

Erfolgskontrolle von Biotopmanagementmaßnahmen zur Etablierung von Heidestandorten auf einer Hochspannungstrasse im Freiburger Stadtwald

Efficiency control of different types of habitat management for the establishment of heathland sites on a power line in the city forest of Freiberg

Gwendolyn Rausch, Roland Achtziger, Elke Richert

Zusammenfassung: In den Jahren 2015 und 2016 wurden auf einer Hochspannungstrasse im Freiburger Stadtwald verschiedene Managementmaßnahmen (kompletter Oberbodenabtrag, teilweiser Oberbodenabtrag, Häckseln des Aufwuchses und Belassen als Mulch) zur Schaffung von Magerstandorten durchgeführt. Die vorliegende Arbeit hat die Dokumentation der Vegetationsentwicklung auf diesen Flächen und eine naturschutzfachliche Erfolgskontrolle der Maßnahmen hinsichtlich der Etablierung von *Calluna vulgaris* (Besenheide) zum Ziel. Für die Analysen standen die Ergebnisse von 3 Untersuchungsjahren auf vegetationskundlichen Dauerbeobachtungsflächen zur Verfügung. Zusätzlich wurden als Referenzflächen Standorte mit unterschiedlich ausgeprägten *Calluna vulgaris*-Beständen einbezogen. Es zeigte sich, dass die Vegetationsentwicklung im Wesentlichen vom Maßnahmetyp beeinflusst wurde: Während sich die Vegetation auf den Flächen mit vollständigem Oberbodenabtrag am langsamsten entwickelte und nach zwei Jahren noch relativ schütter war, erreichte die Vegetation auf den Flächen mit teilweisem Oberbodenabtrag bereits im zweiten Jahr hohe Deckungswerte, wobei Gräser und Binsen dominierten. Die Vegetation der gemulchten Flächen entwickelte sich am schnellsten und die Flächen wiesen im dritten Jahr die dichteste Vegetationsdecke auf, wobei sich bereits im zweiten Jahr eine Strauchschicht entwickelte. Auch wenn *Calluna vulgaris* und begleitende Arten im Untersuchungsjahr auf den gemulchten Flächen und den Flächen mit teilweisem Oberbodenabtrag nachgewiesen wurden, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass nur bei komplettem Oberbodenabtrag die Standorte ausreichend mager sind, um die Etablierung konkurrenzstarker Arten zu unterdrücken und damit die Entwicklung von *Calluna vulgaris* zu ermöglichen.

Schlüsselwörter/Keywords: *Calluna vulgaris*, Sukzession, Mulchen, Oberbodenabtrag; succession, management, mulching, topsoil removal

1. Einleitung

Hochspannungstrassen in Waldgebieten können neben negativen Effekten auf Tier- und Pflanzenwelt (z. B. Haas et al. 2003, Coch et al. 2005) auch positive Wirkungen aus Sicht des Naturschutzes haben (Neuling 2014a,b). So kann es auf den Schneisen durch die Abschirmung des Waldes gegenüber Nährstoffeinträgen aus der Umgebung sowie dem Fehlen einer intensiven land- oder forstwirtschaftlichen Nutzung zur Aushagerung der Flächen und damit zur Entwicklung wertvoller Magerstandorte mit einer entsprechenden Artenzusammensetzung kommen (Aberle & Partl 2005, von Brackel 2013, DVL 2014). Vor allem in Monokultur-Forsten können dadurch Schneisen entlang von Stromleitungen die biologische Vielfalt erhöhen.

Auch den Freiburger Stadtwald zerschneidet eine Hochspannungstrasse, auf der zu bestimmten abschnittsweise der Gehölzaufwuchs beseitigt wird (vgl. Richert et al. 2018). Seit November 2015 wurden von der NABU-Ortsgruppe Freiberg in Kooperation mit dem Netzbetreiber verschiedene naturschutzfachliche Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen umgesetzt (vgl. Richert et al. 2018, Rumberg et al. 2018). Neben der Anlage von Kleingewässern wurden dabei Maßnahmen zur Entwicklung von mageren Standorten mit dem Ziel durchgeführt, Besenheide (*Calluna vulgaris*) und begleitende Arten der Magerstandorte zu etablieren. Zu diesem Zweck wurden auf verschiedenen Flächen unterschiedliche Biotopmanagementmaßnahmen umgesetzt, die von Häckseln mit anschließendem Mulchen über teilweisen bis zum kompletten Oberbodenabtrag reichen (vgl. Abb. 1, Rumberg et al. 2018). Seit 2016 verfolgt die AG Biologie/Ökologie mit Hilfe von Dauerbeobachtungsflächen die Vegetationsentwicklung dieser Flächen im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biotop- und Landschaftsmanagement“ (Studiengang Master Geoökologie). Bisher wurden die Ergebnisse einer Biotoptypenkartierung der Schneise (Richert et al. 2018) und zur Vegetationsentwicklung auf den Flächen mit Oberbodenabtrag veröffentlicht (Rumberg et al. 2018). Die in dieser Arbeit verwendeten Vegetationsaufnahmen beruhen somit auf Arbeiten verschiedener Studierender in den Jahren 2016, 2017 und 2018 (u. a. Hecht et al. 2017, unpubl., Gerisch & Mißfeldt 2018, unpubl.; Richert et al. 2018, Rumberg et al. 2018).

Die vorliegende Arbeit analysiert die Vegetationsentwicklung auf den unterschiedlich behandelten Flächen seit dem jeweiligen Beginn der Maßnahmen zur Etablierung von Heidestandorten im Vergleich zu auf der Schiene vorhandenen Referenzflächen, die unterschiedlich ausgeprägte *Calluna vulgaris*-Bestände aufwiesen. Damit soll ein Beitrag zur Erfolgskontrolle der durchgeführten Maßnahmen geleistet werden.

2. Untersuchungsgebiet, Maßnahmetypen und Aufnahmeflächen

Das Untersuchungsgebiet umfasst einen Teilabschnitt einer insgesamt ca. 1.400 m langen Schiene entlang einer Hochspannungsleitung, die einen überwiegend als Fichtenforst genutzten Teil des Freiburger Stadtwalds in Ost-West-Richtung durchzieht. Für eine detaillierte Beschreibung des Untersuchungsgebietes siehe Richert et al. (2018). Die Maßnahmetypen und die in die Analysen einbezogenen Referenzflächen mit Vorkommen der Besenheide (*Calluna vulgaris*) sind wie folgt (vgl. Tabelle 1, Abb. 1 und 2; s. auch Rumberg et al. 2018):

- Kompletter Oberbodenabtrag (BK, hellbraun in Abb. 1): Vollständiger Oberbodenabtrag von etwa 40 cm Mächtigkeit (Winterhalbjahr 2016/2017) (im Jahr zuvor wurde in diesem Bereich bereits teilweise der Oberboden abgetragen),
- Teilweiser Oberbodenabtrag (BT, dunkelbraun): Abtransport der Biomasse und anschließend teilweiser Abtrag des Oberbodens in einer Mächtigkeit von etwa 20 cm (Winterhalbjahr 2015/2016),
- Gemulcht (AM, blau): Häckseln der gesamten Biomasse mit einer Schnitthöhe von ca. 20 cm (Winterhalbjahr 2015/2016), Biomasse als Mulch vor Ort belassen,
- Referenzflächen (R (Abschnitte C, D, E), grün): Gehölzentnahmen überwiegend vor mehr als 12 Jahren (genauer Umfang und Zeitpunkt der Maßnahmen sind nicht bekannt, s. Gerisch & Mißfeld 2018, unpubl.).

Tabelle 1: Übersicht der Maßnahmen und deren Umsetzungsjahr, das sich daraus ergebende Alter der Flächen, Bezeichnung der Untersuchungsflächen und die Aufnahmejahre (vgl. Abb. 1, 2) (Daten u. a. aus Hecht et al. 2017, unpubl.). Für die Referenzabschnitte C, D und E liegen keine detaillierten Informationen zu Typ, Zeitpunkt und Intensität der Maßnahme vor.

