

Standortökologie und phytozönologische Bindung der beiden Adventivarten *Gypsophila perfoliata* und *G. scorzonerifolia* (Caryophyllaceae) in Zentraldeutschland

Anett SOMMERWERK, Monika PARTZSCH, Karsten WESCHE und Isabell HENSEN

6 Abbildungen und 7 Tabellen

ABSTRACT

SOMMERWERK, A.; PARTZSCH, M.; WESCHE, K.; HENSEN, I.: Site conditions and association of the two adventive species *Gypsophila perfoliata* and *G. scorzonerifolia* (Caryophyllaceae) in central Germany. – Hercynia N.F. 38 (2005): 263–286.

Gypsophila perfoliata and *G. scorzonerifolia* are two neophytes originating from the continental parts of eastern Europe and western Asia. The first records in Central Germany were made in 1870 and 1925 respectively whereas in the western part of Germany neither species was found earlier than 1992. Both species colonize potash-mine dumps that are characterised by high contents of different salts (chloride, sulphates, and carbonate). In order to analyse the vegetation structure and the soil parameters of sites occupied by both *Gypsophila*-species, we investigated 33 locations on potash-mine dumps in three different Federal States of Germany.

G. perfoliata was occasionally found in the Spergulario-Puccinellietum distantis on sites with formerly high concentration of sodium chloride. As a result of leaching soils are often free of chloride-ions, but still characterized by a high concentration of sulphates and carbonates. A more or less sparse but species-rich community of the Dauco-Melilotion central association was found on these locations. *Calamagrostis epigejos* can become dominant forming an own community. A *Rubus*-community was found as well but only in one place. The two *Gypsophila*-species can occur both separately and together in these four plant communities. Both species did not show significant differences in their community-ecological behaviour. They prefer open plant communities without high competition pressure.

The plant communities in which both *Gypsophila*-species were found are parts of a succession series. The succession direction depends on the kind of further use of the potash-mine dumps.

Recently, the communities of the Dauco-Melilotion in which *G. perfoliata* and *G. scorzonerifolia* occur have become increasingly common and widespread along railway lines and roadsides. Here they can find potential sites for colonisation thus continuing their spreading.

Key words: *Gypsophila perfoliata*, *Gypsophila scorzonerifolia*, salt-tolerant neophytes, adventive species, plant communities, soil parameters

1 EINLEITUNG

Hinsichtlich der Bewertung der Biodiversität von Regionen müssen heute zwei gegenläufige Trends berücksichtigt werden: Zum einen werden Arten immer seltener und sind zunehmend vom Aussterben bedroht (GASTON 1994), zum anderen treten aber auch neue Arten auf, deren Verbreitung meist durch die Ausweitung von Welthandel und Tourismus begünstigt wird (WEBER 2000). Während es sich bei den im Rückgang begriffenen Arten meist um Sippen handelt, die eine geringe ökologische Amplitude aufweisen (vgl. DITTBRENNER et al. 2005), reagieren Arten mit zunehmender Verbreitung hinsichtlich ihrer Standortsansprüche meist sehr variabel. Dabei besiedeln diese oft neophytischen Arten zunächst gestörte

Landschaftsräume, wohingegen ihr Eindringen in intakte, naturnahe Pflanzengesellschaften eher selten ist oder längere Zeiträume in Anspruch nimmt (vgl. PARTZSCH et MAHN 2001).

Spontan einwandernde Pflanzenarten siedeln sich meist zuerst auf Sonderstandorten an. Solche Sonderstandorte sind zum einen in ihrer flächenmäßigen Ausdehnung beschränkt, zum anderen sind sie stark voneinander isoliert und weisen meist Zusammensetzungen von Arten bzw. Pflanzengesellschaften auf, die im naturnahen Umland nicht oder kaum zu finden sind. Kalihalden, die infolge von Bohrungen nach Steinsalz entstanden, zeichnen sich durch einen hohen Gehalt an Natriumchlorid aus und werden deshalb auch als sekundäre, anthropogen entstandene Binnensalzstellen bezeichnet. Zusammen mit den primären, natürlichen Binnensalzstellen und den Küstenstandorten werden sie durch ein übergreifendes Inventar an Halophyten geprägt. Unter diesen haben einige gefährdete Arten, wie z.B. *Apium graveolens*, *Bupleurum tenuissimum* und *Plantago maritima*, auf den sekundären Salzstellen einen neuen Lebensraum gefunden (BRANDES 1994, van ELSEN 1997, GARVE 1999b, GARVE et GARVE 2000).

Einige Arten, die in neuerer Zeit Kalihalden besiedelt haben, sind für die entsprechenden Bundesländer Erstnachweise (GUDER et al. 1998, GARVE 1999 a, GARVE et GARVE 2000). Zu diesen neu eingebürgerten Arten gehören *Gypsophila perfoliata* und *G. scorzonerifolia*, die in den neuen Bundesländern seit 1870 bzw. 1925 bekannt sind und auch außerhalb von Kalihalden (z.B. an Bahnanlagen, Straßenrändern und Deponien) anzutreffen sind. Erst seit 1992 sind die beiden Arten auch in den alten Bundesländern zu beobachten, wo sie ausschließlich an Kalihalden wachsen. Ihre Ausbreitungstendenz in Deutschland scheint noch anzuhalten (FRANK et KLOTZ 1990, GARVE et GARVE 2000).

