

Charakterisierung naturschutzfachlicher Sonderstrukturen auf Ausgleichsflächen in der Folgelandschaft des Uranbergbaus bei Ronneburg (Thüringen) anhand von Strukturparametern und Pflanzenvorkommen

Characterization of nature conservation structures on compensation areas in the postmining landscape near Ronneburg (Thuringia) based on structural parameters and plant occurrences

Leon Kirschner, Noah Zappek, Elke Richert, Roland Achtziger, Karin Glaser

Zusammenfassung: Die vorliegende Arbeit analysiert die Vorkommen von Pflanzenarten auf ökologischen Sonderstrukturen wie Benjeshecken, Stein- und Totholzhaufen und Trockenmauern in einer Bergbaufolgelandschaft im Raum Ronneburg/Kauern (Thüringen). Die untersuchten sieben Typen an Sonderstrukturen waren zwischen 3 und 5 Jahre alt und wurden auf naturschutzfachlichen Ausgleichsflächen angelegt, die ehemals von einer Abraumhalde des Uranbergbaus bedeckt waren. Die Freiland-erfassungen erfolgten im Mai 2024 und wurden im Rahmen des Moduls „Biotop- und Landschaftsmanagement“ (Masterstudiengang Geoökologie) der TU Bergakademie Freiberg durchgeführt. Dabei wurden alle höheren Pflanzenarten der 35 untersuchten Sonderstrukturen erfasst sowie deren Höhe und Ausdehnung gemessen. Insgesamt wurden in den 35 Sonderstrukturen 91 höhere Pflanzenarten nachgewiesen. Die aus Gehölzmaterial aufgebauten Benjeshecken und Totholzhaufen wiesen höhere mittlere Ellenberg-Zeigerwerte für Feuchte und Stickstoff auf als die aus Gesteinsmaterial aufgebauten Trockenmauern, Stein-, Kies-, Schotter- und Erdhaufen. Die absolute Pflanzenartenzahl war in den Benjeshecken und Kieshaufen am höchsten und in den Totholzhaufen die niedrigste; letztere wiesen allerdings die höchste Artenzahl pro m² auf. Die Anzahl und Abundanz von Strauch- und Baumarten war in den Benjeshecken und Totholzhaufen am höchsten. Auch auf den aus Gesteinsmaterial aufgebauten Strukturen wurden bereits Gehölzarten nachgewiesen, allerdings mit geringer Stetigkeit und Abundanz. Lediglich auf diesen Strukturen konnten Magerkeitszeiger gefunden werden. Im Vergleich zur umgebenden Landschaft kamen 41 Pflanzenarten ausschließlich auf den Sonderstrukturen vor, was 22,4 % aller aufgenommenen Arten im Untersuchungsgebiet ausmacht. Dabei handelte es sich neben Gehölzarten um einige Nährstoffzeiger und ausgewilderte krautige Zierpflanzen, die insbesondere in den Benjeshecken nachgewiesen wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass das Material, aus dem die Sonderstrukturen bestehen und die Größe die Artenzusammensetzung im Wesentlichen bestimmen. Die Sonderstrukturen stellen eine strukturelle Bereicherung der Landschaft dar und bieten zahlreichen Arten einen exklusiven Lebensraum, so dass die Strukturen insgesamt einen wertvollen Beitrag für die Förderung der Biodiversität und Strukturvielfalt in der Bergbaufolgelandschaft leisten.

Schlüsselwörter/Keywords: Kleinstrukturen, Biodiversität, Vegetationsentwicklung, Bergbaufolgelandschaft / small-scale habitat elements, biodiversity, vegetation development, post-mining landscape

1. Einleitung

Die Hinterlassenschaften des Bergbaus prägen häufig in Form von Abraumhalden das Landschaftsbild und können zudem durch Austräge von Schadstoffen zu erheblichen Umweltproblemen führen (Baumbach et al. 2013). Im Raum Ronneburg (Thüringen) wurde im Zeitraum von 1951 bis 1990 Uranerz abgebaut und die Abraumreste wurden zu spitzen, weithin sichtbaren Halden aufgehäuft (Bergbauverein Ronneburg e.V. o. D.). Aufgrund der hohen Strahlenbelastung des Haldenmaterials wurden von 1990 bis 2008 die Halden abgetragen und in ein Tagebaurestloch bei Lichtenberg verbracht (Sänger 2013; Wismut GmbH o. D.). Das Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit liegt in der Nähe von Ronneburg (Thüringen) und war ehemals von einer solchen Halde des WISMUT-Uranbergbaus überdeckt. Nach Abtrag des Haldenmaterials wurde eine Fläche von 1,2 km² (Wismut GmbH 2013) als naturschutzfachliche Ausgleichsfläche gesichert und zur Erhöhung der Struktur- und damit Lebensraumvielfalt wurden unterschiedliche Sonderstrukturen angelegt, zu denen Benjeshecken, Totholzhaufen, Schotter-, Kies- und Erdhaufen zählen (vgl. Townsend et al. 2009; Tschäppeler & Haslinger 2021).

Die vorliegende Arbeit analysiert die Pflanzenartenzusammensetzung und Struktur von diesen Sonderstrukturen. Die Arbeiten im Freiland erfolgten im Zeitraum vom 15.05.2024 bis 17.05.2024 im Rahmen des Moduls „Biotop- und Landschaftsmanagement“ (Masterstudiengang Geoökologie) der TU Bergakademie Freiberg (Glaser et al. 2025a). Die parallel gewonnenen Ergebnisse einer Biotoptypen- und Vogelkartierung sowie die Listen der im Rahmen der Lehrveranstaltung festgestellten Pflanzen- und Tierarten werden in Glaser et al. (2025b) präsentiert.

2. Untersuchungsgebiet und analysierten Sonderstrukturen

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet mit den untersuchten Sonderstrukturen befindet sich im Osten des Freistaates Thüringen im Landkreis Greiz in der Nähe von Ronneburg und südlich der Ortschaft Kauern (Abb. 1). Nach mehreren Jahrzehnten intensiver Uranerzförderung in dieser Region wurden seit den 1990er Jahren umfassende Sanierungsmaßnahmen durchgeführt (z. B. Sänger 2016; Wismut GmbH o. D.). Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Verlagerung der aufgeschütteten Halden des Uranbergbaus in das Tagebaurestloch Lichtenberg. Diese Arbeiten wurden 2008 abgeschlossen und damit war das ursprüngliche Oberflächenrelief der 1950er Jahre im Untersuchungsgebiet weitestgehend wieder offengelegt. Anschließend erfolgte die Sicherung dieser Flächen als naturschutzfachliche Kompensationsbereiche, die seit 2014 durch ein naturschutzfachliches Pflegemanagement (Beweidung bzw. Mahd) sowie durch Aufforstungen, Ansaaten und die Anlage spezieller Strukturelemente und das Belassen von Brachen ökologisch aufgewertet wurden (mdl. Mitt. Oeser, Ingenieurbüro Oeser, Frankenberg). Zu diesen Strukturelementen gehören u. a. die in dieser Arbeit analysierten Strukturen. Naturräumlich ist das Gebiet der Ostthüringisch-vogtländischen Hochfläche zuzuordnen (Gatzweiler et al. 1997). Die Potenzielle Natürliche Vegetation (PNV) wird für die Region Ronneburg und Kauern gemäß TLUBN (Suck et al. 2014) als Hainsimsen-Buchenwald (Luzulo-Fagetum) klassifiziert. Eine detaillierte Charakterisierung des Untersuchungsgebietes findet sich in Glaser et al. (2025b).

2.2 Untersuchte Sonderstrukturen

Im Gelände wurden 35 Sonderstrukturen aus den folgenden sieben Typen für die Untersuchungen ausgewählt: 6 Totholzhaufen, 5 Benjeshecken, 2 Trockenmauern, 2 Kieshaufen, 12 Steinhaufen, 4 Schotterhaufen und 4 Erdhaufen (Abb. 1, Abb. 2a-g). Diese lagen im Südwestteil des Gebiets und wurden sukzessive im Zuge der naturschutzfachlichen Ausgleichsmaßnahmen im Zeitraum von 2019 bis 2021 errichtet (Ingenieurbüro Oeser, mdl. Mitt.). Totholzhaufen und Steinhaufen waren teilweise in Dreiergruppen angeordnet (Abb. 1, Abb. 2h,i).

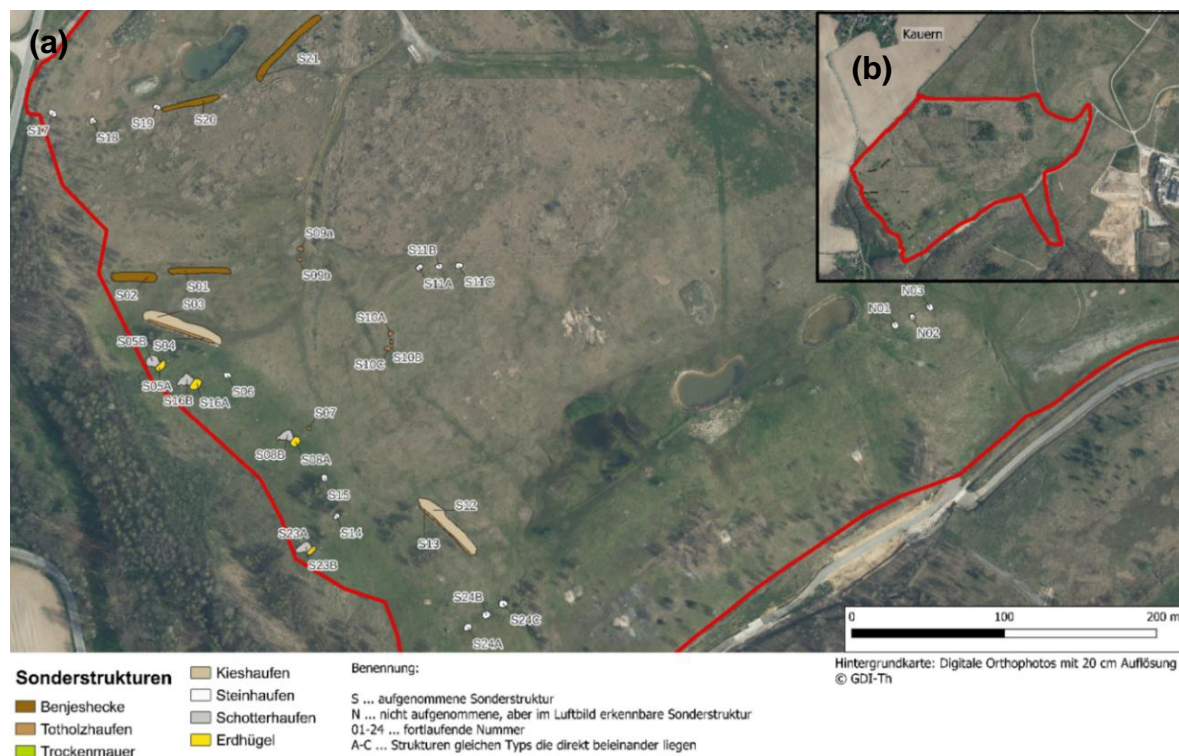


Abb. 1: (a) Lage der aufgenommenen Sonderstrukturen mit Aufnahme-nummer, (b) Lage des Untersuchungsgebietes bei Kauern; rote Linie: Grenze des Untersuchungsgebietes (Luftbild: Orthofotos des Land Thüringen von 2023).

Fig. 1: (a) Position of the special structures studied with plot number, (b) Location of the study area near Kauern; red line: border of the study area (aerial photo: orthophotos of the state of Thuringia from 2023).