Table 1: Overview of the measurement types, year of implementation, age of the sites, code of study sites and study years. (Fig. 1, 2), data from Hecht et al. (2017, unpubl.) and other sources. For the reference sites (C, D, E) information on type, date and intensity of the measurements are lacking.

Maßnahme	Jahr der Umsetzung	Alter [Jahre]	Untersuchungsflächen	Aufnahmejahre
Kompletter Oberbodenabtrag (BK)	2016	2	B7, B8, B9	2017, 2018
Teilweiser Oberbodenabtrag (BT)	2015	3	B1, B2, B3,	2016, 2017, 2018
Teilweiser Oberbodenabtrag (BT)	2015	3	B4, B5, B6	2016
Mulchen (AM)	2015	3	A1, A2	2016, 2017, 2018
Mulchen (AM)	2015	3	A3, A4, A5, A6	2018
Gehölzentnahme (Referenz)	unbekannt	> 12	C1, C2, D1, E1, E2	2017
Gehölzentnahme (Referenz)	unbekannt	> 12	C3, C4; D2, D5, E6	2018

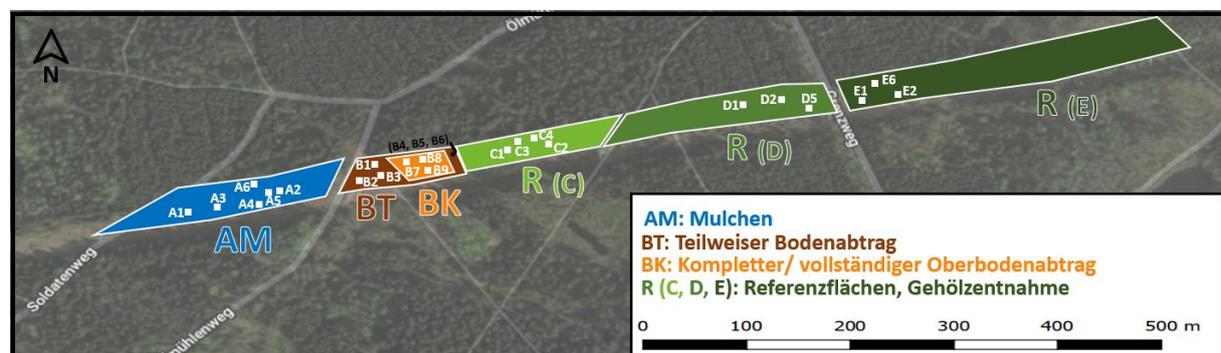


Abb. 1: Untersuchter Abschnitt der Hochspannungsstrasse im Stadtwald Freiberg mit den unterschiedlich bearbeiteten Bereichen (AM bis E) und Aufnahmeflächen. AM = gemulcht (blau), BT = teilweiser Oberbodenabtrag (braun), BK = kompletter Oberbodenabtrag (orange), R = Referenzflächen (Gehölzentnahmen) (grün). (Luftbild: © Google Earth 2018, © 2009 GeoBasis-DE/BKG).

Fig. 1: Studied section of the transmission line in the Stadtwald Freiberg with the differently managed sites and study plots. AM = mulched, BT = partial topsoil removal, BK = complete topsoil removal, R = reference (removal of trees and shrubs, several years ago) (aerial photo: © Google Earth 2018, © 2009 GeoBasis-DE/BKG).



Abb. 2: Fotos von ausgewählten Untersuchungsflächen: (a) Gemulchte Fläche (A1, A2) 1. Jahr (13.04.2016); (b) gemulchte Fläche (A1, A2) 3. Jahr (05.06.2018); (c) kompletter Oberbodenabtrag (B7–B9) 1. Jahr (20.06.2017); (d) kompletter Oberbodenabtrag (B7–B9) 2. Jahr (05.06.2018); (e) teilweiser Oberbodenabtrag (B1–B3) 3. Jahr (05.06.2018); (f) Referenzfläche mit *Calluna vulgaris* (C) (25.04.2017) (Fotos: R. Achtziger) (s. auch Abb. 2 in Rumberg et al 2018).

Fig. 2: Photos of selected study sites: (a) Mulched area (A1, A2) 1st year (13.04.2016); (b) mulched area (A1, A2) 3rd year (05.06.2018); (c) complete topsoil removal (B7–B9) 1st year (20.06.2016); (d) complete topsoil removal (B7 – B9) 2nd year (05.06.2018); (e) partial topsoil removal (B1–B3) 3rd year (05.06.2018); (f) reference site with *Calluna vulgaris* (C) (25.04.2017) (photos: R. Achtziger) (see also Fig. 2 in Rumberg et al. 2018).

3. Material und Methoden

3.1 Vegetationsaufnahmen und Berechnung mittlerer gewichteter Ellenberg-Zeigerwerte

Alle Vegetationsaufnahmen erfolgten mit der Methode von Braun-Blanquet (1964; vgl. Dierschke 1994). Die Größe der Flächen betrug 25 m² (5 m x 5 m). Die Schätzung der Abundanzen der Arten erfolgte entsprechend der in Tabelle 2 dargestellten Skala. Der Krautschicht wurden Individuen bis zu einer Wuchshöhe ≤ 1 m, der Strauchschicht Individuen von 1 m bis 2 m und der Baumschicht Gehölze ≥ 2 m Wuchshöhe zugeordnet. Außerdem wurden auf jeder Aufnahmefläche die folgenden Kopfdaten aufgenommen: Gesamtdeckung (%), Deckung Baum-, Strauch-, Kraut-, Moos- und Streuschicht (%), mittlere Wuchshöhe der Baumschicht (m),

mittlere Wuchshöhe der Strauch- und Krautschicht (cm). Die Bestimmung der Pflanzenarten erfolgte insbesondere mit Hilfe von Jäger (2017); die Nomenklatur der Arten richtet sich nach Schulz (2013).

Um die zeitliche Entwicklung der Pflanzenbesiedelung während der Vegetationsperiode zu verfolgen, wurden die Maßnahmeflächen (A1-A6, B1-B3, B7-B9) jeweils wöchentlich aufgenommen. Für die in dieser Arbeit vorgenommenen Analysen wurden die wöchentlichen Aufnahmen zu einer Gesamtaufnahme pro Fläche und Jahr zusammengefasst, wobei für die Artabundanzen als auch für die Kopfdaten jeweils der höchste Wert verwendet wurde. Für die Referenzflächen wurden Vegetationsaufnahmen aus den Jahren 2017 und 2018 verwendet, welche pro Vegetationsperiode zweimalig kontrolliert wurden.

Die Verarbeitung des vegetationskundlichen Datensatzes erfolgte mit dem Programm SORT 4.0 (Durka & Ackermann 1993). Mit diesem Programm wurden auch die mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte berechnet (Ellenberg et al. 1992). Die Gewichtung erfolgte entsprechend des in Tabelle 2 dargestellten code replacements. Des Weiteren wurden die schichtenübergreifende Abundanzsumme (Abs) (= Summe der code replacement-Werte der Arten pro Fläche) und die Abundanzsumme der Baum- und Strauchschicht berechnet. Die Gesamtartenzahl pro Fläche wurde ebenfalls mit dem Programm SORT 4.0 ermittelt.

3.2 Statistische Analysen

Es erfolgten Spearman-Rangkorrelationen mit Hilfe des Programms Statgraphics Centurion XVII (Statpoint Technologies, Inc. 1992-2017). Als Signifikanzniveau für statistische Tests wurde $p < 0,05$ festgelegt. Zum Aufzeigen von Ähnlichkeiten bzgl. der Artenzusammensetzung der verschiedenen Aufnahmen, Maßnahmen und Untersuchungsjahre wurde eine nicht-metrische, multidimensionale Skalierung (non metrical multidimensional Scaling, NMS, s. Peck 2010) mit dem Programm PC-ORD (Version 6.08, McCune & Mefford 1999) durchgeführt. Dabei wurden für die Artabundanzen die code replacement-Werte (Tabelle 2) verwendet.