Aufgrund der ungewöhnlichen Verbreitungsgeschichte beider *Gypsophila*-Arten bestand das Ziel dieser Arbeit darin, ihre standörtlichen Ansprüche sowie phytozönologische Einbindung zu untersuchen. Hierzu wurden zunächst die Biologie sowie das ursprüngliche Verbreitungsgebiet recherchiert. Bodenanalytische Untersuchungen dokumentierten die standörtlichen Bedingungen, und vegetationskundliche Analysen dienten der Charakterisierung der Pflanzengesellschaften, in denen die Arten getrennt oder auch gemeinsam vorkommen. Mit Hilfe von Ordinationen wurde überprüft, ob und inwieweit sich die beiden Arten in ihren ökologischen Ansprüchen unterscheiden.

2 UNTERSUCHUNGSGEBIETE

2.1 Geschichtliche Entwicklung

Im Jahr 1843 wurde in der Nähe von Staßfurt bei Bohrungen nach Steinsalz (Natriumchlorid) das erste Kalilager entdeckt (HAUSKE et al. 1990). Die Verwertung der Kalisalze war zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt. Wenige Jahre später beobachtete Justus von Liebig, dass eine Düngung mit Mineralsalzen eine Verbesserung des Nährstoffhaushaltes und eine Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge mit sich brachte (GARVE et GARVE 2000), und somit gewannen Kalisalze bald an Bedeutung. Daraufhin entstand 1861 in Staßfurt die weltweit erste Fabrik zur Kaliumchloridherstellung für Düngzwecke und industrielle Produkte (z.B. Schmierseifen, Blutlaugensalze, Pottasche). In kürzester Zeit kam es im Staßfurter Raum sowie in anderen deutschen Gebieten zur Gründung einer Vielzahl von weiteren Kaliwerken. Bis zum 1. Weltkrieg besaß Deutschland ein weltweites Monopol für Kalisalze (HAUSKE et al. 1990). Ab den 1930er Jahren wurden in anderen Ländern, z.B. in Spanien, in den USA und in der damaligen UdSSR, weitere Kalilager entdeckt und abgebaut. Die Monopolstellung Deutschlands ging verloren und führte zur Schließung zahlreicher Kaliwerke (HAUSKE et al. 1990); gegenwärtig produzieren in Deutschland nur noch 6 dieser Anlagen (GARVE et GARVE 2000). Die Kali-Rückstandshalden rückten in den letzten Jahren verstärkt ins Interesse von Botanikern, da seit Beginn der 1990iger Jahre eine starke Ausbreitung von Halophyten zu beobachten ist (VAN ELSEN et SCHMEISKY 1990, ELLERMANN et KAISER 1994, ELLERMANN et al. 1995, VAN ELSEN 1997, GUDER et al. 1998, WESTHUS et WESTHUS 1998, GARVE 1999 a, b, JOHN et al. 2000).

2.2 Lage

Die 33 Untersuchungsgebiete liegen in den Bundesländern Hessen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Die genauen Ortschafts- und Haldenbezeichnungen sowie der Zeitpunkt der Entstehung der Haldenstandorte sind in Tab. 1 zusammengestellt. Dieser kann man entnehmen, dass die Vorkommen beider Arten nach wie vor einer gewissen Dynamik unterliegen. Da beide *Gypsophila*-Arten in der Vergangenheit für die Begrünung von Halden verwendet wurden (M. Stolle, Institut für Bodenkunde, Halle/Saale, mündl. Mittl.), stellten wir in jedem Fall sicher, dass die Population natürlichen Ursprungs ist.

Tab. 1: Übersicht über die Untersuchungsgebiete und die Vorkommen von *Gypsophila perfoliata* und *G. scorzonerifolia*; Veränderungen zwischen 2000 und 2003 im Fettdruck hervorgehoben.