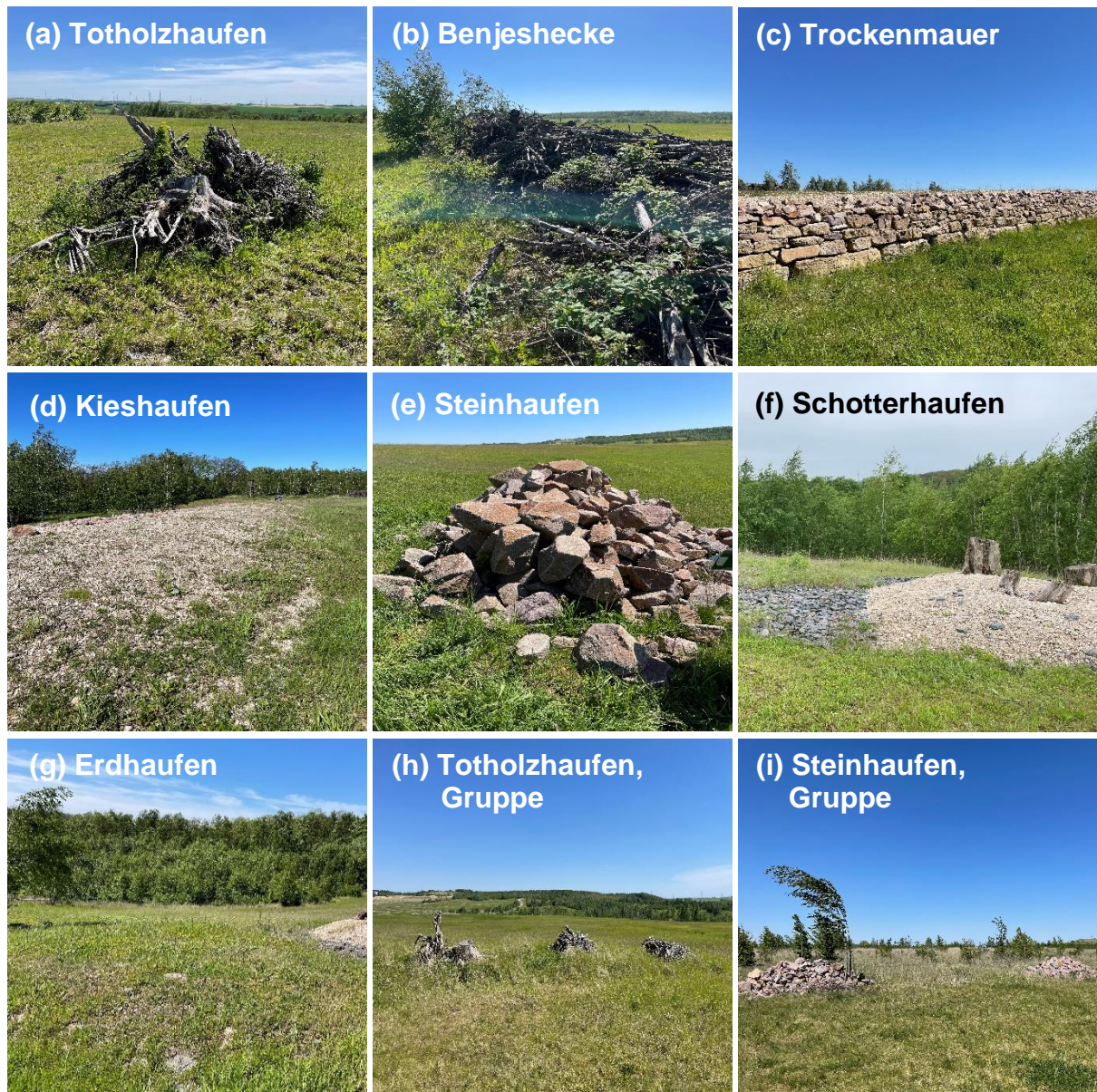


Abb. 2: Beispiele für die aufgenommenen Sonderstrukturen: (a) Totholzhaufen, (b) Benjeshecke, (c) Trockenmauer, (d) Kieshaufen, (e) Steinhaufen, (f) Schotterhaufen, (g) Erdhaufen (bewachsen) sowie Beispiele für im Gelände als Gruppe angelegte Totholzhaufen (h) und Steinhaufen (i) (Fotos: L. Kirschner).

Fig. 2: Examples of the recorded special structures: (a) deadwood pile, (b) Benjes hedge, (c) dry stone wall, (d) gravel pile, (e) stone pile, (f) gravel pile, (g) earth heap, as well as representation of the grouping of deadwood piles (h) and stone piles (i) at the site (photos: L. Kirschner).

3. Methoden

3.1 Aufnahmemethoden

Die Freilanderfassungen erfolgten im Zeitraum von 15.05.2024 bis 17.05.2024. Je nach Form der Sonderstruktur wurden Höhe, Breite, Länge (für quaderförmige oder lineare Strukturen) bzw. Höhe und Durchmesser (für runde Strukturen) erfasst. Die Erfassung der Häufigkeit der in oder am Rand der Sonderstrukturen vorkommenden Pflanzenarten erfolgte entsprechend der in Tabelle 1 dargestellten Klassifizierung. Demnach verhalten sich die Häufigkeiten der Arten relativ zueinander, d. h. die Arten mit der geringsten bzw. der höchsten Abundanz erhielten die Kategorie 1 bzw. 4 und die anderen Arten wurden entsprechend ihrer Häufigkeit den mittleren Kategorien 2 oder 3 zugeordnet. Somit sind die Häufigkeitskategorien für die Arten zwischen den unterschiedlichen Sonderstrukturen nicht direkt vergleichbar, sondern können auf unterschiedlichen Individuenzahlen beruhen. Zur Bestimmung der Pflanzenarten wurden Spohn et al. (2021) und Jäger et al. (2013) unter Zuhilfenahme der App *Flora Incognita* (Mäder et al. 2021) verwendet. Die Nomenklatur der Pflanzenarten folgt den Roten Listen Thüringens (TLUBN 2021).

Tabelle 1: Kategorien zur Erfassung der Arthäufigkeiten der Pflanzenarten pro Sonderstruktur.

Table 1: Categories for recording species abundance of plant species per special structure.

Kategorie	Definition
1	Einzelfund oder sehr wenige (kleine) Individuen, Art mit der geringsten Individuenzahl
2	wenige bis mäßig viele Individuen
3	zahlreiche Individuen
4	(sehr) viele Individuen, Art mit der höchsten Individuenzahl

3.2 Auswertemethoden

Die Bearbeitung der vegetationskundlichen Aufnahmedaten erfolgte mit der Software SORT (Durka & Ackermann 1993). Anhand der Häufigkeiten der Arten konnte eine sortierte Vegetationstabelle für die Ausbildung von Pflanzengesellschaften in den Sonderstrukturen erstellt werden. Die mittleren gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (Ellenberg & Leuschner 2010) pro Sonderstruktur wurden ebenfalls mit SORT berechnet. Die Gewichtung erfolgte mithilfe der in Tabelle 1 aufgelisteten Häufigkeitskategorien 1 bis 4. Darüber hinaus wurden für jede Sonderstruktur die Gesamtartenzahlen sowie die Anzahlen ausgewählter Lebensformen (Ellenberg & Leuschner 2010) mithilfe des Programms SORT berechnet.

4. Ergebnisse

4.1 Vergleich der Sonderstrukturen hinsichtlich ihrer baulichen Merkmale

Insgesamt wurden sieben unterschiedliche Typen an Sonderstrukturen erfasst und 35 einzelne Strukturen untersucht (s. Abb. 2; Tabelle 2). Abb. 2 und Abb. 3 zeigen Beispiele für die Sonderstrukturen im Gelände, weitere Beispiele finden sich in den Abb. A1 bis Abb. A3 im Anhang. Beim Bau der Sonderstrukturen wurden die Materialien Totholz (in Benjeshecken und Totholzhaufen), Kies bzw. Schotter (in Kies- und Schotterhaufen), Stein (in Steinhaufen und Trockenmauern) und Feinmaterial aus dem Bodenaushub innerhalb des Gebietes („Erde“; in Erdhügel) verwendet (Tabelle 2). Die Schotterhaufen wiesen eine Mischung zweier Gesteinstypen auf (Abb. 3b, Tabelle 2; s. auch Abb. A2i). Neben hellen, aus grobem Kiessand aufgeschütteten höheren Haufen, auf denen z. T. alte Baumstubben lagerten, lagen aus größeren dunklen Schotterstücken (Gneis, Granit) aufgebaute und deutlich flacher gestaltete Flächen (Abb. 3b,f,i). Die Schotterhaufen lagen immer in unmittelbarer Nähe zu den aus feinerem Material aufgebauten Erdhaufen, die einen schütterten bis dichten Bewuchs aufwiesen. Während in den Totholzhaufen überwiegend Baumstubben zusammengetragen waren (Abb. 2a;), wurden in den Benjeshecken auch Baumstämme und Äste aufgehäuft (Abb. 2b; Abb. A1a-e).

Neben den Materialien unterschieden sich die Sonderstrukturen bezüglich ihrer Form: So besaßen Benjeshecken sowie Trockenmauern mit den angrenzenden Kieshaufen (Abb. 3a) eine langgestreckte rechteckige Form mit Längen über 50 m (Abb. 3b-d), während die restlichen Strukturen eher eine konische bzw. hügelige Struktur mit Durchmesser von 2 m bis knapp 7 m aufwiesen (Tabelle 3).

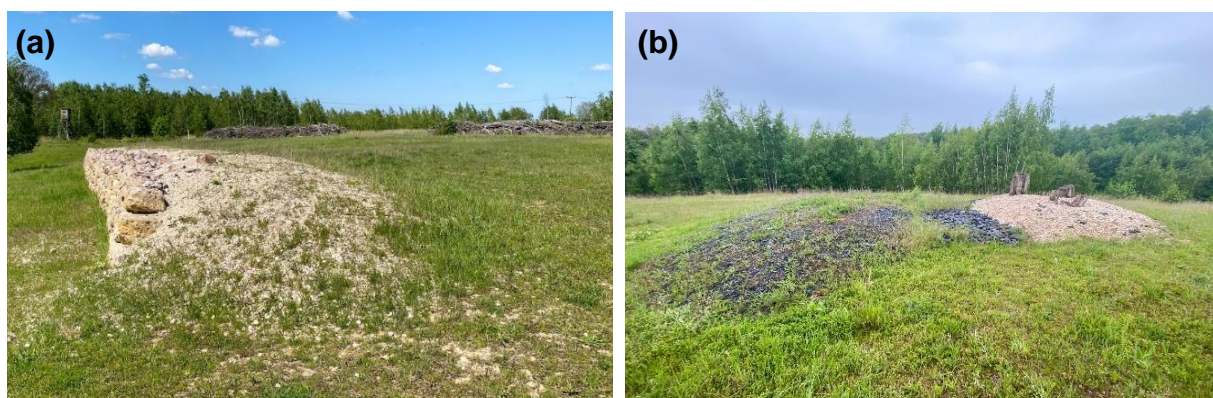


Abb. 3: Ausschnitt aus dem Untersuchungsgebiet mit (a) einer Trockenmauer (Vordergrund) und angrenzender Kiesfläche sowie zwei Benjeshecken (Hintergrund) und (b) einem Erdhügel (links) mit anschließendem Schotterhaufen, der sich in einen dunkleren flachen und einen helleren aufgehäuften Bereich untergliedert mit Baumstubben auf der Spitze (Fotos: R. Achtziger).

Fig. 3: Part of the study area with a dry stone wall (foreground) and adjacent gravel pile as well as two Benjes hedges (background) and (b) an earth heap (left side) with near a gravel pile, which is divided into a darker flat area and a lighter mounded area with tree stumps on the top (photos: R. Achtziger).