4. Ergebnisse

4.1 Vegetationsentwicklung auf den Maßnahme- und Referenzflächen

In Tabelle A1 (Anhang) sind die insgesamt 38 Aufnahmen entsprechend der Maßnahmetypen von komplettem über teilweisen Oberbodenabtrag und gemulchten Flächen bis zu den Referenzflächen gruppiert; die Anordnung der Aufnahmen innerhalb eines Maßnahmetyps folgt dem Alter. Insgesamt wurden auf den Untersuchungsflächen 56 Pflanzenarten nachgewiesen.

Bei Betrachtung der Vegetationstabelle (Tabelle A1) zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen der Vegetation in Abhängigkeit vom Maßnahmetyp:

- (1) Auf den **Flächen mit vollständigem Oberbodenabtrag** (Abb. 2c, d) kamen im 1. Jahr nach der Maßnahme nur einige wenige Individuen von *Agrostis capillaris* vor (Tabelle A1/Spalte 1-3). Auch im 2. Jahr kamen nur wenige Arten mit geringen Deckungswerten hinzu, neben *Agrostis* spp. waren dies insbesondere Binsen (*Juncus effusus* und *J. conglomeratus*). Daneben wurden erste Keimlinge von Pioniergehölzen wie *Betula pendula* in der Krautschicht nachgewiesen.
- (2) Auf den **Flächen mit teilweisem Oberbodenabtrag** (Tabelle A1/Spalte 7-18, Abb. 2e) konnten bereits im 1. Jahr zahlreiche Arten mit überwiegend niedrigen Deckungswerte festgestellt werden (Tabelle A1/7-12). Neben Süßgräsern wie *Agrostis stolonifera* besiedelten diese Flächen insbesondere Binsen (*J. effusus*, *J. conglomeratus*) und Seggen (*Carex* spp.), welche auf frische bis nasse Standortverhältnisse hinweisen. Auf diesen Flächen wurden bereits im 1. Jahr nach der Maßnahme erste Gehölzkeimlinge nachgewiesen: Neben Brombeeren (*Rubus* spp.) kamen zahlreiche Keimlinge von *Frangula alnus* und anderen Pioniergehölzen vor. Im 2. Jahr nach der Maßnahme konnten sich insbesondere die *Juncus*- und *Agrostis*-Bestände gut entwickeln (Spalte 13-15) und ihre Deckungen im 3. Jahr sogar noch erhöhen (Spalte 16-18). Dagegen konnten einige Arten mit Pioniercharakter aus dem 1. Jahr wie *Juncus bufonius* oder *Persicaria hydropiper* in den Folgejahren nicht mehr nachgewiesen werden.
- (3) Auf den **gemulchten Flächen** (Tabelle A1/Spalte 19-28, Abb. 2a, b) kamen bereits im 1. Jahr nach der Maßnahme verschiedene Gehölzarten wie *Rubus* spp. und *Frangula alnus* mit zum Teil hohen Deckungswerten in der Strauchschicht vor (Spalte 19-20). Die krautige Vegetation war geprägt durch Säure- und Magerkeitszeiger wie *Deschampsia flexuosa* sowie durch Arten der Schlagfluren wie *Digitalis purpurea*; kurzlebige Pionierarten fehlten hingegen. In den folgenden Jahren entwickelten sich insbesondere die Gehölze weiter, sodass im 3. Jahr bereits erste Individuen in der Baumschicht erfasst wurden (Spalte 23-28).
- (4) Auf den **Referenzflächen** fehlten die Pionierarten in der Krautschicht fast vollständig (Tabelle A1/Spalte 29-38). Da gezielt Flächen mit *C. vulgaris*-Vorkommen ausgewählt wurden, kam diese Art auf allen Flächen zum Teil mit hohen Deckungswerten vor (Abb. 2f). Gleiches gilt für weitere Säure- und Magerkeitszeiger wie *Deschampsia flexuosa*, die *C. vulgaris* in der Krautschicht begleiteten. Die gut ausgebildete Strauch- und Baumschicht war überwiegend von *Picea abies* sowie *Betula pendula*, *Frangula alnus* und weiteren Gehölzarten basenarmer Standorte geprägt.

Tabelle 2: Verwendete Skala zur Erfassung der Artabundanz nach Braun-Blanquet (1964; s. Dierschke 1994) und entsprechende code replacement-Werte (CR-Wert).

Table 2: Symbols used for estimating species' abundances according to Braun-Blanquet (1964; see Dierschke 1994) and corresponding code replacement values (CR-Wert).

Symbol	Abundanz	CR-Wert
R	1 Individuum, Deckung < 1%	1,00
+	2 bis 50 Individuen, Deckung < 1%	1,00
1	< 50 Individuen, Deckung 1-5%	2,00
m	> 50 Individuen, Deckung < 5%	3,00
a	Deckung 5% bis 12,5%	8,75
b	Deckung 13% bis 25%	18,75
3	Deckung 26% bis 50%	37,50
4	Deckung 51% bis 75%	62,50
5	Deckung > 75%	87,50

Zur Veranschaulichung der zeitlichen Entwicklung der Artenzusammensetzung auf den Maßnahmeflächen im Vergleich zu den Referenzflächen wurde eine NMS-Ordinierung anhand der Artabundanz, eingegangen als code replacement-Werte (vgl. Tabelle 2), durchgeführt. Das NMS-Ordinierungs-Diagramm in Abb. 3 bestätigt im Wesentlichen die im vorherigen Absatz beschriebenen Vegetationsverhältnisse und -entwicklungen: Die Referenzflächen (Abb. 3, grün) liegen im Diagramm deutlich entfernt von den Maßnahmeflächen, was die (noch) großen Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen Maßnahme- und Referenzflächen anzeigt. Die größten Unterschiede bestehen dabei erwartungsgemäß zu den Flächen mit komplettem Oberbodenabtrag (Abb. 3, orange). Die in der Vegetationsperiode nach der Maßnahmenumsetzung erhobenen Aufnahmen der gemulchten Flächen (Abb. 3, blau) liegen relativ nahe zu den ersten Aufnahmen der Flächen mit teilweise Oberbodenabtrag (Abb. 3, braun), was auf eine ähnliche Artenzusammensetzung im 1. Jahr hinweist. Bereits im 2. Jahr nach der Maßnahmenumsetzung entwickeln sich die Artengemeinschaften der Flächen mit teilweise Oberbodenabtrag und den gemulchten Flächen auseinander. Eine Entwicklung der Artenzusammensetzung der Maßnahmeflächen in Richtung der von *C. vulgaris* besiedelten Referenzflächen zeichnet sich nach drei Jahren allerdings noch nicht ab.

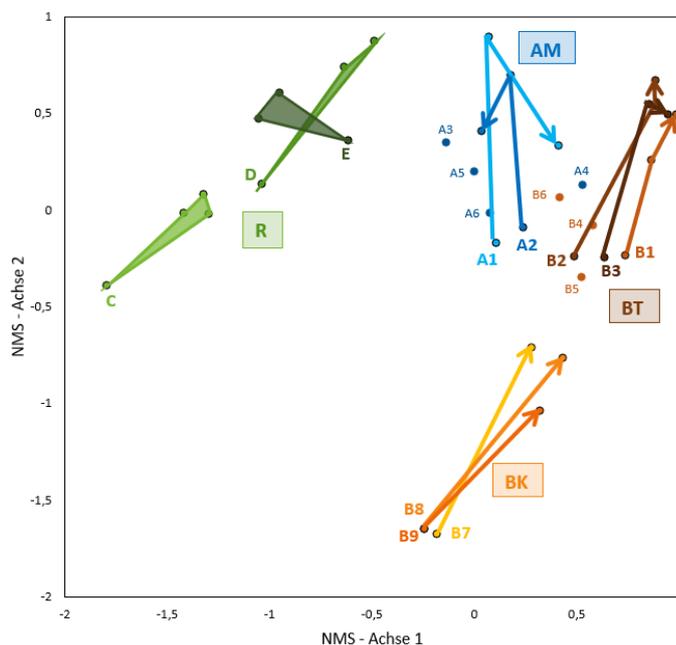


Abb. 3: Ergebnisse der NMS-Ordination zum Vergleich der Entwicklung der Artenzusammensetzung auf den unterschiedlich behandelten Flächen im Untersuchungszeitraum. Die vorangestellten Buchstaben der Dauerbeobachtungsflächen entsprechen den Abschnitten der Schneise (vgl. Abb. 1) und kennzeichnen die Aufnahmen des 1. Untersuchungsjahres nach der Maßnahmenumsetzung. Die Aufnahmen der Referenzflächen (C, D, E) werden jeweils als Gruppen dargestellt, nur einmalig erfasste Aufnahmen als einzelne Punkte. Maßnahmetypen: BK = kompletter Oberbodenabtrag, BT = teilweiser Oberbodenabtrag, AM = gemulcht, R = Referenzflächen mit Vorkommen von *C. vulgaris*.