Nr.	Bundesland	Untersuchungsgebiet		Entstehung* ¹	2000* ⁴		2003* ³	
		Ortschaft	Halde		G. per.	G. sco.	G. per.	G. sco.
1	Hessen	Heimboldshausen	„Hera“, Haldenfuß	1913	x	X	x	-
2	S.-Anhalt	Alleringersleben	Haldenfuß	1908	x	x	x	-
3	S.-Anhalt	Alleringersleben	Hang	1908	x	x	-	x
4	S.-Anhalt	Belsdorf	Haldenfuß	1914	x	x	x	x
5	S.-Anhalt	Bernburg	Halde bei Latdorf, Kuppe	1890	-	x	-	x
6	S.-Anhalt	Bernburg	Halde bei Latdorf, Hang	1890	-	x	-	x
7	S.-Anhalt	Köchstedt	„Salzteich bei Köchstedt“, Ebene	k. A.	-		x	-
8	S.-Anhalt	Löderburg	„Kippteichhalde“, Fuß	bis 1894	-	x	-	x
9	S.-Anhalt	Löderburg	„Kippteichhalde“, Hang	bis 1894	-	x	-	x
10	S.-Anhalt	Löderburg	„Kippteichhalde“, roter Boden	bis 1894	-	x	-	x
11	S.-Anhalt	Löderburg	„Kippteichhalde“, weißer Boden	bis 1894	-	x	-	x
12	S.-Anhalt	Neu-Staßfurt	„Gifthalde“, Hang	1877	-	x	-	x
13	S.-Anhalt	Staßfurt	Bahnanlage, Hang	1861	-	x	-	x
14	S.-Anhalt	Staßfurt	„Leopoldshall“, Ebene	1863	-	x	-	x
15	S.-Anhalt	Staßfurt	Salzstrasse, Hang	1861	-	x	-	x
16	S.-Anhalt	Teutschenthal-Bhf.	Krügershall“, Ebene	1903	x	-	x	-
17	S.-Anhalt	Teutschenthal-Bhf.	„Krügershall“, Haldenfuß	1903	x	-	x	-
18	S.-Anhalt	Teutschenthal-Bhf.	„Krügershall“, Weg	1903	x	-	x	-
19	S.-Anhalt	Trotha	Aschehalde, Ebene	1982* ²	-	-	x	-
20	S.-Anhalt	Wansleben	„Ernstshall“, Haldenfuß	1901	x	x	x	x
21	S.-Anhalt	Wansleben	„Ernstshall“, Weg	1901	x	x	x	-
22	S.-Anhalt	Wansleben	„Ernstshall“, Wiese	1901	x	x	x	-
23	S.-Anhalt	Wefensleben	Haldenfuß	1913	x	-	x	-
24	S.-Anhalt	Zaschwitz	„Johannashall“	1895-1906	-	X	-	-
25	Thüringen	Bleicherode	Halde	1902	X	X	-	-
26	Thüringen	Hämbach	Halde, Ebene	k. A.	-	-	-	X
27	Thüringen	Neubleicherode	Südhalde, Kuppe	1913	-	x	-	x
28	Thüringen	Roßleben	Südhalde Ostseite	1895-1906	-	x	-	x
29	Thüringen	Roßleben	Südhalde Südseite	1895-1906	-	x	-	x
30	Thüringen	Sollstedt	Halde	1906	X	X	-	-
31	Thüringen	Sondershausen	„Glück auf“, Haldenfuß	1896	-	-	-	X
32	Thüringen	Unterbreizbach	„Hattorf“, Haldenfuß	1913	x	-	X	X
33	Thüringen	Wolkramshausen	„Ludwigshall“, Hang	k. A.	-	x	-	x

*¹ = Entstehung nach HAUSKE et al. (1990); *² = Entstehung nach MACHULLA et al. (1995)

*³ = nach eigenen Untersuchungen (2003); *⁴ = nach GARVE et GARVE (2000)

2.3 Klima

Das Klima im Zentrum von Deutschland wird geprägt durch den Übergang zwischen atlantischem und kontinentalem Witterungsgeschehen, mit einem Maximum des jährlichen Niederschlags im Sommer; ein sekundäres Maximum ist für den Winter typisch. Der Januar ist der kälteste Monat, der Juni der wärmste.

Die Untersuchungsgebiete in Sachsen-Anhalt liegen im Mitteldeutschen Trockengebiet, das durch die Regenschattenlage des Harzes gekennzeichnet ist. Die Niederschlagsmengen pro Jahr betragen zwischen 450 und 550 mm (langjähriges Mittel: 472 mm), und die Jahresmitteltemperaturen liegen zwischen 8,5 und 9,5 °C (langjähriges Mittel: 9,2 °C; Minimum: Januar: 0 °C, Maximum: Juli: 18,3 °C; DÖRING 2004). In den Untersuchungsgebieten in Hessen und Thüringen sind die Niederschlagsmengen mit durchschnittlich 600 bis 900 mm pro Jahr deutlich höher und die Jahresmitteltemperaturen um ca. 1 °C geringer. Während in Sachsen-Anhalt durchschnittlich 30 bis 45 Sommertage und 70 bis 90 Frosttage im Jahr gezählt werden, sind es in Thüringen und Hessen ca. 20 bis 30 Sommertage und 80 bis 110 Frosttage.

3 BIOLOGIE UND VERBREITUNG DER BEIDEN *GYPSOPHILA* -ARTEN

3.1 *Gypsophila perfoliata* L. - Durchwachsenblättriges Gipskraut

(Synonyme: *G. trichotoma* WEND.; *G. scorzonerifolia* auct. non SER.)

3.1.1 Biologie

Bei *G. perfoliata* handelt es sich um einen gelblichgrünen, sommergrünen, *plurienn-pollakanthen* Hemikryptophyten mit einer Wuchshöhe von 30–80 cm, der zunächst mehrere Jahre vegetativ wächst, *ehe er in die generative Phase eintritt*. Die Hauptwurzel kann sich zu einer Rübe verdicken und dient der Speicherung. Von der Basis an verzweigt sich die Art mit mehr oder weniger spreizenden Ästen. Die Sprossachse ist im unteren Bereich dicht drüsenhaarig, im oberen Bereich unbehaart und drüsenson. Die Blätter sind oval oder länglich-lanzettlich, 2–5mal so lang wie breit, 3–7nervig, am Rand und unterseits auf dem Mittelnerv drüsenhaarig und können spitz oder stumpf zulaufen. Die unteren Blätter sind stängelumfassend (ROTHMALER et al. 2002). KLOTZ et al. (2002) bezeichnen die Blätter als sukkulent. Die Jahrestriebe sterben im Winter ab (FLORA EUROPAEA 1964, www.floraweb.de).