Tabelle 2: Übersicht der Sonderstrukturen mit Angaben zu Material und Bewuchs (Oeser, schriftliche Mitteilung).**Table 2:** Overview of the special structures with information on material and vegetation (Oeser, written notification).

Sonderstruktur	Material	Bewuchs/Vegetationsdeckung
Totholzhaufen	mehrere überwiegend große Baumstubben	häufig von außen eindringende Gras- und Krautarten mit z.T. hohen Deckungen; einige Strauch- und Baumarten
Benjeshecke	zahlreiche Baumstämme und Astmaterial sowie z. T. Stubben	in den Randbereichen teilweise Kraut- und Grasarten eingewandert, insbes. <i>C. epigejos</i> und <i>U. dioica</i> , sowie einige Strauch- und Baumarten (<i>Rubus spec.</i> , <i>Prunus spinosa</i> u. a.)
Trockenmauer	unverfugt, aus hellen, rechteckig zugehauenen Steinen aus Kalksandstein (Region Caaschwitz)	Mauerkopf schütter bewachsen, an der südexponierten Mauerwand kaum Vegetation
Kieshaufen	mittel bis feinkörniger Kies (Kiessand) sowie Steinmaterial aus Granit (Steinbruch Berbersdorf)	spärlich und niedrigwüchsig bewachsen, zu den abfallenden Rändern und Enden hin leicht zunehmender Bewuchs
Steinhaufen	aus groben, großen Gesteinsbrocken (Granit), u.a. auch mit Schotter aufgefüllten Hohlräumen (Steinbruch Berbersdorf)	häufig von außen eindringende Gras- und Krautarten mit vereinzelt auftretenden Baumarten, z. T. mit Flechten bewachsen
Schotterhaufen	Kiessand (helle Seite, Abb. 2f), Steinmaterial aus Granit und Gneis-Schotter (dunkle Seite, Abb. 2f), z. T. mit einzelner Totholz oder Stubben	Dominanz von krautigen Arten auf dunklem Bereich, Stärkerer Bewuchs an Rändern, vereinzelt größere Strauch und Baumarten im Zentrum
Erdhügel	Bodenmaterial von Aushub der im Gebiet angelegten Tümpel, durchsetzt mit einzelnen größeren Schotterstücken und Splitt	mäßig dicht bis dicht mit Gras- und Krautarten bewachsen

Tabelle 3: Die untersuchten Sonderstrukturtypen mit Angaben zu den Strukturparametern. Angegeben sind jeweils der Wertebereich (1. Zeile) und die Mittelwerte mit Standardabweichung (2. Zeile). n = Anzahl, DM = Durchmesser. k.A. = keine Angabe, da lineare/rechteckige Struktur.**Table 3:** Recorded special structures with information on the structural parameters. For each parameter the range (1st row) and the mean values with the standard deviation (2nd row) are given. n = number, DM = diameter, k.A. = linear/rectangular structures.

Sonderstruktur	n	Höhe [m]	Breite [m]	Länge [m]	DM [m]	Umfang [m]	Fläche [m ²]
Totholzhaufen	6	1,0 – 1,8	1,2 – 2,1	1,0 – 2,5	1,9 – 3,2	6,0 – 10,0	2,8 – 8,0
		1,35 ± 0,24	2,10 ± 0,00	2,50 ± 0,00	2,60 ± 0,47	5,44 ± 1,73	8,34 ± 1,40
Benjeshecke	5	0,9 – 1,8	1,8 – 3,6	20,0 – 57,0	k.A.	43,0 – 118,0	36,0 – 125
		1,53 ± 0,32	2,46 ± 0,61	37,00 ± 12,21		90,54 ± 30,22	78,92 ± 24,38
Trockenmauer	2	1,2 – 1,6	0,6 – 1,2	48,0 – 51,0	k.A.	98,3 – 103,0	30,6 – 56,2
		1,40 ± 0,20	0,89 ± 0,29	49,50 ± 1,50		43,38 ± 12,78	100,77 ± 2,43
Kieshaufen	2	0,8 – 1,2	4,0 – 5,4	54,0 – 56,0	k.A.	116,0 – 123,0	216 – 302
		1,00 ± 0,20	4,70 ± 0,70	55,00 ± 1,00		259,20 ± 43,20	119,40 ± 3,40
Steinhaufen	12	1,0 – 1,5	3,4 – 3,8	1,9 – 2,5	3,4 – 5,0	10,7 – 16,8	9,0 – 19,6
		1,25 ± 0,14	4,10 ± 0,70	3,95 ± 1,05	4,12 ± 0,42	13,80 ± 2,73	13,47 ± 1,71
Schotterhaufen	4	0,6 – 1,0	6,5 – 6,8	7,2 – 7,5	6,7 – 7,0	21,0 – 28,0	35,3 – 49,0
		0,73 ± 0,16	6,65 ± 0,15	7,35 ± 0,15	6,85 ± 0,15	42,86 ± 6,10	24,76 ± 3,26
Erdhaufen	4	0,5 – 1,0	4,2 – 7,2	5,5 – 9,6	k.A.	23,6 – 30,4	31,9 – 53, 8
		0,70 ± 0,19	5,55 ± 1,08	7,78 ± 1,49		42,24 ± 7,88	26,65 ± 2,51

Die beiden jeweils einer Trockenmauer angelagerten Kieshaufen wiesen die größte **Fläche** und auch den größten Umfang auf, gefolgt von den Trockenmauern und Benjeshecken (Tabelle 3). Die runden Strukturen hatten im Vergleich dazu deutlich kleinere Flächengrößen, die kleinsten Werte ergaben sich dabei für die Totholzhaufen. Einige der Sonderstrukturen waren im Vergleich recht hoch. Die Totholzhaufen, Benjeshecken und die Trockenmauern wiesen maximale Höhen von 1,60 m und 1,80 m auf, wohingegen die Schotter- und Erdhaufen

maximal 1 m hoch waren (Tabelle 3; Abb. 2b; vgl. Abb. A1). Wie bereits erwähnt, waren die Kieshaufen immer einer Mauer auf einer Seite angelagert (Abb. 3a), aber auch die Schotterhaufen grenzten immer direkt an Erdhügel an (Abb. 3b). Im Gegensatz zu den von Gesteinsmaterial aufgebauten weitestgehend vegetationsarmen Strukturen waren die Erdhügel schütter bis relativ dicht bewachsen und wurden im Gelände anhand ihrer aus der umgebenden Landschaft herausragenden Struktur identifiziert. Im Gelände traten Strukturen wie Stein- oder Totholzhaufen teilweise gruppiert auf (meist 3 Haufen pro Gruppe, s. Abb. 2h, i).

4.2 Pflanzenartenvorkommen der Sonderstrukturen

Im Rahmen der Pflanzenartenerfassung in den 35 Sonderstrukturen konnten insgesamt 91 Pflanzenarten nachgewiesen werden (Tabelle A1 im Anhang). Neben Arten, die in nahezu allen Sonderstrukturen vorkamen und hohe Abundanzwerte aufwiesen wie Landreitgras (*Calamagrostis epigejos*) (s. Abb. 4), Gewöhnliches Bitterkraut (*Picris hieracioides*), Wilde Möhre (*Daucus carota*) und Gewöhnlicher Löwenzahn (*Taraxacum officinale*), kamen auch Arten vor, die nur in einem bestimmten Strukturtyp nachgewiesen wurden. So kam z. B. Hartriegel (*Cornus spec.*) nur in den Benjeshecken vor (Tabelle A1/Spalte 7-10). Die Mehrheit dieser Arten wies allerdings nur eine geringe Abundanz auf. Tabelle A1 zeigt auch, dass bestimmte Arten nur in den von Gehölzmaterial aufgebauten Strukturtypen Totholzhaufen und Benjeshecken (Tabelle A1/1-11) vorkamen und andere auf die von Gesteinsmaterial geprägten Strukturen beschränkt waren (Tabelle A1/12-35). So wurde die Große Brennnessel (*Urtica dioica*) mit hoher Abundanz ausschließlich in Benjeshecken und Totholzhaufen gefunden (Tabelle A1/1-11), was auf eine höhere Nährstoffverfügbarkeit an diesen Standorten hinweist. Auch Strauch- und Baumarten wie Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) oder Esche (*Fraxinus excelsior*) kamen mit höheren Abundanzwerten besonders in Benjeshecken vor. Den beiden Trockenmauern und angelagerten Kieshaufen hingegen fehlten die Gehölzarten der anderen Strukturtypen nahezu vollständig, es kamen lediglich einige Weiden (*Salix spec.*) mit geringer Abundanz vor (Tabelle A1/12-15). Im Gegensatz dazu wurden Magerkeitszeiger wie Schafschwingel (*Festuca ovina* agg.) und Florentiner Habichtskraut (*Hieracium piloselloides*) ausschließlich auf den aus Erd- und Gesteinsmaterial aufgebauten Sonderstrukturen nachgewiesen (Tabelle A1/12-35).

Innerhalb der einzelnen Strukturtypen unterschieden sich die Artenzusammensetzungen der einzelnen Sonderstrukturen zum Teil deutlich: So kamen in drei der fünf untersuchten Benjeshecken mehrere Strauch- und Baumarten wie Hartriegel (*Cornus spec.*), Schlehe (*Prunus spinosa*), Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) mit zum Teil höheren Abundanzwerten vor (Tabelle A1/7-9), wohingegen die anderen zwei untersuchten Benjeshecken (Tabelle A1/10-11) zwar Vorkommen von *Rubus*-Arten, aber kaum Vorkommen von Baumarten aufwiesen. Diese Aufnahmen waren geprägt von Arten der Krautschicht mit hohen Abundanzwerten von Großer Brennnessel (*Urtica dioica*), Gewöhnlichem Bitterkraut (*Picris hieracioides*) und Landreitgras (*Calamagrostis epigejos*).



Abb. 4: Das Land-Reitgras (*Calamagrostis epigejos*) kam regelmäßig mit zum Teil hohen Abundanzwerten im Untersuchungsgebiet vor und kann, wie beispielhaft für diesen Steinhaufen gezeigt, auch die Sonderstrukturen besiedeln (Foto: R. Achtziger).

Fig. 4: Bushgrass (*Calamagrostis epigejos*) frequently occurred in the study area, sometimes with high abundances, and can also colonize special structures, as is shown for this cairn as an example (photo: R. Achtziger).

4.3 Vergleich der Sonderstrukturen hinsichtlich Artenvielfalt und Lebensformen

In Abb. 5 sind die Pflanzenartenzahl (Abb. 5a) und die Artenzahl pro m² (Abb. 5b) sowie die Anteile an Therophyten (einjährige Pionierarten und Erstbesiedler offener Standorte) (Abb. 5c) und Nanophanerophyten (Sträucher) und Phanerophyten (Bäume) (Abb. 5d) an der Gesamtartenzahl pro Strukturtyp in Form von Boxplots dargestellt. Insgesamt lagen die **Pflanzenartenzahlen** (Abb. 5a) zwischen 4 – niedrigster Wert (Totholzhaufen) und 36 – höchster Wert (Benjeshecke). Im Mittel wiesen Kieshaufen (K) die höchste und Totholzhaufen (T) die geringste Artenzahl auf. Die im Mittel zweithöchste Artenzahl wiesen die Benjeshecken (B) auf; hier war auch die höchste Variabilität (von 6 bis 36 Arten) der Werte der einzelnen Aufnahmen festzustellen (Abb. 5a). Die Artenzahlen der Trockenmauern (M) und Steinhaufen (S) sowie der Schotterhaufen (C) und Erdhügel (E) lagen dicht beieinander und waren im Mittel etwas höher als die der Totholzhaufen (Abb. 5a). Der Vergleich der **mittleren Artenzahlen pro Fläche** (Abb. 5b) zwischen den Sonderstrukturen ergab ein vom Vergleich der absoluten Artenzahlen (Abb. 5a) deutlich abweichendes Bild: Danach wiesen Benjeshecken sowie Trockenmauern und Kieshaufen, also die größten Biotoptypen, die niedrigsten Artenzahlen pro Fläche auf, die Werte der Schotter- und Erdhaufen lagen nur leicht darüber. Für die Steinhaufen und insbesondere die Totholzhaufen ergaben sich insgesamt die höchsten Artenzahlen pro Fläche (Abb. 5b). Abb. 5c zeigt, dass sich die Sonderstrukturen bezüglich der mittleren **Anzahl an Therophyten**, also an Erstbesiedlern und einjährigen Pflanzenarten, nahezu gegenläufig zum **Anteil der Nanophanero- und Phanerophyten** (Strauch- und Baumarten, Abb. 5d) verhielt. Die Mauern und die daran angebauten Kiesflächen wiesen im Mittel die höchsten Anteile an Therophyten an der Gesamtartenzahl auf (Abb. 5c); die Werte der anderen ebenfalls aus Gesteins- oder Erdmaterial aufgebauten Strukturtypen lagen im Mittel etwas über denen der aus Totholz aufgebauten Strukturen. Die Benjeshecken wiesen im Mittel die höchsten Werte für die Anzahl an Gehölzarten auf (Abb. 5d).