Fig. 3: Results of a NMS ordination to compare the development of the differently managed plots during the study period. Letters correspond to the sections of the transmission line in Fig. 1 and mark the first relevé of a permanent plot after measurement implementation. The relevés of the reference plots (C, D, E) are shown as groups, plots analysed only once as dots. BK = complete topsoil removal, BT = partial topsoil removal, AM = mulching, R = reference plots with *C. vulgaris*.

Neben Unterschieden in der Artenzusammensetzung gab es auch bezüglich der Vegetationsschichtung und -deckung deutliche Unterschiede zwischen den Maßnahme- und Referenzflächen (Abb. 4). Bereits im zweiten Entwicklungsjahr wiesen die Flächen mit teilweise Oberbodenabtrag eine zu den Referenzflächen vergleichbar hohe Krautschichtdeckung auf, während die Vegetation auf den Flächen mit komplettem Oberbodenabtrag äußerst schütter entwickelt war. Auf den gemulchten Flächen lag die Deckung der Strauchschicht im zweiten Jahr deutlich über den Werten der Referenzflächen. Lediglich für diese Flächen konnte eine Baumschicht belegt werden.

4.3 Zusammenhänge zwischen Maßnahmetyp, Standorteigenschaften und Abundanz von *Calluna vulgaris*

Bei der Analyse der Beziehungen zwischen ausgewählten Standortparametern und der Abundanz von *Calluna vulgaris* zeigt sich, dass letztere signifikant negativ mit der Abundanzsumme der Baum- und Strauchschicht korreliert (Spearman-Rangkorrelation: $r_s = -0,49$, $p < 0,003$, $n = 37$; Abb. 5b). Dies deutet darauf hin, dass eine ausgeprägte Baum- und Strauchschicht die Entwicklung der lichtliebenden Art *C. vulgaris* unterdrückt. Ebenfalls negativ ist die Korrelation zwischen der Abundanz von *C. vulgaris* und der mittleren Stickstoffzahl (Spearman-Rangkorrelation: $r_s = -0,78$, $p < 0,001$, $n = 38$; Abb. 5a) sowie mit der mittleren Reaktionszahl (Spearman-Rangkorrelation: $r_s = -0,72$, $p < 0,001$, $n = 38$; nicht dargestellt). Alle anderen Korrelationsanalysen ergaben keine signifikanten Beziehungen der Parameter zueinander; so konnte auch keine Beziehung zwischen der Abundanz von *C. vulgaris* und der mittleren gewichteten Lichtzahl belegt werden.

In Abb. 6 sind die Abundanzwerte für *C. vulgaris* sowie die mittleren Stickstoff- und Reaktionszeigerwerte auf den einzelnen Flächen getrennt für die Maßnahmetypen dargestellt. Es zeigt sich, dass *C. vulgaris* neben den Referenzflächen (Tabelle A1/Spalte 28-39) nur auf gemulchten Flächen (Tabelle A1/20-27) sowie im Jahr 2016 mit einzelnen Exemplaren auf den später komplett abgetragenen Flächen B4 bis B6 (teilweiser Oberbodenabtrag) vorkam (Tabelle A1/Spalte 10-12). Die mittleren Stickstoff- (Abb. 6b) und Reaktionszeigerwerte (Abb. 6c) lagen für alle Flächen im jeweils unteren Bereich und deuten somit auf saure bis mäßig saure sowie auf nährstoffarme bis mäßig nährstoffarme Verhältnisse hin.

Die Referenzflächen, insbesondere im Bereich C, wiesen dagegen die niedrigsten Werte für die Bodenreaktion und Nährstoffversorgung auf. Tendenziell zeichneten sich die Aufnahmeflächen mit komplettem Oberbodenabtrag durch etwas niedrigere Werte für die Nährstoffverfügbarkeit aus als die Flächen mit teilweise Abtrag (Abb. 5b). Bei einer vergleichenden Analyse der Maßnahmetypen bezüglich der Deckungen der Vegetationsschichten, der Abundanzsummen von Kraut- und Strauchschicht und der mittleren Lichtzahl (über alle Schichten und nur für die Krautschicht) konnten keine Muster festgestellt werden (nicht dargestellt).

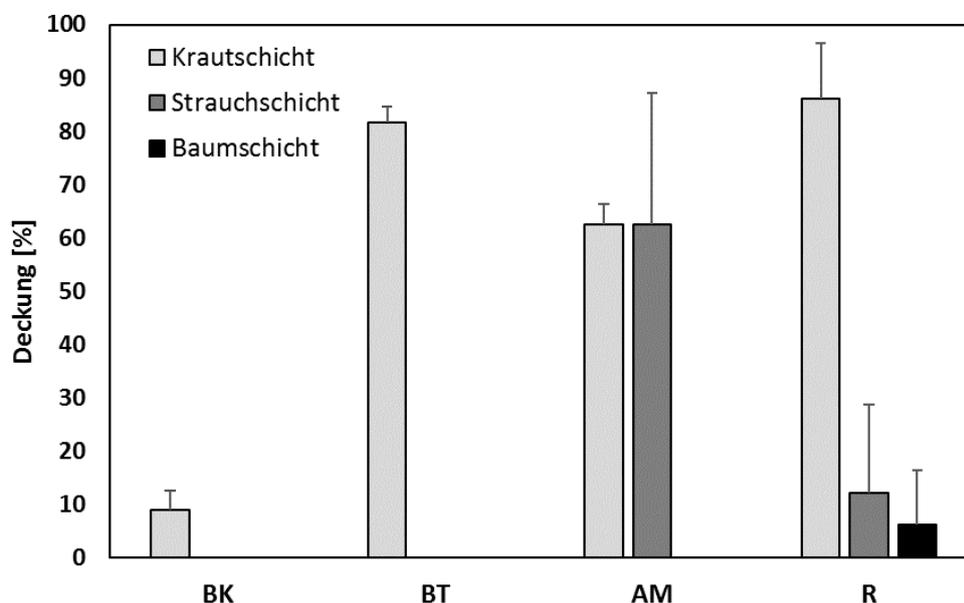


Abb. 4: Vergleich der Maßnahme- und Referenzflächen bezüglich der Vegetationsdeckungen der Kraut-, Strauch- und Baumschicht. Für die Maßnahmeflächen gingen nur die Aufnahmen aus dem jeweils zweiten Entwicklungsjahr ein. Dargestellt sind die Mittelwerte mit Standardabweichungen. Maßnahmetypen: BK = kompletter Oberbodenabtrag, BT = teilweiser Oberbodenabtrag, AM = gemulcht, R = Referenzflächen mit Vorkommen von *C. vulgaris*.

Fig. 4: Comparison of the managed and reference sites regarding to the cover of the herbaceous, shrub, and tree layer. For the managed plots only the data from the second year are included. Shown are the mean values with standard deviation. BK = complete topsoil removal, BT = partial topsoil removal, AM = mulching, R = reference plots with *C. vulgaris*.