Die Blüten besitzen einen Durchmesser von 5 mm. Der Blütenstiel wird 4–15 mm lang und ist drüsenson. Die Kronblätter sind unterseits kräftig purpurlila, oberseits heller und meist abgerundet. Der kahle Kelch ist 2–2,5 mm lang und hat stumpfe ovale Zähne. Die Blütezeit liegt zwischen Juni und September. Die Blüten sind hermaphroditisch, und es liegt Dichogamie vor (Proterandrie; KLOTZ et al. 2002). Da eine zeitliche Überlappung beider Funktionen möglich ist, kann dies zu Selbstbestäubung führen (KLOTZ et al. 2002).

3.1.2 Verbreitung

Das Verbreitungsgebiet von *G. perfoliata* umfasst zum einen Südosteuropa, wo sie von Bulgarien bis Ostrussland, im Kaukasus (Armenien) und in Kasachstan vorkommt. Natürliche Areale hat die Art darüber hinaus in Westasien (FLORA EUROPAEA 1964, SCHNEDLER 1977, ROTHMALER et al. 2002; Abb. 1), z.B. im Iran (RECHINGER 1988), Irak (RECHINGER 1964), Syrien (POST et DINSMORE 1932) und in der Türkei (DAVIS 1988). Zu ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet zählt außerdem Zentralasien, insbesondere China (CHANGLIN TANG 1996). Die Art gehört nach ROTHMALER et al. (2002) in die submeridionale bis meridionale Florenzone; KLOTZ et al. (2002) ordnen sie der temperaten Zone zu. Als Ozeanitätsstufe wird eukontinental angegeben (extremes Festlandklima; ROTHMALER et al. 1996, KLOTZ et al. 2002).

Gypsophila perfoliata gehört zu den Adventivpflanzen Mitteleuropas. In Deutschland konnte die Art erstmals 1925 nachgewiesen werden. Der Neophyt ist nach KLOTZ et al. (2002) als ein „Begleiter“ in Deutschland eingewandert, vermutlich unabsichtlich durch menschliche Transport- oder Wirtschaftsweisen. Nach ihrem Einbürgerungsgrad gehört *G. perfoliata* zu den Epökophyten (KLOTZ et al. 2002), die in der aktuellen, vom Menschen stark geprägten Vegetation zu finden sind, nicht aber in der natürlichen oder naturnahen Vegetation. Als Standorte beschreiben ROTHMALER et al. (2002) „(mäßig) frische, oft verdichtete Ruderalstellen“ wie Wegränder, Schuttplätze, Halden- und Bahngelände, aber auch feuchte Salzwiesen, und gliedern die Art soziologisch in die Ordnung der *Glauco-Puccinellietalia* Westh. et Beeft. 1962 und in den Verband der *Dauco-Melilotion* Görs 1966 ein.

Im Gebiet der ehemaligen DDR ist *G. perfoliata* schon seit einigen Jahrzehnten aus dem mitteldeutschen Industriegebiet bekannt (GARVE et GARVE 2000). Die Art kommt vor allem auf den Halden der Braunkohlenstangebae vor (RAUSCHERT 1977, www.bbg.hrz.hs-anhalt.de), wird aber auch an Bahnlinien, auf Chemie- und Aschehalden, Schutthaufen und Kiesgruben (RAUSCHERT 1977, 1979, 1980) und an offenen Stellen wie z.B. an Straßenrändern in Halle-Neustadt angetroffen (KLOTZ 1980, GROSSE 1981). Seit den 1990er Jahren sind auch Vorkommen in Brandenburg (FISCHER 1993, KUMMER 1994) und Thüringen (GARVE et GARVE 2000) bekannt. Im Jahre 1995 konnte *G. perfoliata* erstmals auf Halden in Allerdingersleben und Wefensleben gefunden werden (GUDER et al. 1998). Da alle genannten Standorte stark anthropogen beeinflusst sind, wird die Art den Hemerobiestufen α -euhemerob bis polyhemerob zugeordnet (KLOTZ et al. 2002). Erst Anfang der 1990iger Jahre traf *G. perfoliata* in Westdeutschland ein. Der Erstnachweis für dieses Gebiet erfolgte an einer Kalihalde in Niedersachsen; später wurden Standorte auf Kalihalden in Hessen dokumentiert (ELLERMANN et KAISER 1994, MAHN 1997, GARVE 1999 a, b, GARVE et GARVE 2000). Auch in den baltischen Staaten gehört *G. perfoliata* zur Adventivflora (FLORA EUROPAEA 1964); sie ist in Estland seit 1993 anzutreffen (www.envir.ee). In der Ukraine tritt sie lokal im Stadtgebiet von Kiew auf (www.urbanhabitats.org). Das Areal von *G. perfoliata* hat sich bis in die USA (Staat Connecticut) ausgeweitet.