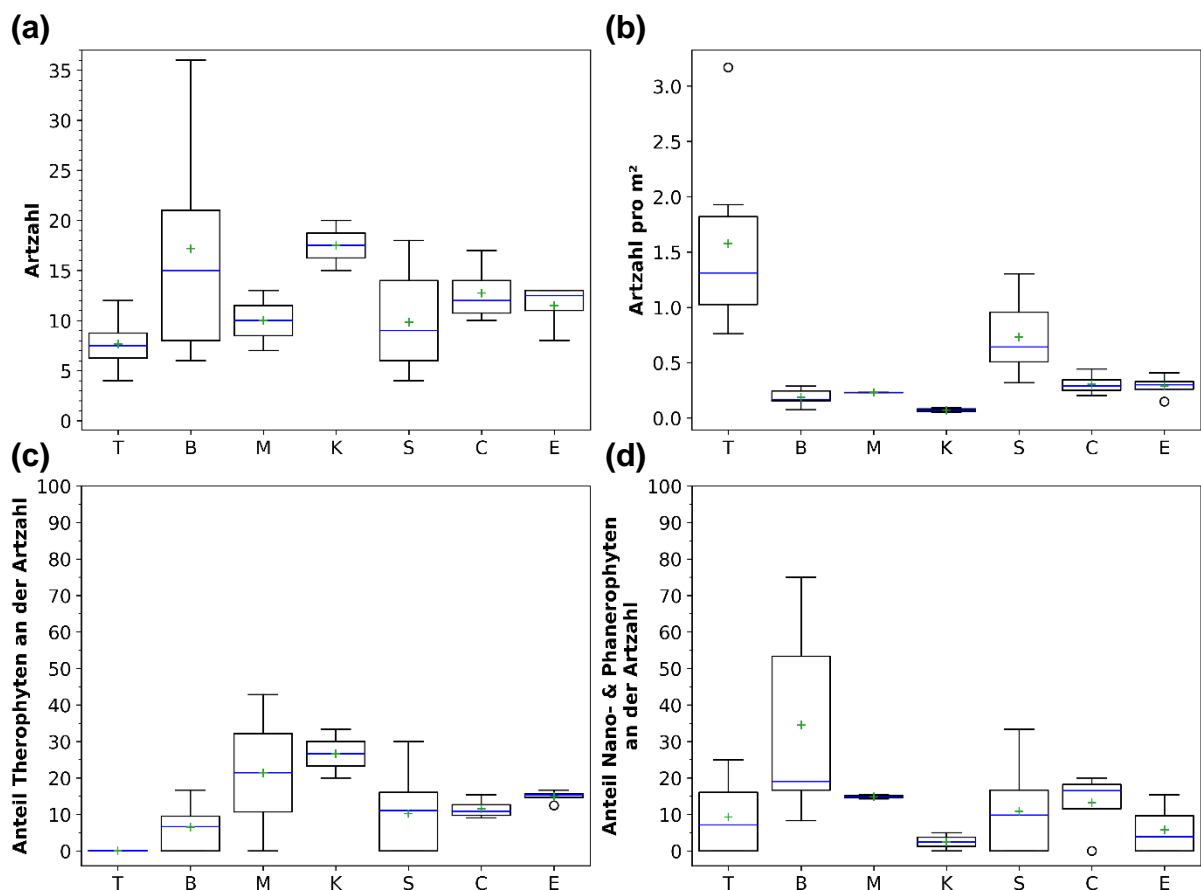


Abb. 5: Boxplot der (a) Gesamtartenzahl, (b) der Artenzahl pro m², (c) des Anteils an Therophyten und (d) an Nanophanerophyten und Phanerophyten an der Gesamtartenzahl pro Strukturtyp; T – Totholzhaufen, B – Benjeshecke, M – Trockenmauer, K – Kieshaufen, S – Steinhaufen, C – Schotterhaufen, E – Erdhaufen.

Fig. 5: Boxplots of (a) the total number of species, (b) species number per m², (c) proportion of therophytes, and (d) proportion of nanophanerophytes and phanerophytes of total number of species for each structure type: T – deadwood pile, B – Benjes hedge, M – dry stone wall, K – gravel pile, S – stone pile, C – stone gravel pile, E – earth pile.

4.4 Vergleich der Sonderstrukturtypen hinsichtlich der Ellenberg-Zeigerwerte

Abb. 6 zeigt die Boxplots der mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte für die Sonderstrukturtypen. Für alle Sonderstrukturen deuten die **mittleren gewichteten Temperaturzahlen** auf mäßigwarme Verhältnisse hin (Abb. 6a). Während Kieshaufen (K), Trockenmauer (M), Schotterhaufen (C) sowie Erdhügel (E) die höchsten mittleren Temperaturzahlen aufwiesen, liegen die Benjeshecken (B) und Steinhaufen (S) im mittleren Bereich. Die Totholzhaufen (T) wiesen im Mittel die geringsten mittleren Temperaturzahlen auf, besaßen jedoch die breiteste Streuung der Werte im Vergleich aller untersuchten Strukturen (Abb. 6a). Die **mittleren gewichteten Feuchtezahlen** liegen für alle Strukturtypen im Bereich frischer Standorte (Abb. 6b). Hier zeigten Benjeshecken (B), Totholzhaufen (T) und Trockenmauer (M) ähnlich hohe Werte, wohingegen sich für Kieshaufen (K), Schotterhaufen (C), Steinhaufen (S) und Erdhügel (E) vergleichbar niedrige Werte ergaben (Abb. 6b). Die **mittleren Reaktionszahlen** deuten insgesamt auf schwachsaure bis schwachbasische Substrate hin (Abb. 6c). Für die Totholzhaufen (T) und Schotterflächen (S) ergaben sich die niedrigsten und für die Trockenmauern (M) die höchsten mittleren Reaktionszahlen (Abb. 6c), für die anderen Sonderstrukturen lagen die Werte dicht beieinander (Abb. 6c). Für die **mittlere Stickstoffzahl** ergab sich ein zur Reaktionszahl weitestgehend gegenläufiges Muster (Abb. 6d). Insgesamt deuten die Werte auf mäßig stickstoffreiche bis stickstoffreiche Standorte hin (Abb. 6d). Totholzhaufen (T) und Benjeshecken (B) wiesen die im Mittel höchsten und Kieshaufen (K) und Erdhügel (E) die niedrigsten mittleren Stickstoffzahlen auf (Abb. 6d). Trockenmauern (M), Schotterhaufen (C) und Steinhaufen (S) wiesen ähnliche mittlere Stickstoffzahlen auf.

4.5 Vergleich der Artenvorkommen der Sonderstrukturen mit der umgebenden Landschaft

Der Vergleich aller in den Sonderstrukturen nachgewiesenen 91 Pflanzenarten mit den 183 Pflanzenarten von Glaser et al. (2025b) in der im gesamten Untersuchungsgebiet festgestellten Arten ergibt, dass 41 Arten (= 22,4 %) nur in den Sonderstrukturen und nicht in den umliegenden Biotopen nachgewiesen wurden (Abb. 7).

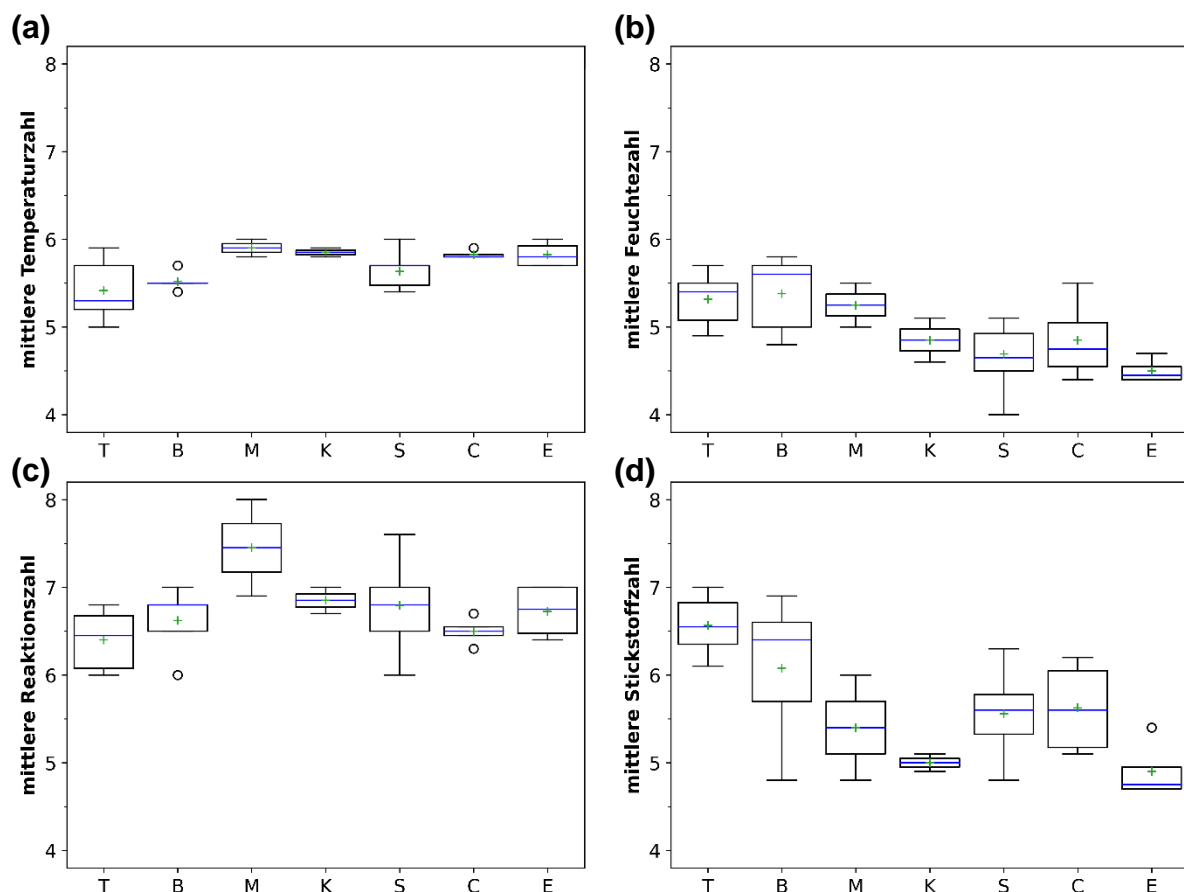


Abb. 6: Boxplots der mittleren gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte für (a) Temperatur, (b) Feuchte, (c) Bodenreaktion und (d) Stickstoff pro Sonderstrukturtyp; B – Benjeshecke, T – Totholzhaufen, E – Erdhaufen, C – Schotterhaufen, K – Kieshaufen, M – Trockenmauer, S – Steinhaufen.