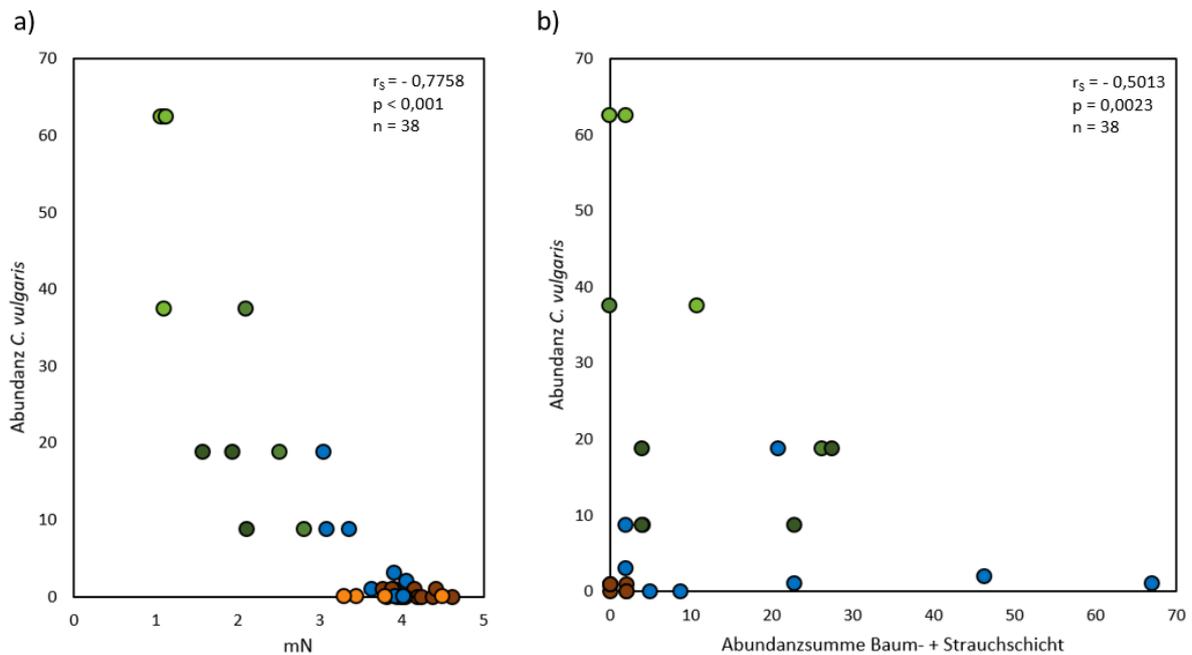


Abb. 5: Beziehung zwischen der Abundanz (hier code replacement) von *Calluna vulgaris* mit (a) der mittleren gewichteten Ellenberg-Stickstoffzahl (mN) und (b) der Abundanzsumme der Baum- und Strauchschicht sowie das jeweilige Ergebnis der Spearman-Rangkorrelation. Die für die Maßnahmen verwendeten Farben entsprechen denen aus Abb. 1: orange = kompletter Oberbodenabtrag, braun = teilweiser Oberbodenabtrag, blau = gemulcht, grün = Referenzflächen.

Fig. 5: Relationship between the abundance (code replacement) of *Calluna vulgaris* and (a) the mean indicator value for nitrogen (mN), and (b) the sum of abundances of the tree and shrub layer with the results of the Spearman-rank correlation. The colours refer to Fig. 1: orange = complete topsoil removal, brown = partial topsoil removal, blue = mulched, green = reference plots.

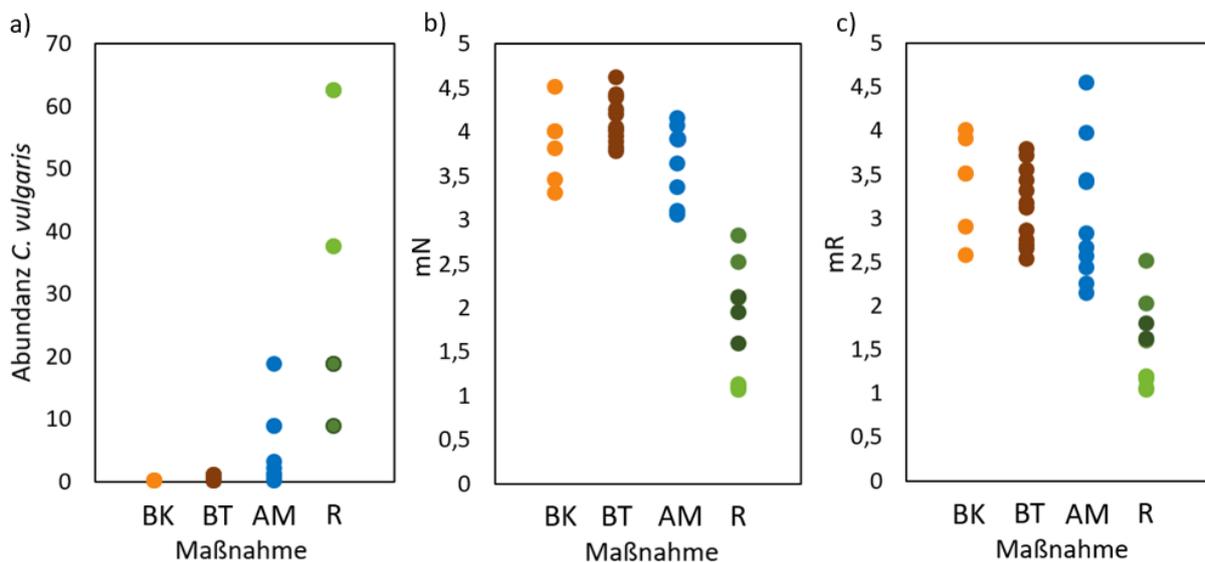


Abb. 6: Vergleich der Maßnahmetypen (vgl. Abb. 1) bezüglich a) der Abundanz (hier code replacement) von *Calluna vulgaris*; b) der mittleren gewichteten Ellenberg-Stickstoffzahlen (mN) und c) der mittleren gewichteten Reaktionszahlen (mR). BK = kompletter Oberbodenabtrag, BT = teilweiser Oberbodenabtrag, AM = gemulcht, R = Referenzflächen.

Fig. 6: Comparisons of the management types regarding the (a) abundance (code replacements) of *Calluna vulgaris* (Cv), (b) mean indicator value for nitrogen (mN) and (c) mean indicator value for soil reaction (mR). BK = complete topsoil removal, BT = partial topsoil removal, AM = mulched, R = reference sites.

5. Diskussion

Die Vegetationsentwicklung auf den unterschiedlich behandelten Flächen wurde bereits von Rumberg et al. (2018) umfassend diskutiert. Hier soll daher der Schwerpunkt auf den Vergleich zwischen den Maßnahmeflächen und den Referenzflächen gelegt werden, um die Eignung der Maßnahmen zur Entwicklung von Magerstandorten mit *Calluna vulgaris* abschätzen zu können. *C. vulgaris* ist eine konkurrenzschwache Pionierart ausgesprochen nährstoff- und basenarmer Standorte (z. B. Oberdorfer 2001, Beller 2012; s. Abb. 6b und c). Sie gilt als Lichtkeimer und reagiert empfindlich auf Nährstoffeinträge und Beschattung (vgl. Beyer et al. 2015).

Ein Vergleich der Nährstoff- und Basenverfügbarkeit der Maßnahme- und Referenzflächen mit Hilfe der mittleren Ellenberg-Zeigerwerte für Stickstoff und Bodenreaktion zeigt für die Maßnahmeflächen zwar nährstoff- und basenärmere Bodenverhältnisse an, die Werte liegen dennoch deutlich über denen der Referenzflächen (Abb. 6b und c). Die größte Ähnlichkeit zu den Referenzflächen weisen die gemulchten Flächen auf. Ein ähnliches Muster zeigt sich bei der Ordinierung der Standorte auf Basis der Artenzusammensetzung (Abb. 3): Auch hier weisen die gemulchten Flächen größere Ähnlichkeiten zu den Referenzflächen auf als die Maßnahmeflächen mit Oberbodenabtrag. Eine Entwicklung in Richtung der Referenzflächen ist nach zwei bzw. drei Vegetationsperioden, mit Ausnahme der gemulchten Fläche A2, allerdings für keine der Flächen erkennbar. Auch die Vegetationstabelle (Tabelle A1) zeigt, dass sich die Artenzusammensetzung der Referenzflächen deutlich von der der Maßnahmeflächen unterschied.