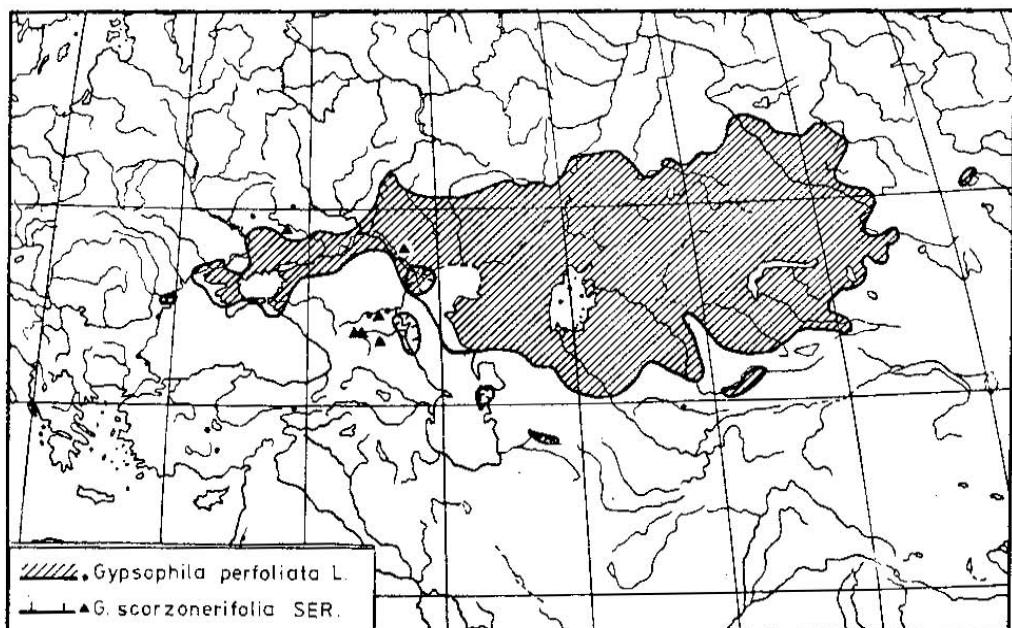


Abb. 1 Arealkarte von *Gypsophila perfoliata* und *G. scorzonerifolia* (Quelle: RAUSCHERT 1977)

3.2 *Gypsophila scorzonerifolia* SER. em. SCHISCHK. - Schwarzwurzelblättriges Gipskraut

(Synonyme: *G. acutifolia* auct. non STEVEN ex SPRENG.; *G. perfoliata* L. var. *angustifolia* FRENZL; *G. trichotoma* WEND. var. *glabra* FRENZL; *G. sabulosa* STEV.)

3.2.1 Biologie

Gypsophila scorzonerifolia ist ein sommergrüner ***plurienn-pollakanther*** Hemikryptophyt, der eine Höhe von bis zu 1,8 m erreicht. Die Hauptwurzel kann sich zu einer Rübe verdicken und dient der Speicherung. Die Art verzweigt sich vorwiegend apikal, und die Äste sind aufrecht und abstehend. Die Sprossachse ist im unteren Teil kahl. Im Blütenstandsbereich, besonders an den Blütenstielen und Kelchen, ist sie drüsenhaarig. Die sukkulenten (KLOTZ et al. 2002) Blätter sind kahl, lanzettlich, von blaugrüner Farbe, 5–10mal so lang wie breit, lang zugespitzt und am Grund verschmälert (FLORA EUROPAEA 1964, ROTHMALER et al. 2002, www.floraweb.de). Die Jahrestriebe sterben im Winter ab.

Die Blüten haben einen Durchmesser von etwa 10 mm und blühen zwischen Juni und September. Die Kronblätter sind unterseits kräftig hellrosa, oberseits fast weiß und deutlich ausgerandet. Der Kelch ist (2,5) 3–4 mm lang. Die Blüten sind, wie auch bei *G. perfoliata*, hermaphroditisch und selbstkompatibel (KLOTZ et al. 2002). Sie werden hauptsächlich von Insekten bestäubt, wobei es beim Ausbleiben der Blütenbesucher zu Selbstbestäubung kommen kann.