Fig. 6: Box-Whisker-Plots of the mean weighted Ellenberg indicator values for (a) temperature, (b) soil moisture, (c) soil reaction, and (d) nitrogen per structure type; B – Benjes hedge, T – deadwood pile, E – earth pile, C – stone gravel pile, K – gravel pile, M – dry stone wall, S – stone pile.

Die höchste Anzahl an höheren Pflanzenarten wurde in Summe in den Benjeshecken (56 Arten) und Steinhaufen (42 Arten) festgestellt (Abb. 7). Die Benjeshecken wiesen mit 16 Arten (= 28,6 %) auch die größte Anzahl an Arten auf, die ausschließlich in diesem Strukturtyp gefunden wurden (Abb. 7). Zu den Arten, die im Untersuchungsgebiet nur in Sonderstrukturen nachgewiesen wurden, zählen Gehölzarten wie Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) und Vogel-Kirsche (*Prunus avium*), Nährstoffzeiger wie Große Brennnessel (*Urtica dioica*), Therophyten wie Stinkender Storchschnabel (*Geranium robertianum*) und Vielstengeliges Schaumkraut (*Cardamine hirsuta*) sowie einige offensichtlich aus Gärten verwilderte oder mit Gehölzmaterial eingeschleppte Gemüse- und Zierpflanzen wie Schnittlauch (*Allium schoenoprasum*), Winterling (*Eranthis hyemalis*) und Gewöhnliche Akelei (*Aquilegia vulgaris*) (Tabelle A1). Für Arten, die sowohl in Sonderstrukturen als auch im Untersuchungsgebiet von Glaser et al. (2025b) erfasst wurden, bildeten Steinhaufen ein großes Artvorkommen. Dagegen wiesen Trockenmauern verhältnismäßig wenig Arten auf. Zusammen mit Erdhaufen konnten hier keine Arten nachgewiesen werden, die ausschließlich in diesen Strukturen wuchsen.

5. Diskussion

Die vorliegende Arbeit hatte neben der Charakterisierung bzgl. Größe, Material etc. (Tabelle 2) eine Analyse der Vorkommen höherer Pflanzen von ökologischen Sonderstrukturen auf ehemals von einer Abraumhalde des Uranbergbaus bedeckten naturschutzfachlichen Ausgleichsflächen bei Kauern/Ronneburg zum Ziel. Bezüglich der **Artenzusammensetzung** gab es zahlreiche Arten, die allen Strukturtypen gemeinsam waren (Tabelle A1). Insbesondere das Land-Reitgras (*Calamagrostis epigejos*) kam in allen Sonderstrukturen mit zum Teil hohen Abundanzen vor (Abb. 3); Ausnahme bildeten lediglich die Trockenmauern (Tabelle A1/12-13). Die aus Gehölzmaterial aufgebauten Benjeshecken und Totholzhaufen (Tabelle A1/1-11) wiesen mehr Gehölzarten auf sowie einige Nährstoffzeiger und verwilderte Gemüse- und Zierpflanzen, die den aus Gesteins- und Erdmaterial aufgebauten Strukturen fehlten (Tabelle A1/12-35). Für die Benjeshecken kann damit festgestellt werden, dass die Etablierung von Gehölzarten als ein Ziel der Maßnahme (vgl. Benjes 1998; Reif & Achtziger 2001) erreicht werden konnte. Überwiegend wurden die Strauch- und Baumarten am Rand der Benjeshecken gefunden (s. Abb. A1a,b). Die Unterschiede in der Abundanz von Artengruppen zwischen den einzelnen Benjeshecken sind wahrscheinlich auf das unterschiedliche Alter der Hecken zurückzuführen. Die drei älteren Benjeshecken (Tabelle A1/7-9) wiesen bereits einige Baumarten auf, während in den beiden jüngeren Benjeshecken (Tabelle A1/10-11) nur *Rubus*-Arten, aber noch keine Baumarten vorkamen (vgl. Abb. A1a,e). Aufgrund der Höhe des Gehölzmaterials von bis zu 1,80 m und einer Breite von bis zu 3,60 m (Tabelle 2) waren im Zentrum der Hecken die Lichtbedingungen für die Etablierung von Gehölzarten vermutlich zum Untersuchungszeitpunkt noch ungünstig.

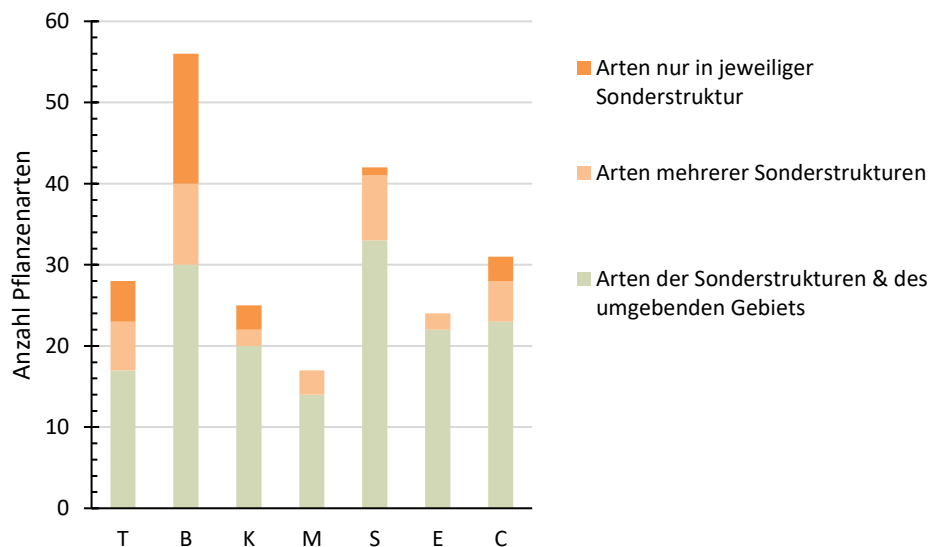


Abb. 7: Vergleich der Sonderstrukturen bzgl. der Arten, die nur in der jeweiligen Sonderstruktur nachgewiesen werden konnten, der Arten, die in mehreren Sonderstrukturen nachgewiesen werden konnten sowie der Arten, die in Sonderstrukturen als auch in den umgebenden Flächen des Untersuchungsgebiets nachgewiesen werden konnten. T – Totholzhaufen, B – Benjeshecke, K – Kieshaufen, M – Trockenmauer, S – Steinhaufen, E – Erdhaufen, C – Schotterhaufen.

Fig. 7: Comparison of the special structures with regard to the species that could only be detected in the respective special structure, the species that could be detected in several special structures, and the species that could be detected in special structures as well as in the surrounding areas of the study area. T – deadwood pile, B – Benjes hedge, K – gravel pile, M – dry stone wall, S – stone pile, E – earth pile, C – gravel pile.

Der oben erwähnte Eintrag von Gartenpflanzen, die besonders am Fuß der Benjeshecken zu finden waren, kann durch Vögel, die die Samen fallen gelassen oder ausgeschieden haben, erfolgt sein, oder sie wurden mit dem Totholz oder mit Gartenabfällen eingeschleppt. Während der Freilandbegehungen 2024 konnte zudem beobachtet werden, dass die Benjeshecken von Neuntöttern (*Lanius collurio*) als Ansitzwarten und von Schwarzkehlchen (*Saxicola rubicola*) und anderen Vögeln als Niststandorte genutzt wurden (Glaser et al. 2025b). Allgemein können Benjeshecken bereits kurz nach der Anlage als Brut- und Nahrungshabitat für verschiedene Singvögel dienen, die durch ihre Ausscheidungen für einen Eintrag von Gehölzsamen, aber auch Nährstoffen sorgen können (Benjes 1998, s. auch Reif & Achtziger 2000, 2001; David 2020). In einigen Benjeshecken und Totholzhäufen kam die Große Brennnessel (*Urtica dioica*) mit hoher Abundanz vor (Tabelle A1/1-11). Dies deutet an, dass es durch die Ablagerung und Verrottung des Totholzmaterials zu einer lokalen Eutrophierung kam. Dementsprechend kamen in diesen Strukturen keine Magerkeitszeiger vor (Tabelle A1/1-11).

Auch auf den von **Gesteins- und Erdmaterial aufgebauten Sonderstrukturen** (Trockenmauern, Steinhaufen, Kies-, Stein-, Erdhaufen) wurden erste Gehölzarten nachgewiesen, wenn auch mit geringer Stetigkeit und Abundanz (Tabelle A1/12-35). Die niedrigste Anzahl an Nanophanerophyten und Phanerophyten war auf den Kieshaufen zu verzeichnen (Abb. 5d). Für diesen Strukturtyp wurde im Mittel die höchste Artenzahl (Abb. 5a) und die höchste Anzahl an Therophyten, also meist einjährigen Pflanzenarten nachgewiesen (Abb. 5c). Die Kieshaufen waren lediglich schütter bewachsen, was den Ansprüchen von Pionierarten entspricht. Aufgrund der großen Fläche der Kieshaufen ergab sich trotz der hohen mittleren absoluten Artenzahl (Abb. 5a) allerdings der niedrigste Wert für die Artenzahl pro Fläche im Vergleich aller Sonderstrukturen (Abb. 5b). Obwohl Kieshaufen sehr vegetationsarm und die Erdhaufen dichter bewachsen waren, zeigten diese beiden Strukturtypen hohe Ähnlichkeiten zueinander: Mit Ausnahme der Vorkommen von Therophyten auf den Kiesflächen gab es eine hohe Übereinstimmung in der Artenzusammensetzung (Tabelle A1/14-15 und 32-35). Darüber hinaus wiesen beide die geringsten Vorkommen von Nanophanerophyten und Phanerophyten (Abb. 5d) sowie die niedrigsten Stickstoffzahlen und vergleichbar niedrige Feuchte- und Reaktionszahlen (Abb. 6b- d) auf. Die für die von Gesteins- und Erdmaterial aufgebauten Sonderstrukturen festgestellte verzögerte Besiedlung mit Gehölzarten kann auf wärmere (Abb. 6a) und trockenere (Abb. 6b) Standortbedingungen sowie vermutlich geringere Humusgehalte in den Substraten zurückgeführt werden. Die aus Kies, Schotter oder Steinen aufgebauten Strukturtypen verfügen über große Porenvolumen und bei geringen Humusgehalten führt dies zu einer geringen Wasserhaltekapazität und damit zu trockenen Böden. Im Verlauf der Zeit werden u. a. mit zunehmenden Humusgehalten die Keimungs- und Wuchsbedingungen für Gehölze zukünftig günstiger werden und diese in ihrem Deckungsanteil zunehmen (z. B. Lorenz et al. 2009). Dies kann mittelfristig zu einer Beschattung der Bodenoberfläche führen, wodurch diese Strukturen ihre Funktion als Lebensraum für wärmebedürftige Tier- und Pflanzenarten (vgl. Meyer et al. 2011a) zunehmend verlieren können. Im Untersuchungsjahr konnten auf diesen Sonderstrukturen einige wärmebedürftige Tierarten nachgewiesen werden (Glaser et al. 2025b). So kamen an Steinhaufen u. a. Haus-Feldwespe (*Polistes dominula*) und Mauer-Zebraspringspinne (*Salticus scenicus*) sowie an Trockenmauern Zauneidechse (*Lacerta agilis*) und Gebänderte Bodenspringspinne (*Phlegra fasciata*) vor. Die zur Umgebung erhöhte Steinhaufen (ca. 1,25 m, s. Tabelle 2) sowie die Trockenmauern wurden darüber hinaus von Steinschmätzern (*Oenanthe oenanthe*) und anderen Vogelarten als Sitzwarten genutzt (s. Glaser et al. 2025b).