Die im Vergleich zu den Referenzflächen höheren Stickstoffzahlen auf den Flächen mit Oberbodenabtrag (Abb. 6b) sprechen zunächst gegen eine Aushagerung der Standorte. Ursache für die höheren Werte ist vermutlich, dass durch die Offenlegung des Bodens und der damit einhergehenden höheren Erwärmung und besseren Verfügbarkeit des Luftsauerstoffs, die Nitrifikation angekurbelt wird und so zunächst Nährstoffe frei werden (Stahr et al. 2016). Durch die stärkere Auswaschungsanfälligkeit offener Böden kann davon ausgegangen werden, dass zukünftig trotzdem eine Aushagerung und auch eine Versauerung der Standorte eintreten wird, vorausgesetzt, dass die Flächen weiterhin relativ offengehalten werden.

Die Flächen mit teilweise Oberbodenabtrag wiesen bereits im zweiten Jahr eine dichte Vegetationsdecke auf (Abb. 4; Tabelle A1/13-18), welche die weitere Entwicklung der Flächen in Richtung Magerstandorte zumindest verzögern, wenn nicht sogar unterbinden wird (vgl. Abb. 3). Auf drei Flächen mit teilweise Abtrag des Oberbodens konnte allerdings *C. vulgaris* bereits in der ersten Vegetationsperiode nach der Maßnahme nachgewiesen werden (Tabelle A1/10-12). Die Verfolgung der weiteren Entwicklung dieser Flächen war leider nicht möglich, da bereits im anschließenden Winterhalbjahr eine weitere Maßnahme mit dem Abtrag des verbliebenen Oberbodens erfolgte.

Auch auf den gemulchten Flächen wurde *C. vulgaris* sowohl im ersten als auch in den Folgejahren nachgewiesen (Tabelle A1/20-27). Leider liegen keine Aufnahmen zur Situation vor der Maßnahme vor, aber mit hoher Wahrscheinlichkeit kam diese Art bereits vor wie auf zahlreichen anderen Standorten der Schneise auch. Die enorme Entwicklung der Pioniergehölze *Frangula alnus* und *Rubus* spp. auf den gemulchten Flächen hatte zur Folge, dass die Krautschicht im Vergleich zu den Referenzflächen und den Flächen mit teilweise Oberbodenabtrag deutlich geringere Deckungen einnahm (Abb. 4). Das Belassen des Schnittgutes auf der Fläche, wie im vorliegenden Fall erfolgt, verhindert nach Prochnow et al. (2004) eine Aushagerung der Böden und kann in gewissem Maß zu einer Eutrophierung führen, wodurch eher konkurrenzstärkere Arten gefördert werden. Für *C. vulgaris* dagegen ist bekannt, dass sie konkurrenzschwach ist und auf Beschattung empfindlich reagiert (vgl. Abb. 5b; auch Dierschke (1994); Beller (2012); Jedicke et al. (1993)), so dass bei Ausbleiben erneuter Gehölzentnahmen die Bestände von *C. vulgaris* in diesem Abschnitt der Schneise vermutlich zurückgehen werden.

Im Vergleich zu den anderen Maßnahmeflächen verlief die Entwicklung der Vegetationsdeckung auf den Flächen mit komplettem Abtrag stark verzögert (Abb. 4; Tabelle A1/Spalte 1-6). Bei einer Kontrolle konnten 2019, also im dritten Jahr nach der Maßnahmenumsetzung, erste Jungpflanzen von *C. vulgaris* auf ansonsten vegetationsarmem Substrat nachgewiesen werden (Abb. 7). Allerdings kamen auch hier zahlreiche Keimlinge insbesondere der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) vor, so dass auf diesen Flächen in Zukunft mit einer Gehölzvegetation zu rechnen ist, die sich negativ auf die Heide auswirken kann.

Bezüglich der mittleren Zeigerwerte für Nährstoffverfügbarkeit unterschieden sich die Flächen mit teilweise und komplettem Abtrag im zweiten Jahr nach der Maßnahme nicht (Abb. 6). Die Ordinierung in Abb. 3 zeigt zudem für keine der beiden Maßnahmetypen eine Entwicklung in Richtung Referenzflächen. Deutliche Unterschiede ergaben sich allerdings bezüglich der Vegetationsdeckung: Während sich auf den Flächen mit teilweise Abtrag nach 2 Jahren dichte Bestände entwickeln konnten, waren die Flächen mit komplettem Abtrag nur schütter bewachsen (Abb. 4). Bei komplettem Abtrag des Oberbodens geht auch ein großer Teil der Samenbank verloren, wohingegen bei nur teilweise Abtrag zumindest ein Teil der Samenbank erhalten bleibt und damit eine schnellere Besiedlung ermöglicht. Zudem bieten humusarme bis -freie Substrate nach für viele Arten aufgrund des Mangels an Humus und damit an Nährstoffen ungünstige Keimbedingungen. Wie bereits erwähnt, ist dagegen auf den Standorten mit teilweise Abtrag von einer zumindest kurzfristig erhöhten Mobilisierung von Nährstoffen auszugehen, wodurch die Entwicklung einer dichten Vegetationsdecke ermöglicht wurde.



Abb. 7: Im Frühjahr 2019 konnten im Abschnitt mit komplettem Oberbodenabtrag mehrere Jungpflanzen von *Calluna vulgaris* auf dem ansonsten spärlich bewachsenem Substrat nachgewiesen werden. Oben links im Bild einer der zahlreichen Keimlinge der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) (Foto: E. Richert, 1. Mai 2019).

Fig. 7: In spring 2019, several young plants of *Calluna vulgaris* were found on sparsely vegetated sites with complete topsoil removal. Above right in the picture one of the numerous seedlings of forest pine (*Pinus sylvestris*) (photo: E. Richert, May 1st, 2019).

5.2 Erfolgseinschätzung der Managementmaßnahmen und Ausblick

Von den drei erprobten Maßnahmen scheint zum Zeitpunkt der Untersuchung lediglich der komplette Abtrag des Oberbodens geeignet, die Entwicklung von *Calluna vulgaris*-Beständen zumindest mittelfristig zu ermöglichen. Teilweiser Oberbodenabtrag und Mulchen führten zur Nährstoffmobilisierung und damit zur Förderung von konkurrenzstarken, wüchsigen Arten (Abb. 6b) die, aufgrund der damit einhergehenden Beschattung, eine Etablierung bzw. die Entwicklung von *Calluna vulgaris* verhindern.

In jedem Fall sind zur Sicherung und Entwicklung von Heideflächen Pflegemaßnahmen nötig. Die räumliche Nähe der Standorte zu den Waldrändern begünstigt den Eintrag von abgestorbener Biomasse und damit die Eutrophierung sowie die Beschattung der Standorte (vgl. Prochnow et al. 2004), wodurch es zur Ruderalisierung mit Arten wie *Rubus* spp., *Molinia caerulea* und *Calamagrostis epigejos*, sowie zur Etablierung von Neophyten kommen kann. Auch eine Vergrasung der Standorte, wie auf den gemulchten Flächen und den Flächen mit teilweisem Abtrag zu beobachten (Tabelle A1), schließt die Vegetationsdecke und kann die Etablierung von *Calluna vulgaris* verhindern (vgl. Beller 2012). Um diesen unerwünschten Entwicklungen entgegen zu wirken, sollten die Flächen je nach Wüchsigkeit und Gehölzaufkommen gemäht und das Mahdgut abtransportiert werden. Die Mahd von *Calluna*-Pflanzen fördert zudem deren Verjüngung, wobei nach Jedicke et al. (1993) eine Schnitthöhe von 10 cm über dem Boden anzusetzen ist (s. auch Lütkepohl 1993).