3.2.2 Verbreitung

Das natürliche Verbreitungsgebiet von *G. scorzonerifolia* (Abb. 1) ist Westasien (KLOTZ et al. 2002), wo sie im Südosten Russlands und in der östlichen Ukraine vorkommt (FLORA EUROPAEA 1964). Sie gehört nach ROTHMALER et al. (2002) in die submeridionale Florenzone, während KLOTZ et al. (2002) sie der temperaten Zone zuordnen. Als Ozeanitätsstufe wird eukontinental angegeben (ROTHMALER et al. 1996, KLOTZ et al. 2002). *Gypsophila scorzonerifolia* gehört wie *G. perfoliata* zu den Adventivpflanzen Mitteleuropas. In Deutschland konnte die Art 1870 erstmals bei Beesenlaublingen (Lkrs. Bernburg/Sachsen-Anhalt) nachgewiesen werden (RAUSCHERT 1977). SCHWEN (in EBERT 1929) schreibt über die *Gypsophila*-Art in Beesenlaublingen: „Ursprünglich angepflanzt im herrschaftlichen Garten zu Helmsdorf. Von da Pflänzchen um 1870 auf ein Grab des Gottesacker von Beesenlaublingen versetzt, von dort abgebrochene Aeste durch den Wind auf die Ränder des nebenan liegenden Gipsbruches geführt, ohne Menschenhand hier ausgesät, aber den richtigen Boden im Gips gefunden.“ Daraus lässt sich schließen, dass *G. scorzonerifolia* ursprünglich als Zierpflanze eingeführt wurde und dann verwilderte (HÖCK 1905). Nach ihrem Einbürgerungsgrad beurteilt, gehört auch *G. scorzonerifolia* zu den Epökophyten (KLOTZ et al. 2002). Als Standorte beschreibt ROTHMALER et al. (2002) „(mäßig) frische Ruderalstellen“ wie Schuttplätze, Kippen- und Haldengelände, aber auch Bahnanlagen. Die Art wird soziologisch in den Verband der Dauco-Melilotion Görs 1966 (Steinkleefluren) eingeordnet.

Im deutschsprachigen Raum wurde diese Art mehrfach als *G. acutifolia* fehlbestimmt. Nach RAUSCHERT (1977) und SCHNEIDER (1977) gelangte die Art um 1926 auf salzhaltige Rückstandshalden bei Staßfurt (EBERT 1929, RAUSCHERT 1977, GARVE et GARVE 2000), und ist seither mehrfach auf anderen Haldengeländen im östlichen Teil Deutschlands aufgetaucht (RAUSCHERT 1977, 1979, AURICH et al. 1986, www.bbg.hrz.hsh-anhalt.de, BECKER 1934, GUTTE 1964, RAUSCHERT 1977, 1979, VOIGT 1979, WÜNSCHMANN 1979, GROSSE 1981, KLOTZ 1984, VOLKMANN 1990, GARVE et GARVE 2000, JOHN et al. 2000). Seit den 1990er Jahren ist eine Ausbreitung nach Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg zu beobachten (HOLST 1990, FISCHER 1993).

Im Gebiet der alten Bundesländer war *G. scorzonerifolia*, genau wie *G. perfoliata*, bis 1992 unbekannt. Hier siedelt sie inzwischen in Niedersachsen und Hessen, allerdings ausschließlich auf Kalihalden (MAHN 1997, GARVE et GARVE 2000). Auch in der Tschechischen Republik (FLORA EUROPAEA 1964, PYŠEK et al. 2002) und in Mittelrussland (<http://herba.msu.ru/>) gilt sie als „neueingebürgert“. In Niederösterreich ist

sie schon seit etwa 100 Jahren bekannt (HÖCK 1900, HEGI 1979, MELZER et BARTA 1991). Mittlerweile ist die Art auch in Nordamerika eingebürgert, wo sie in den USA und in den kanadischen Provinzen Alberta (www.cd.gov.ab.ca) und British Columbia (www.geog.ubc.ca) vorkommt.

4 METHODEN

4.1 Vegetationsanalysen

Als Untersuchungsgebiete wurden Kalihalden in Sachsen-Anhalt, Thüringen und Hessen ausgewählt, für die GARVE et GARVE (2000) Vorkommen von *G. perfoliata* oder *G. scorzonerifolia* belegten. Zusätzlich wurden eine Aschehalde in Halle-Trotha mit einem Vorkommen von *G. perfoliata* sowie ein Standort am ehemaligen Betonwerk in Köchstedt mit *G. perfoliata* einbezogen. Der letztgenannte Fundort steht in direktem Kontakt zur Rückstandshalde „Ost“ des Kaliwerkes „Krügershall“ in Teutschenthal-Bahnhof, die an einem salzhaltigen Abflussbach des Werkes liegt, der als „Salzteich bei Köchstedt“ bezeichnet wird (JOHN 2000).

Da in der Vergangenheit Haldenflächen unter anderem mit *Gypsophila*-Arten begrünt worden sind (M. Stolle, Halle/Saale, mündl. Mittl.), war es für unsere Untersuchungen wichtig, dass auf den Flächen *Gypsophila* nicht direkt aus Ansäften stammt. Eine Ausnahme bildet hier jedoch die Halde bei Bernburg/Latdorf mit einer Versuchsfläche im östlichen Teil, auf der *G. scorzonerifolia* ausgesät worden war. Für unsere Untersuchungen wählten wir deshalb eine Fläche im westlichen Teil dieser Halde aus.

