....	...b.....	.	.
Arctium lappa^K	2	. ..	.....	.....	....1.....	.	.
Impatiens glandulifera^K	5	. ..	.....	.....	.....13.....	.	.
Ranunculus repens^K	5	. ..	.....	.....	.....11.....	.	.
Veronica chamaedrys^K	2	. ..	.....	.....	.....1.....	.	.
Kennzeichnende Arten der Vorwälder trockenwarmer Standorte							
Pinus sylvestris^B	14	. ..	...111a..	.....1	.....	b	a
Pinus sylvestris^S	10	. ..	...1.11..	.....	.....	a	1
Viola tricolor^K	5	. ..	.....	.....	.....1.....	1	
Arten, die in Vorwäldern frischer und trockenwarmer Standorte vorkamen							
Betula pendula^S	29	. ..	..a.1.a.11a1	1.11.....1..	.....	1	
Betula pendula^K	12	. ..	..1..1.....	.11.....	.....	1	
Populus tremula^K	19	. ..	..1..1..1111	.1.....	.....	1	
Holcus lanatus^K	40	. ..	a11a1bb1..a1	.b.aa...1.1	.....1.....	1	
Agrostis capillaris^K	33	. ..	.ab.3.aa.a..	13.1...1.1..b	.1.....	b	
Festuca rubra^K	43	. ..	3ab4b.baalb.	.aaa..b..a.1.	.....1.....	a	
Campanula patula^K	10	. ..	...11.....	.1.....	.....	1	
Arten mit vom Biotoptyp unabhängigen Vorkommen							
Betula pendula^B	81	1 11	aa3bb3bbbbb	1bb1a.13333ab	111...a...b1 b		
Salix caprea^B	60	1 .1	..1a.1.aaa11	b.a3.3ba1.a3b	a11.....b1. .		
Salix caprea^S	5	. ..	...a.....	.....1.	.....	
Elymus repens^K	17	. 1.	.....3.....	...a.....	111.....1.		
Poa pratensis^K	21	. .1	1..1..1...a.	.a.....1.	.1.....1.....		
Poa nemoralis^K	14	. .1	.....	.1...1...a...	.1...1.....		