6. Summary

In order to establish nutrient-poor sites on a high-voltage power line in the city forest of Freiberg, in 2015 and 2016 different management measures (complete and partial topsoil removal, shredding and mulching of the biomass) were implemented. This paper focusses on the documentation of the vegetation development on these sites and on an efficiency control of the measurements to establish *Calluna vulgaris* from a nature conservation point of view. For this purpose, the results from former Braun-Blanquet vegetation surveys on permanent plots were complemented by further surveys in 2018. Additionally, reference sites with *Calluna vulgaris* stands differing in size were investigated. The results showed that the development of the vegetation is mainly influenced by the measurement types: Whereas vegetation cover on sites with topsoil removal was very sparse after two years, the vegetation on sites with partial topsoil removal showed rather high coverage mainly of grasses and rushes. The vegetation cover on mulched sites was very dense in the third year and only on these sites a shrub layer has developed from the second year on. *Calluna vulgaris* was recorded on the mulched plots and on plots with complete topsoil removal. However, the results indicate that only the sites with complete topsoil removal were nutrient poor enough to suppress the establishment of competitive species and to enable the development of *Calluna vulgaris* stands. In the medium term, the removal of trees and shrubs is also necessary for the development and preservation of *Calluna vulgaris* stands.

Danksagung

Unser ganz besonderer Dank gilt allen TeilnehmerInnen des Moduls Biotop- und Landschaftsmanagement im Master-Studiengang Geoökologie für die Bereitstellung der in der vorliegenden Arbeit verwendeten Vegetationsaufnahmen: Franziska Messinger, Emily Assan, Christian Hecht, Michaela Katrin Gerisch, Beatrix Galinsky, Ruth Melina Jodoin, Franz Dreier, Stefan Keßler, Thomas Mißfeldt, Maik Röder, Christian Rumberg, Laura Erler, Camilla Eigner und Marcel Schreck. Darüber hinaus möchten wir uns bei der Ortsgruppe Freiberg des NABU e. V. sowie bei Dr. André Günther (NSI Freiberg) für die hilfreichen Informationen und fachlichen Diskussionen bedanken.

7. Literatur

- Aberle, S. & Partl, E. (2005): Nachhaltiges Trassenmanagement. Österreichische Elektrizitätswirtschafts-Aktiengesellschaft (Hrsg.). Schriftenreihe der Forschung im Verbund 94: 257 S.
- Beller, J. (2012): Management kleinflächiger Zwergstrauchheiden in Schleswig-Holstein – Probleme und Lösungsansätze. In: Riecken, U. & Schröder, E. (Hrsg.): Management kleinparzellierter Offenlandsysteme. Naturschutz und Biologische Vielfalt 115: 141–152.
- Beyer, C., Schulze, C., Achtziger, R. & Richert, E. (2015): Untersuchungen zur Gefährdung der Zwergstrauchheiden auf der Rauchblöße bei Muldenhütten anhand der Vegetation und der Zikaden. Mitteilungen des Naturschutzinstituts Freiberg 8: 2–24.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. Springer, Wien. 865 S.
- Coch, T., Gerhards, I. & Konold, W. (2005): Schnittachsen oder Verbundlinien? Energiefreileitungen in der Landschaft. GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society 14: 139–143.
- Dierschke, H. (1994): Pflanzensoziologie. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, 683 S.
- Durka, W. & Ackermann, W. (1993): SORT – Ein Computerprogramm zur Bearbeitung von floristischen und faunistischen Artentabellen. Natur und Landschaft 68: 16–21.
- DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege e. V.) (2014): Lebensraum unter Strom – Trassen ökologisch managen. DVL-Schriftenreihe „Landschaft als Lebensraum“ 21: 51 S.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulissen, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18: 258 S.
- Gerisch, M. & Mißfeldt, T. (2018, unpubl.): Vegetationskundliche Sukzessionsanalyse der Hochspannungstrasse im Freiburger Stadtwald, Praktikumsbericht im Rahmen des Moduls Biotop- und Landschaftsmanagement, AG Biologie / Ökologie, TU Bergakademie Freiberg, unpubl.
- Haas, D., Nipkow, M., Fiedler, G., Schneider, R., Haas, W. & Schürenberg, B. (2003): Vogelschutz an Freileitungen - Tödliche Risiken für Vögel und was dagegen zu tun ist: ein internationales Kompendium. Broschüre im Auftrag des NABU e.V., Bonn. 51 S. Online verfügbar unter http://birdsandpowerlines.org/cm/media/Vogelschutz_an_Freileitungen.pdf (letzte Einsicht 7.12.2019).
- Hecht, C., Messinger, F. & Assan, E. (2017, unpubl.): Vegetationskundliche und gewässerökologische Untersuchungen der Hochspannungstrasse im Freiburger Stadtwald. Praktikumsbericht im Rahmen des Moduls Biotop- und Landschaftsmanagement, AG Biologie / Ökologie, TU Bergakademie Freiberg, unpubl.
- Jäger, E.J. (Hrsg.) (2017): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 21. Aufl.. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- Jedicke, E., Frey, W., Hundsdorfer, M. & Steinbach, E. (Hrsg.) (1993): Praktische Landschaftspflege – Grundlagen und Maßnahmen. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Lütkepohl, M. (1993): Schutz und Erhalt der Heide. Leitbilder und Methoden der Heidepflege im Wandel des 20. Jahrhunderts am Beispiel des Naturschutzgebietes Lündeburger Heide. NNA-Berichte 6: 10–19.
- Mannsfeld, K. (2014): Natürliche Grundlagen der sächsischen Kulturlandschaft – Zustand, Nutzung, Erhaltung. Edition Leipzig.
- McCune, B. & Mefford, M. (1999): PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. MJM Software Design. Glenden Beach, Oregon.
- Neuling, E. (2014a): Wenig Raum für Stromtrassen – Veränderung von Lebensräumen und Landschaften durch den Übertragungsnetzausbau. Lokay Druck, Reinheim. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/150416-nabu-leitfaden_landschaft.pdf (letzter Zugriff 07.12.2018).
- Neuling, E. (2014b): Mehr Artenvielfalt auf Stromtrassen – Synergien zwischen Naturschutz und Netzausbau. <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/150416-nabu-artenvielfalt-stromtrassen.pdf>. (letzter Zugriff 21.11.2019).
- Oberdorfer, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 8. Aufl.. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Peck, J. (2010): Multivariate analysis for community ecologists – step-by-step using PC-ORD. Glenden Beach, Oregon.
- Prochnow, A., Brunk, I. & Segert, A. (2004): Offenhaltung durch Mähen und Räumen bzw. Mulchen. In: Anders, K., Mrzljak, J., Wallschläger, D. & Wiegand, G. (Hrsg.) (2013): Handbuch Offenlandmanagement. Am Beispiel ehemaliger und in Nutzung befindlicher Truppenübungsplätze. Springer, Berlin, S. 137–144.
- Richert, E., Jodoin, R., Dreier, F. & Achtziger, R. (2018): Biototypenausstattung einer Hochspannungstrasse im Freiburger Stadtwald. Freiberg Ecology online 4: 21–29.
- Rumberg, C., Röder, M., Achtziger, R. & Richert, E. (2018): Vegetationsentwicklung auf unterschiedlich behandelten Flächen zur Entwicklung von Magerstandorten auf einer Hochspannungstrasse im Freiburger Stadtwald. Freiberg Ecology online 4: 31–42.
- Schulz, D. (2013): Rote Liste und Artenliste Sachsens. Farn und Samenpflanzen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.), Dresden, 310 S.
- Stahr, K., Kandeler, E., Herrmann, L., & Streck, T. (2016): Bodenkunde und Standortlehre. 3. Aufl.. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- von Brackel, W. (2013): Zur Bedeutung von Stromleitungstrassen für Flechten. Anliegen Natur 35: 22–31.

Anschrift der Autoren:

Rausch, Gwendolyn; Richert, Elke*; Achtziger, Roland: TU Bergakademie Freiberg, Institut für Biowissenschaften / Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (IÖZ), AG Biologie / Ökologie, Leipziger Straße 29, 09599 Freiberg, E-Mail: gwendolyn.rausch@web.de; roland.achtziger@ioez.tu-freiberg.de; elke.richert@ioez.tu-freiberg.de.