Für die Vegetationsaufnahmen wurden zufällig ausgewählte Flächen innerhalb der *Gypsophila*-Bestände mit einer Flächengröße von jeweils 25 m² genutzt und deren Artenzusammensetzung mit Hilfe der LONDO-Skala (LONDO 1976) dokumentiert. Die Untersuchungsflächen befanden sich immer auf Kalihalden, am Haldenfuß oder waren von diesem nicht weiter als 50 m entfernt. Die Nomenklatur der Pflanzenarten folgt ROTHMALER et al. (2002). Die synsystematische Einordnung der Pflanzengesellschaften richtet sich nach SCHUBERT et al. (2001). Für die Bestimmung der floristischen Ähnlichkeit der Pflanzengesellschaften wurde der Gemeinschaftskoeffizient (Sörensen-Index) nach folgender Formel berechnet:

$$CC = 2a/(2a+b+c) * 100\%$$

a = Anzahl der gemeinsamen Arten

b = Anzahl der Arten, die nur in der einen Gesellschaft vorkommen

c = Anzahl der Arten, die nur in der anderen Gesellschaft vorkommen

4.2 Bodenanalysen

In allen vegetationskundlichen Aufnahmeflächen wurden Bodenproben entnommen, die Bodenmischproben von mindestens 25 Einstichen entsprachen. Das gesammelte Bodenmaterial stammte aus den oberen 10 Bodenzentimetern; eine ggf. vorhandene Streuschicht wurde entfernt. In den Bodenproben wurde der Restwassergehalt bestimmt und das übrige Material anschließend luftgetrocknet und gesiebt (2 mm). Dieses diente für alle weiterführenden Untersuchungen: 1. pH-Wert (elektrometrisch), 2. Leitfähigkeit, 3. Karbonatgehalt (gasvolumetrisch mittels „Scheibler-Apparatur“), 4. Chloridgehalt (Titration mit Silbernitrat), 5. Sulfatgehalt (mittels „ISD-JY 70 Plus“ der Firma Jobin Yvon – Division d’Instruments (im Institut für Bodenkunde, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) und 6. Gehalt an pflanzenverfügbaren Kationen (Kalzium, Kalium, Magnesium, Natrium; Ammoniumchloridaufschluss, Atom-Absorptionsspektrometer AAS). Die Einstufung der Bodenreaktion erfolgte mit Hilfe der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, GEOLOGISCHE LANDESÄMTER IN DER BRD 1996).

4.3 Statistische Analysen

Die Vegetationsaufnahmen wurden einer multivariaten Analyse mittels DCA unterzogen (Programm Canoco 4.5; TER BRAAK 2002) und die entsprechende Grafik mit „CanoDraw“ erstellt. Für weitere Untersuchungen wurden intervallskalierte, normalverteilte Parameter mit der Pearson Korrelationsanalyse sowie ordinal-skalierte Parameter mit der Spearman-Rang-Korrelationsanalyse getestet. Alle Berechnungen wurden mit „SPSS 10.0 für Windows“ (SPSS Inc. 1999) vorgenommen. Für die Prüfung von Mittelwertunterschieden wurde der Kruskal-Wallis-Test verwendet.

5 ERGEBNISSE

5.1 Phytozönologische Bindung

Die beiden *Gypsophila*-Arten konnten in vier Vegetationseinheiten nachgewiesen werden, in denen die Arten sowohl getrennt als auch gemeinsam auftraten (Tab. 2, im Anhang).

Klasse: Asteretea tripolii Westh. et Beeft. in Beeft. 1965 – Salzrasen und Salzwiesen
 Ord.: Glauco-Puccinellietalia Beeft. et Westh. 1962 – Salzwiesen
 Verb.: Puccinellion maritimae Christ. 1927 – Andelrasen
Spergulario-Puccinellietum distantis Feek. (1934) 1943 – **Schuppenmieren-Salzschwaden-Gesellschaft**

Diese Gesellschaft wurde als sehr lückiger Bestand nur einmal am Standort Teutschenthal-Bahnhof mit nur 6 Arten und einer Gesamtdeckung von ca. 40 % aufgenommen. Wichtige Charakterarten sind *Puccinellia distans* und *Aster tripolium*; *G. perfoliata* kam mit einer relativ hohen Deckung von 20 % vor.

Klasse: Artemisietea vulgaris Lohm. et al. ex v. Rochow 1952 em. Dengler 1997 – Eurosibirische ruderale Beifuß- und Distelgesellschaften
 Ord.: Onopordetalia acanthii Br.-Bl. et R. Tx. ex Klika et Hadač 1944 – Beifuß-, Kletten-, Natternkopf- und Distelgesellschaften
 Verb.: Dauco-Melilotion Görs ex Gutte 1972 – Möhren-Steinklee-Gesellschaften
Dauco-Melilotion-Zentralassoziation – Möhren-Steinklee-Zentralassoziation

Diese Gesellschaft wurde in den meisten Untersuchungsgebieten angetroffen und mit 23 Aufnahmen belegt. Die mittlere Gesamtdeckung betrug 72 %. Allerdings gab es bei den Gesamtdeckungen starke Schwankungen zwischen 15 und 100 %. Entsprechend unterschieden sich die Artenzahlen und lagen zwischen 3 und 22. Die durchschnittliche Artenzahl betrug 10,3. Als Charakterarten mit hohen Stetigkeitsklassen (IV und III) wurden *Picris hieracioides*, *Daucus carota* und *Achillea millefolium* gefunden. *Tanacetum vulgare* und *Melilotus alba*, die laut Literatur ebenfalls als Charakterarten gelten, traten mit der Stetigkeitsklasse II auf (Tab. 2, im Anhang). In der Dauco-Melilotion-Zentralassoziation waren sowohl *G. perfoliata* (in 8 Aufnahmen) als auch *G. scorzonerifolia* (in 18 Aufnahmen) vorhanden. Auf 3 Untersuchungsflächen traten die beiden Arten gemeinsam auf. Die mittleren Deckungen betragen 16 % für *G. perfoliata* und 22 % für *G. scorzonerifolia*.