Der Vergleich der Strukturtypen bezüglich der **Zeigerwerte** ergab, dass die aus Gehölzmaterial aufgebauten Benjeshecken und Totholzhäufen die höchsten Werte für die Stickstoff- und Feuchtezahlen aufwiesen (Abb. 6b,d). Das aufgehäuften Totholzmaterial schirmt den Boden gegenüber direkter Sonneneinstrahlung ab was, ebenso wie die Reduktion der Windgeschwindigkeit im Inneren der Gehölzstrukturen, vermutlich die Verdunstung von Wasser aus dem Boden reduziert. Insgesamt entstehen so Bedingungen, die die Zersetzung des Gehölzmaterials (vgl. Kahl 2008; Müller-Using & Bartsch 2007) und damit die Akkumulation von Nährstoffen im Boden begünstigen (vgl. Reif & Achtziger 2000). Von allen Strukturtypen wiesen die Erdhaufen im Mittel die niedrigsten Werte für die Bodenfeuchte (Abb. 6b) und die Stickstoffverfügbarkeit auf (Abb. 6d). Auch die vorgefundene Vegetation deutet darauf hin (Tabelle A1/32-25), dass das Substrat, aus dem die „Erd“haufen aufgebaut sind, relativ humusarm und damit nährstoffarm war und eine geringe Wasserspeicherkapazität aufweist. Im Vergleich zu den Erdhaufen wiesen die in der unmittelbaren Nachbarschaft liegenden Schotterhaufen ähnliche Temperaturzahlen und etwas höhere Werte der Feuchte- und Stickstoffzahlen auf (Abb. 6). Die groben, dunklen Schotterstücke führen zu einer höheren Wasserdurchlässigkeit und stärkeren Verdunstung, was die geringe Feuchtezahl erklärt. Im Vergleich zu den aus ähnlichem Material aufgebauten Kieshaufen kann die Morphologie und topografische Lage Ursache für Unterschiede in den Ellenberg-Zeigerwerten der Erdhügel und Schotterhaufen sein. So waren die Schotterhaufen konisch aufgeschüttet (Abb. 2f), wohingegen die Kieshaufen eine breitere und flachere Struktur aufwiesen (Abb. 2d). Durch die flachere Ausprägung der Kieshaufen verlief die Einwanderung von Pflanzen aus den umgebenden Flächen möglicherweise rascher als bei den steiler geschütteten Schotterhaufen. Topografisch lagen die Schotterhaufen zudem an Hängen, wohingegen die Kieshaufen auf flachen Bereichen angetroffen wurden (Abb. 1a). Dies könnte dazu führen, dass im Bereich der Schotterhaufen vermehrt Erosionserscheinungen auftreten, die eine Besiedlung erschweren, wobei die Hanglage zusätzlich den Wasserabfluss begünstigt. Dieser spiegelt sich u. a. auch in der niedrigeren Feuchtezahl der Schotter- und Erdhaufen im Vergleich

zu den Kieshaufen wider (Abb. 6b). Diese Bedingungen gelten auch für die Steinhaufen, bei denen sich aufgrund der Größe der einzelnen Steine zahlreiche Hohlräume und Lücken bilden, die Wasser gut abführen können, wodurch es zu vergleichbar niedrigen Feuchtezahlen wie bei Kies- und Schotterhaufen kommt (Abb. 6b). Des Weiteren bieten die Hohlräume und Lücken Schatten und Schutz für die Vegetation und Rückzugsorte für Tierarten, die kühle und feuchte Bedingungen bevorzugen wie beispielsweise Garten-Schnirkelschnecke (*Cepaea hortensis*) oder Hain-Schnirkelschnecke (*Cepaea nemoralis*), die 2024 an diesen Sonderstrukturen nachgewiesen wurden (Glaser et al. 2025b).

Nach den vorliegenden Ergebnissen haben die für die Anlage der Sonderstrukturen verwendeten Materialien (Totholz oder Gesteinsmaterial) einen bedeutenden Einfluss auf die Standorteigenschaften und damit auf das Vorkommen bestimmter Pflanzenarten und die Artenvielfalt. Es konnte gezeigt werden, dass 22,4 % der in dem von Glaser et al. (2025b) untersuchten Gebiet vorkommenden Pflanzenarten nur in den Sonderstrukturen vorkamen (Abb. 7). Somit tragen die untersuchten Sonderstrukturen bereits nach wenigen Jahren ihrer Anlage erheblich zur Pflanzenvielfalt im Gebiet der naturschutzfachlichen Ausgleichsflächen der Bergbaufolgelandschaft bei. Hinzu kommen zahlreiche positive Effekte der Sonderstrukturen für Tierarten, die diese als Rückzugs-, Nahrungs- und Nistplätze nutzen (vgl. Meyer et al. 2011a; b; Hupke 2020; Rossier et al. 2021), wodurch die Biodiversität insgesamt gefördert wird.

6. Summary

This study analyzes the occurrence of plant species on special ecological structures such as Benjes hedges, stone and deadwood piles and dry-stone walls in a post-mining landscape in the Ronneburg/Kauern area (Thuringia). The seven types of special structures studied were between 3 and 5 years old and were created on an area that was formerly covered by a uranium mining waste dump. The field surveys were carried out in May 2024 as part of the Biotope and Landscape Management module (Master's degree course in Geoecology) of the TU Bergakademie Freiberg. The occurrence of all higher plant species on the 35 special structures examined was recorded and their height and extent were measured. A total of 91 plant species were recorded on the special structures. Overall, the Benjes hedges and deadwood piles made of woody material had higher Ellenberg moisture and nitrogen values than the dry-stone walls, stone, gravel and earth piles made of rock material. The average absolute number of species was highest in the Benjes hedges and gravel piles and lowest in the deadwood piles, although the latter had the highest number of species per m². The number and abundance of shrub and tree species was highest in the Benjes hedges and deadwood piles. Woody species were also found on the structures built from rock material, albeit with low frequency and abundance. Only on these structures plants indicating low nitrogen contents could be found. In comparison to the surrounding landscape, 41 plant species were found exclusively on the special structures, which corresponds to 22,4 % of all species recorded in the entire study area. In addition to woody species, these included some nutrient indicating plants and wild herbaceous ornamental plants, which were found especially in the Benjes hedges. Overall, the results show that the material from which the special structures are built and their size have a significant influence on vegetation development and species composition. The special structures established represent a structural enrichment of the landscape and in some cases provide an exclusive habitat for a wide variety of species, so that the structures as a whole make a valuable contribution to the promotion of biodiversity and structural diversity in the post-mining landscape.

Danksagung

Wir möchten uns ganz herzlich bei Christian und Götz-Hagen Oeser vom Ingenieurbüro Oeser (Frankenberg) für die Anregung zu diesen Analysen, für die äußerst interessanten Exkursionen im Gebiet und für die vielen fachlichen Informationen bedanken. Darüber hinaus gilt unser besonderer Dank der Wismut GmbH (Ronneburg) die uns ermöglichte, die Freilandbefragungen durchzuführen.

7. Literatur

- Baumbach, H., Säger, H. & Heinze, M. (Hrsg.) (2013): Bergbaufolgelandschaften Deutschlands: geobotanische Aspekte und Rekultivierung. Weissdorn-Verlag, Jena.
- Benjes, H. (1998): Die Vernetzung von Lebensräumen mit Benjeshecken. 5. Aufl, Natur & Umwelt-Verlag, Bonn.
- Bergbauverein Ronneburg e.V. (o.D.): Zeittafel. URL: <https://www.bergbauverein-ronneburg.de/index.php/uran-bergbau/zeittafel> (letzter Zugriff: 29.03.2025).
- David, W. (2020): Lebensraum Totholz: Gestaltung und Naturschutz im Garten. 4. Aufl., Pala Verlag, Darmstadt.
- Durka, W. & Ackermann, W. (1993): SORT - Ein Computerprogramm zur Bearbeitung von floristischen und faunistischen Artentabellen. Natur und Landschaft 68: 16-21.
- Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht; 6. Aufl, Ulmer, Stuttgart.
- Gatzweiler, R., Paul, M., Fegler, H.-J. & Schulze, G. (1997): Geologie, Bergbau und Sanierung des Ostthüringer Uranerzbergbaureviere. In: Lütznert, H.; Seidel, G. (Hrsg.) (1997): Regionale Geologie von Mitteleuropa - Exkursionsführer. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft 3: 239-264.