*korrespondierende Autorin

Anhang

Tabelle A1: Vegetationstabelle zur Darstellung der Vegetationsentwicklung auf Flächen unterschiedlicher Maßnahmetypen (kompletter und teilweiser Oberbodenabtrag, gemulcht) sowie von ausgewählten Referenzflächen mit *Calluna vulgaris*. Schichtsymbole: K = Krautschicht, S = Strauchschicht, B = Baumschicht; Maßnahmetypen: K = kompletter Oberbodenabtrag, T = teilweiser Oberbodenabtrag, R = Referenzfläche mit *Calluna vulgaris*-Vorkommen

Table A1: Vegetation table showing the vegetation development on sites with different measurement types and on reference plots with *Calluna vulgaris*. Vegetation layers: K = herb layer, S = shrub layer, B = tree layer; measurement types: BK = complete topsoil removal, BT = partial topsoil removal, AM = mulched, R = reference sites.

Spalte 1-6: Kompletter Oberbodenabtrag (KB)
 Spalte 7-18: Teilweiser Oberbodenabtrag (TB)
 Spalte 19-28: Gemulchte Flächen (MA)
 Spalte 29-38: Referenzflächen mit *Calluna vulgaris* (RC, RD, RE)

Spalten-Nummer	111111111	122222222	233333333
Maßnahmetyp	KKKKKK	TTTTTTTTTTTT	MMMMMMMMMM
Aufnahmenummer	123456	789012345678	9012345678
Jahr der Maßnahme	789789	123456123123	1212123456
Alter der Flächen (Jahre)	111111	111111111111	1111111111
Deckung gesamt (%)	777777	666666666666	6666666666
Deckung Baumschicht (%)	111222	111111222333	1122333333
Deckung Strauchschicht (%)	1	535544789998	3288999999
Deckung Krautschicht (%)	111593	000505550481	5850377270
Deckung Moosschicht (%)			5500193554
Deckung Streu (%)			2 2 21
Wuchshöhe Baumschicht [m]			0 2 22 0 57
Wuchshöhe Strauchschicht (cm)			553 3 211 3121
Wuchsh. Krautschicht (cm)			431 6500070326 050000502
Gesamtartenzahl	1 1	424534789788	2266999998
	111052	998000500500	9550057078
		11 11	1 1 3 241
		541 112055353550	1155010121
		132766	69481 11 1 31123245
		111 534355550000	0050050043
			0000000000
			3 2 22 3 23
			5 7 57 3 41
			111 1111111111 111 11111
			221 1155568747 573 76754
			500 5000068747 000 05000
			11 222 221211666688 5565887889
			409005 005535050050 0005000000
			0500000000
			1 11111111111 1111111111 1 1
			222087 254989220008 3894304535 7065898185

Erstbesiedler offener Bodenflächen, geringe Deckung entwickelnd

Agrostis canina^K	...1mm	.....	.....
Juncus squarrosus^K	...++.	..rr+.	.....
Carex brizoides^K	.....	+am+++b..am.	.....
Carex nigra^K	.....	+++++++..1.	.....
Carex ovalis^K	.....	+.+++.	.....
Calamagrostis villosa^K	.....	..+..++.	.....
Holcus lanatus^K	.....	...+...++.	.....
Holcus mollis^K	.....	+..+++.	.....
Juncus bufonius^K	.....	+..+..+.	.....
Galeopsis tetrahit^K	.....	..r.+r.	.....
Persicaria hydropiper^K	.....	...+..+.	.....

Erstbesiedler, im Verlauf der Jahre höhere Deckung entwickelnd

Juncus effusus^K	..++111	mmmmab3b444	+mlaaaala++..
Digitalis purpurea^K	.....	+m.mmm1+1.r+	++1+++..+.	.....
Agrostis stolonifera^K	+..1m.	amabmabbamm	1m.+bmmb1m+..
Agrostis capillaris^K	+++1.m	.....abbb3a	..aa...m..	.1....b.r.
Carex pilulifera^K	.....	mm+++.	1+.....+1+	.....
Carex echinata^K	.....	.....r.+++	..+la.....	.....
Luzula multiflora^K	.....	...+..+.	+..+1+++.	.....
Juncus conglomeratus^K	.....	.....bb3.	..1a.....	.....

(Fortsetzung Tabelle A1)

Spalten-Nummer	111111111	122222222	233333333
	123456	789012345678	9012345678
Maßnahmetyp	KKKKKK	TTTTTTTTTTTT	MMMMMMMMMM
Aufnahmenummer	BBBBBB	BBBBBBBBBBBB	AAAAAAAAAA
Jahr der Maßnahme	789789	123456123123	1212123456
	111111	111111111111	1111111111
	777777	666666666666	6666666666

Calluna vulgaris-Bestände (Entwicklungsziel)

Calluna vulgaris^K	.....	...+++.....	.....	.m+1+ab+a.	3a3444bbab
Deschampsia flexuosa^K	...++.	+mmmma+.....	.....	lmaaamm..a	a4111+.ab1
Galium saxatile^K	.....	...+.m.....	.....	+m111.b1b++...
Vaccinium myrtillus^K	.....	.....	.....	m+...+.....	3.....
Deschampsia cespitosa^K	.....	.....	.....	..1.a+.aml+..
Molinia caerulea^K	.....	.....	.....	.....	.....34b

Gehölzverjüngung

Rubus spec.^K	.....	m++m+m+111++	.....	a+3baba11+	.r.....1..
Rubus spec.^S	.....	.....	.....	.....r1.	.....b.....
Rubus idaeus^K	.....	.....+rr...	.....	..aa.baa.1	.r.....
Frangula alnus^K	.....	+m+...+rrrm1	.....	lmal+a.11a	11..r.1a1+
Betula pendula^K	...1++	+.r+.....	.....	++.....+.+1	11baaa.11.
Populus tremula^K	...+++	.....	.....	....+.r++	+......+..
Pinus sylvestris^K	...+++	.....	.....	....+.+.+	..a.++....
Alnus glutinosa^K	.....	.....+rr1+	.....	.....	.....
Sorbus aucuparia^K	.....	.....	.....	r.+...+r.	+...+r...
Quercus robur^K	.....	..+.r...r.	.....	+1....r.1	.....
Sambucus nigra^K	.....	.r.....	.....	.r.....	.....
Sambucus racemosa^K	.....	.....	.....	..r1.....	.....

Gehölzarten der Strauch- und Baumschicht

Frangula alnus^S	.....	.....	.....	a1bb11b111	.1....b11
Betula pendula^S	.....	.....	.....	..3b..1..1	.11..raa11
Betula pendula^B	.....	.....	.....	...1.1.11	.....
Salix aurita^S	.....	.....	.....	..a.....	.....
Sambucus racemosa^S	.....	.....	.....	...a.....	.....

Gehölzarten der Referenzflächen

Picea abies^K	.....	.r+r.....	.....	.....	+1bb34.ba.
Picea abies^B	.....	.....	.....	.....	.b....a...
Pinus sylvestris^S	.....	.....	.....	.....	..a1.3....
Pinus strobus^B	.....	.....	.....	.....	.....3....
Pinus sylvestris^B	.....	.....	.....	.....	.....4....
Picea pungens^K	.....	.....	.....	.....	.....a....
Picea pungens^S	.....	.....	.....	.....	.....a....

weitere Arten (nur auf gemulchten Flächen)

Phalaris arundinacea^K	.....	.....	.....	.....m..+	.....
Epilobium angustifolium^K	.....	.....	.....	..+....+r.	.....

Außerdem kamen vor:

Juncus compressus^K C3_18:+, C4_18:+; Rumex acetosa^K A1_17:1; Rumex acetosella^K B5_16:r; Spergularia rubra^K B7_18:+; Taraxacum officinale agg.^K B1_16:r; Trifolium repens^K B9_18:1; Alnus glutinosa^S B3_18:1; Athyrium filix-femina^K A2_16:r; Betula pubescens^K D1_17:+; Betula pubescens^S A1_17:1; Calamagrostis canescens^K A6_18:+; Carex elongata^K B2_18:+; Cirsium spec.^K B2_17:+; Populus tremula^S A6_18:+; Juncus bulbosus^K B2_16:+; Juncus tenuis^K B6_16:+; Picea abies^S D1_17:1; Pinus strobus^S C4_18:r; Vaccinium vitis-idaea^K E2_17:1.