- Glaser, K., Oeser, C., Oeser, G.-H., Achtziger, R. & Richert, E. (2025a): Editorial zum Sonderband „Ökologische Untersuchungen auf naturschutzfachlichen Ausgleichsflächen des Uranbergbaus bei Ronneburg“. *Freiberg Ecology online* 14: 1-3.
- Glaser, K., Bergmann, M., Dietze, P., Kirschner, L., König, L., Salzwedel, H., Scheuermann, E., Zappek, N., Richert, E. & Achtziger, R. (2025b): Untersuchungen zur Biotop-typenausstattung und zur Biodiversität von Pflanzen, Vögeln und weiteren Tiergruppen auf naturschutz-fachlichen Ausgleichsflächen in der Bergbau-folge-landschaft bei Ronneburg (Landkreis Greiz, Thüringen). *Freiberg Ecology online* 14: 4-37.
- Hupke, K.-D. (2020): *Naturschutz: Eine kritische Einführung*. Springer, Berlin Heidelberg.
- Jäger, E.J., Müller, F., Ritz, C.M., Welk, E. & Wesche, K. (2013): *Exkursionsflora von Deutschland: Gefäßpflanzen Atlasband*. 12. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Imprint, Heidelberg.
- Kahl, T. (2008): Kohlenstofftransport aus dem Totholz in den Boden. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Brsg. URL: https://freidok.uni-freiburg.de/files/5522/GPH2WchattxM3VZ/Dissertation_Tiemo_Kahl_2008.pdf (letzter Zugriff 31.03.2025).
- Lorenz, A., Tischew, S. & Mahn, E.-G. (2009): Analyse der Sukzessionsdynamik spontan entwickelter Wälder auf Kippenflächen der ehemaligen ostdeutschen Braunkohlengruben als Grundlage für Renaturierungskonzepte. *Forstarchiv* 80: 151-162.
- Mäder, P., Boho, D., Rzanny, M., Seeland, M., Wittich, H.C., et al. (2021): The Flora Incognita app – Interactive plant species identification. *Methods in Ecology and Evolution* 12: 1335-1342. DOI: 10.1111/2041-210X.13611.
- Meyer, A., Dušej, G., Monney, J.-C., Billing, H., Mermod, M., Jucker, K. & Bocey, M. (2011a): Praxismerkblatt Kleinstrukturen Steinhaufen und Steinwälle. URL: https://www.info-fauna.ch/sites/default/files/files/publications/praxismerkblatt_steinhaufen.pdf (letzte Einsicht 31.03.2025).
- Meyer, A., Dušej, G., Monney, J.-C., Billing, H., Mermod, M., Jucker, K. & Bovey, M. (2011b): Praxismerkblatt Kleinstrukturen Holzhaufen und Holzbeigen. https://www.infofauna.ch/sites/default/files/files/publications/praxismerkblatt_holzhaufen.pdf (letzte Einsicht 31.03.2025).
- Müller-Using, S. & Bartsch, N. (2007): Totholz im Elementhaushalt eines Buchenbestandes. *Forstarchiv* 78: 12-23.
- Reif, A. & Achtziger, R. (2000): XI-2.2 Gebüsch, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze (Strauchformationen). In: Böcker, R., Hampicke, U. & Konold, W. (Hrsg.): *Handbuch Natur-schutz und Landschaftspflege*. 3. Erg. Lfg. 11/00. ecomed-Verlag, Landsberg: 1-38.
- Reif, A. & Achtziger, R. (2001): Landschaftspflege in verschiedenen Lebensräumen: XIII-7.2 Gebüsch, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze. In: Böcker, R., Hampicke, U. & Konold, W. (Hrsg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. 6. Erg. Lfg. 10/01. ecomed-Verlag, Landsberg, S. 1-20.
- Rossier, L., Roth, O. & Humbert, J.-Y. (2021): Ast- und Steinhaufen – und wer davon profitieren könnte - Eine Literaturstudie zu ihrer Bedeutung für Wiesel, Amphibien und Reptilien. *Abteilung Conservation Biology der Universität Bern*: 32. URL: https://www.cb.iew.unibe.ch/unibe/portal/fak_naturwis/d_dbio/b_ioekv/abt_cb/content/e58880/e539328/e807315/e1058109/Rossieretal2021Ast-undSteinhaufen_EineLiteraturstudie_eng.pdf (letzte Einsicht 31.03.2025)
- Sänger, H. (2013): Uranerzbergbau. In: Baumbach, H.; Sänger, H.; Heinze, M. (Hrsg.) (2013): *Bergbau-folgelandschaften Deutschlands: geobotanische Aspekte und Rekultivierung*: S. 372-437.
- Sänger, H. (2016): Broschüre Wismut-Sanierung – Land-schaften erhalten und gestalten. Untersuchungen zur Biodiversität auf ausgewählten Bergbaufolgef-lächen. URL: <https://www.wismut.de/de/download.php?download=4047> (letzte Einsicht 31.03.2025).
- Spohn, M., Golte-Bechtle, M. & Spohn, R. (2021): Was blüht denn da? das Original. 60. Aufl., Kosmos, Stuttgart.
- Suck, R., Bushart, M., Hofmann, G. & Schröder Lothar (2014): Karte der potentiellen natürlichen Vegetation Deutschlands. 1: Grundeinheiten: unter Verwendung von Ergebnissen aus dem F + E-Vorhaben FKZ 3508 82 0400. BfN-Skripten 348.
- TLUBN (Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz) (2021): Rote Listen Thüringens, Gefährdungs-analyse der Roten Listen 2021 - Excel Datei. URL: <https://tlubn.thueringen.de/naturschutz/rote-listen> (letzter Zugriff: 05.08.2024).
- Townsend, C.R., Begon, M. & Harper, J.L. (2009): *Ökologie*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Tschäppler, S. & Haslinger, A. (2021): *Natur braucht Stadt: Berner Praxishandbuch Biodiversität*. 1. Aufl., Bern.
- Wismut GmbH (Hrsg.) (2013): *Umweltbericht, Ausgabe 2013*. URL: <https://www.wismut.de/de/downloads/umweltbericht2013.pdf> (letzter Zugriff 31.03.2025).
- Wismut GmbH (o. D.): *Der Tagebau Lichtenberg*. URL: https://www.wismut.de/de/nl-ronneburg_tagebau-lichtenberg.php (letzter Zugriff: 05.08.2024).

Autorinnen und Autoren:

Kirschner, Leon: E-Mail: Leon.Kirschner@t-online.de

Zappek, Noah: E-Mail: noza@tutaimail.com

Glaser, Karin; Richert, Elke; Achtziger, Roland: TU Bergakademie Freiberg, Institut für Biowissenschaften, AG Biologie / Ökologie, Lessingstraße 45, 09599 Freiberg, E-Mail: karin.glaser@ioez.tu-freiberg.de, elke.richert@tu-freiberg.de, roland.achtziger@tu-freiberg.de.

8. Anhang

Tabelle A1: Vegetationstabelle sortiert nach den Typen der Sonderstrukturen.

Table A1: Vegetation table sorted according to the structure type.

Spalte/column 1-5: T – Totholzhaufen/deadwood pile
 Spalte/column 6-11: B – Benjeshecken/Benjes hedges
 Spalte/column 12-13: M – Trockenmauern/dry stone wall
 Spalte/column 14-15: K – Kieshaufen/gravel pile
 Spalte/columns 16-27: S – Steinhaufen/stone pile
 Spalte/column 28-31: C – Schotterhaufen/gravel pile
 Spalte/column 32-35: E – Erdhaufen/earth pile

St = Stetigkeit (absolut) / frequency (absolute); Ellenberg-Zeigerwerte für / Ellenberg indicator values for: F = Feuchte / moisture, R = Bodenreaktion / soil reaction, N = Stickstoff / nitrogen; mittlere gewichtete Ellenberg-Zeigerwerte (mX) für / Ellenberg indicator values (X) and mean weighted Ellenberg indicator values (mX) for: mT = Temperatur / temperature, mF = Feuchte / moisture, mR = Bodenreaktion / soil reaction, mN = Stickstoff / nitrogen; L = Lebensformen / life forms: N = Nanophanerophyt / nanophanerophyte, P = Phanerophyt / phanerophyte, G = Geophyt / geophyte, H = Hemikryptophyt / hemikryptophyte, T = Therophyt / therophyte; * = Arten, die nur in den Sonderstrukturen vorkamen / species which were only recorded in special structures.

Spalten-Nummer	11	11	11	111122222222	2233	3333
Aufnahmenummer	123456	78901	23 45	678901234567	8901	2345
Artzahl	SS SSS			SSSS S S	SSSS	SSSS
mT	00S111	SSSSS	SS SS	2112SS2SS1SS	0102	0012
mF	990000	00222	01 01	411411401111	5683	5863
mR	AB7CAB	21012	43 32	AABC54B68C79	BBBB	AAAA
mN	1	123	1 12 1	1 11 1	1 1111	111
	279468	85166	73 50	899444068664	7310	3238
	555555	55555	65 55	555555655555	5555	6555
	892204	55475	08 98	748775064477	8988	0797
	455555	54555	55 45	5544444444544	5444	4444
	975503	78806	05 61	115695670049	5946	7445
	666666	66766	86 76	677666766667	6666	6767
	673800	05088	09 07	860845005883	3575	4050
	766666	66654	46 45	655565564555	6556	4445
	056913	46978	80 91	366620408417	2120	7874
Typ Sonderstruktur	TTTTTT	BBBBB	MM KK	SSSSSSSSSSSS	CCCC	EEEE
Wissenschaftlicher Artname	F	R	N	L	St	
nur in Gehölzstrukturen nachgewiesene Arten						
<i>Urtica dioica</i> *	6	7	9	H	7	33.3.. .233. 1.
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.*					H	2 .2... .1.
<i>Glechoma hederacea</i> *	6	x	7	G	2	. . . . . 3 .1.
<i>Artemisia vulgaris</i>	6	x	8	H	2	. . . . . 11.
<i>Galeopsis pubescens</i> *	5	x	6	T	2	. . . . . 12.
<i>Cardamine hirsuta</i> *	5	5	7	T	2	. . . . . 1.2.
<i>Agrimonia procera</i> *	5	6	4	H	2	. . . . . 1..1.
nur an Trockenmauern und auf Kieshaufen nachgewiesene Arten						
<i>Geranium robertianum</i> *	x	x	7	T	3	. . . . . 1. 1. 1.
<i>Phragmites australis</i>	10	7	7	G	3	. . . . . 2. .1 .1
<i>Bromus hordeaceus</i> agg.	x	x	3	T	1	. . . . . 1.
<i>Rumex obtusifolius</i>	6	x	9	H	1	. . . . . 2.
<i>Fragaria moschata</i> *	5	6	6	H	1	. . . . . 1.
nur auf aus Gesteins- und Erdmaterial aufgebauten Strukturen nachgewiesen						
<i>Festuca ovina</i> agg.					15	. . . . . 22 1..1.11.2..1 2124 22.2
<i>Trifolium dubium</i>	4	6	4	T	7	. . . . . 11 2. 3441
<i>Vicia sativa</i>	x	x	x	T	5	. . . . . 1. .1. 1. 11..
<i>Pilosella piloselloides</i>	4	8	2	H	7	. . . . . 11 1.2. .11
<i>Holcus lanatus</i>	6	x	5	H	6	. . . . . 11 .1 2..1. 1
<i>Erigeron canadensis</i> *	4	x	5	T	4	. . . . . 1. 1. 2 .1.
<i>Cyanus segetum</i> *	x	x	x	T	3	. . . . . 1. 1. 2.2.
<i>Festuca rubra</i>	6	6	x	H	1	. . . . . 2.

Spalten-Nummer						11	11	11	111122222222	2233	3333	
Typ	123456	78901	23	45	678901234567	8901	2345					
Wissenschaftlicher Artname	F	R	N	L	St	TTTTTT	BBBBB	MM	KK	SSSSSSSSSSSS	CCCC	EEEE
Nicht auf Totholzhaufen nachgewiesen												
Picris hieracioides	4	8	4	H	20	.....	..1.3	.2	12	112112..11.2	.23.	3323
Daucus carota	4	x	4	H	18	.....	..112	.2	33	.1322.1..2..	.21.	3332
Vicia tetrasperma	5	5	5	T	14	.....	....1	.1	.2	...112.1....	2221	2.21
Solidago canadensis	x	x	6	H	13	.....	.21..	11	.1	2..2...1.11	2...	1.1.
Poa trivialis	7	x	7	H	9	.....	...11	.1	11	1...1.....	.1..	1...
Tussilago farfara	6	8	x	G	8	.....	..12.	..	22	.3.....1	....	12..
Bromus sterilis	4	x	5	T	8	.....	...1.	..	11	...2.2.....	.1.3	.2..
Dactylis glomerata	5	x	6	H	6	.....	...1.	..	..	.12....1...1	....	..1.
Geum urbanum*	5	x	7	H	6	.....	.1.1.	..	..	1..12.....	..1.	....
Myosotis arvensis*	5	x	6	T	7	.....	...1.	1.	11	2..1..1.....	....	....
Lianen und Straucharten												
Rubus spec.					8	1..1.1	13.3.	..	..	...1.....	3...	....
Cornus spec.				N	5	.....	1211.	..	..	.1.....	....	....
Prunus spinosa	4	7	x	N	2	.....	.11..	..	..	.....	....	....
Rosa canina	4	x	x	N	2	1.....	.3...	..	..	.....	....	....
Crataegus spec.				N	2	.....	.2...	..	..	.....	..1	....
Rubus idaeus*	x	x	6	N	1	.1...	.....	..	..	.....	....	....
Sambucus nigra*	5	x	9	N	1	.....1	.....	..	..	.....	....	....
Euonymus europaeus*	5	8	5	N	1	.....	...1.	..	..	.....	....	....
Humulus lupulus*	8	6	8	H	1	.2....	.....	..	..	.....	....	....
Baumarten												
Acer pseudoplatanus	6	x	7	P	11	.....	211..	..	..	...1.....11	11.1	1.1.
Fraxinus excelsior*	x	7	7	P	8	.....	211..	..	..	1...1..1....	1..1	....
Betula pendula	x	x	x	P	6	.....	12...	..	..	.1..1..2...	....	..1.
Quercus robur	x	x	x	P	2	.....	11...	..	..	.....	....	....
Acer negundo*	6	7	7	P	2	.....	.1...	..	..	.....1..	....	....
Alnus glutinosa	9	6	x	P	3	.....	...2	..	..	.....	11..	....
Salix caprea	6	7	7	N	2	.....	.....	.2	.1	.....	....	....
Salix spec.				N	2	.....	.....	11	..	.....	....	....
Prunus avium*	5	7	5	P	2	.1...1	.....	..	..	.....	....	....
Robinia pseudoacacia	4	x	8	P	1	1.....	.....	..	..	.....	....	....
Sorbus aucuparia*	x	4	x	P	1	.....	1.....	..	..	.....	....	....
Picea abies	x	x	x	P	1	.....	...1.	..	..	.....	....	....
Populus tremula	5	x	x	P	1	.....	.....	..	..	...3.....	....	....
In allen Strukturtypen nachgewiesen												
Calamagrostis epigejos	x	x	6	G	19	...444	..331	..	21	..1.12..3433	..11	.1.2
Taraxacum officinale agg.				H	13	1.2.1.	..1..	..	1.	211...2....	2.12	...3
Tripleurospermum perforatum	x	6	6	T	12	211... ..11.	..	..	11221...1.1	....	....
Hypericum perforatum	4	6	4	H	12	12.1.1	.2.2.	..	.1	2..1.....2.	.1..	.1..
Epilobium spec.					11	1.....	..11.	.1	..	1.....21.1.1	1...	..1.
Lactuca serriola*	4	x	4	H	5	1.....	...2.	.1	..	..1...1....	....	....
Agrostis capillaris	x	4	4	H	6	.1.11	.....	..	.1	.....1....	....	1...
Galium album*	5	7	5	H	5	...1.	..1..	..	..	.....	21..	..2.
Cerastium holosteoides	5	x	5	C	8	.1... ..	.....	..	.1	...1..1....	1..	11.1
Tanacetum vulgare	5	8	5	H	5	.2....	.....	..	..	...2..3...1	.1.	....
Galium aparine	x	6	8	T	9	.1... ..1..	.1	..	..	...3.....11	1.21	....
Cirsium arvense	x	x	7	G	5	2.2... ..2..	..	..	..	.....2....	1...	....
Cirsium vulgare	5	7	8	H	7	...11	.....	..	..	2.211.....	....	.1..
Arrhenatherum elatius	x	7	7	H	5	.4... ..	.....	..	.1	...2.....	....	.21.

Außerdem kamen vor:

Rumex crispus S07_T:1, S21_B:1, S24A_S:1; Stellaria media* S09A_T:1, S24A_S:1; Poa pratensis S09A_T:1, S05B_C:1; Leucanthemum ircutianum S21_B:1, S16A_E:1; Alliaria petiolate* S20_B:1; Aquilegia vulgaris* S21_B:1; Ranunculus repens* S21_B:1; Ranunculus acris S21_B:1; Heracleum sphondylium* S20_B:1; Festuca pallens* S21_B:2; Chelidonium majus* S21_B:2; Aegopodium podagraria* S21_B:1; Allium schoenoprasum* S21_B:1; Polygonatum odoratum* S21_B:1; Eranthis hyemalis* S21_B:1; Iris spec.* S21_B:1; Senecio vulgaris S12_K:1; Vulpia myuros S03_K:1; Valerianella locusta S05B_C:2; Chenopodium spec.* S10A_T:1; Barbarea vulgaris* S05B_C:1; Cynoglossum officinale* S16B_C:1; Atriplex patula* S19_S:1; Achillea millefolium S24A_S:1; Hieracium lachenalii S18_S:1.

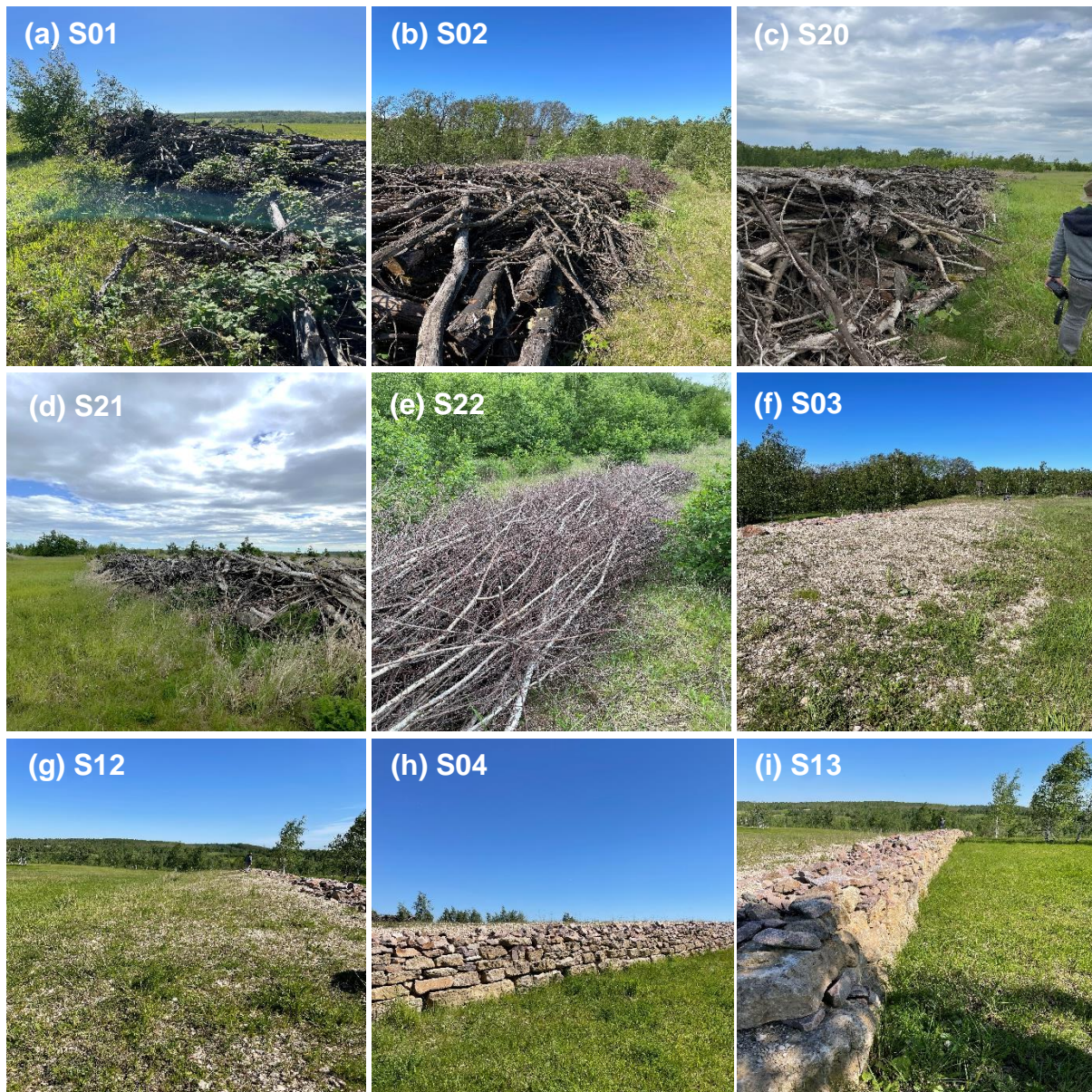


Abb. A1: Beispiele für Benjeshecken (a-e), Kieshaufen (f, g) und Trockenmauern (h, i) mit ihren Aufnahmeummern (vgl. Abb. 1, Tabelle A1) (Fotos: L. Kirschner).

Fig. A1: Examples of Benjes hedges (a-e), gravel piles (f, g) and dry stone walls (h, i) with the plot numbers (see Fig. 1, Table A1) (photos: L. Kirschner).



Abb. A2: Beispiele für Steinhaufen (a-h), Erdhügel und Schotterhaufen (i) unter Angabe ihrer Aufnahmeummer (s. Abb. 1) (Fotos: L. Kirschner).

Fig. A2: Examples of stone piles (a-h), earth heap and gravel pile (i) with their plot numbers (see Fig. 1) (photos: L. Kirschner).

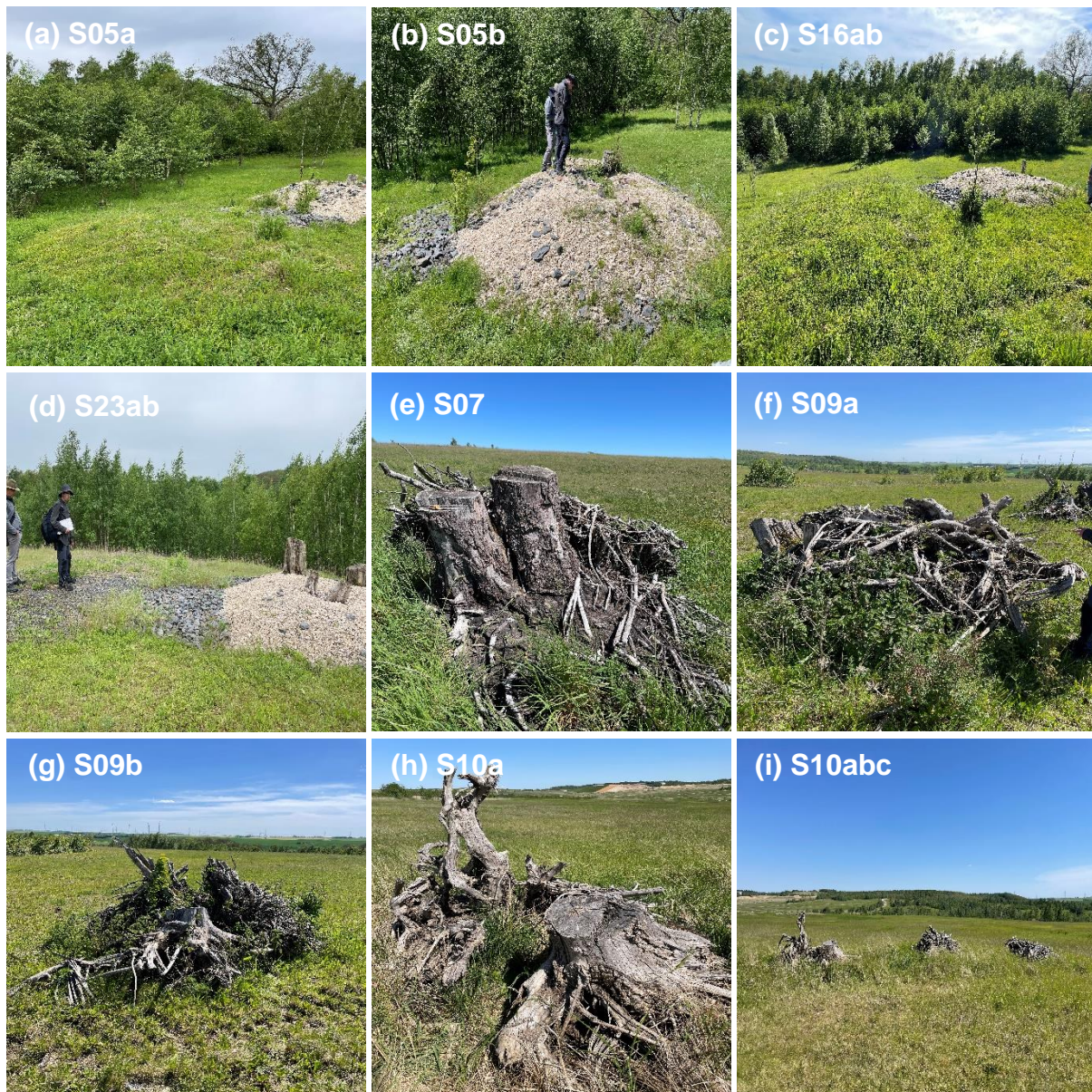


Abb. A3: Beispiele für Erdhügel und Schotterhaufen (a-d) sowie Totholzhaufen (e-i) unter Angabe ihrer Aufnahmeummern (s. Abb. 1) (Fotos: L. Kirschner).

Fig. A3: Examples of earth heaps and gravel piles (a-d) as well as dead wood piles (e-i) with their plot numbers (see Fig. 1) (photos: L. Kirschner).