Klasse: Artemisietea vulgaris Lohm. et al. ex v. Rochow 1952 em. Dengler 1997 – Eurosibirische ruderale Beifuß- und Distelgesellschaften
 Ord.: Agropyretalia repentis Oberd. et al. ex Th. Müller et Görs 1969 – Queckenrasen, ruderale Halbtrockenrasen
 Verb.: Convolvulo-Agropyrrion repentis Felf. 1943 – Ruderale Pionier- und Halbtrockenrasen
Calamagrostis epigejos-Gesellschaft – Landreitgras-Gesellschaft

Der *Calamagrostis epigejos*-Gesellschaft wurden 5 Aufnahmen zugeordnet. Hierbei handelt es sich um vergleichsweise hochwüchsige und dicht schließende Bestände, deren mittlere Gesamtdeckung 92 % und deren mittlere Artenzahl etwa 15 betrug. Auffällig war, dass sich das restliche Artenspektrum dieser Gesellschaft nicht wesentlich von der zuvor beschriebenen Gesellschaft unterschied (Tab. 2, im Anhang). *Picris hieracioides*, *Daucus carota* und *Achillea millefolium* kamen mit sehr hohen Stetigkeitsklassen (V und IV) vor, und auch *Tanacetum vulgare* und *Melilotus alba* waren regelmäßig anzutreffen (III; Tab. 2, im Anhang). Beide *Gypsophila*-Arten kamen vor, jedoch niemals gemeinsam. *Gypsophila perfoliata* hatte eine mittlere Deckung von 6 % und *G. scorzonerifolia* von 12 %.

Klasse: Rhamno-Prunetea spinosae Riv. Goday et Borja Carbonell 1961 ex R. Tx. 1962 –
Kreuzdorn-Schlehen-Gebüsche

Ord.: Prunetalia spinosae R. Tx. 1952 – Schlehen-Gebüsche

Verb.: Pruno-Rubion radulae H.E. Weber 1974 – Thermophile Brombeer-Gestrüppen

***Rubus* spec.-Gebüsche – Brombeer-Gebüsche**

Gypsophila perfoliata wurde ein einziges Mal in einem *Rubus*-Gebüsche angetroffen. Die Gesamtdeckung des Bestandes betrug 97 %, die Artenzahl 19. *Gypsophila perfoliata* hatte in dieser Untersuchungsfläche eine Deckung von 6 %.

Der Vergleich des Arteninventars der vier Gesellschaften (Tab. 3) zeigt, dass die höchste floristische Ähnlichkeit mit 64,3 % zwischen den Beständen der Dauco-Melilotion-Zentralassoziation und der *Calamagrostis epigejos*-Gesellschaft besteht. Das Spergulario-Puccinellietum hat nur wenige Arten mit den drei anderen Gesellschaften gemeinsam (Gemeinschaftskoeffizienten < 20 %). Das *Rubus*-Gebüsche weist die größte floristische Ähnlichkeit mit der *Calamagrostis epigejos*-Gesellschaft auf (40,6 %); die Ähnlichkeit zu der Dauco-Melilotion-Zentralassoziation liegt etwas darunter (37,7 %).

Tab. 3 Gemeinschaftskoeffizienten (gemittelte Werte) der vier Gesellschaften (in %)

	Spergulario-Puccinellietum	Dauco-Melilotion-ZA	<i>Calamagrostis</i> -Gesellschaft	<i>Rubus</i> -Gebüsche
Spergulario-Puccinellietum	100	-	-	-
Dauco-Melilotion-ZA	13,3	100	-	-
<i>Calamagrostis</i> -Gesellschaft	19,2	64,3	100	-
<i>Rubus</i> -Gebüsche	16,7	37,7	40,6	100

5.2 Standortökologische Untersuchungen

5.2.1 Bodenparameter der untersuchten Standorte

Die gemessenen Einzelwerte für die Bodenparameter der untersuchten Standorte variieren sehr stark (Tab. 4). Die pH-Werte liegen zwischen 6,6 und 9,1; die der Leitfähigkeit zwischen 0,3 mS/cm und 18,7 mS/cm. Alle Standorte sind durch das Vorhandensein einer mehr oder weniger hohen Konzentration an löslichen/extrahierbaren Na^+ -Ionen (0,01 bis 7,71 g/kg Boden) und K^+ -Ionen (0,03 und 3,2 g/kg) gekennzeichnet. Auch der Gehalt an Ca^{2+} -Ionen (0,37 bis 6,16 g/kg Boden) und Mg^{2+} -Ionen (0,01 bis 6,5 g/kg Boden) streut über einen weiten Bereich. Hinsichtlich des Karbonats (0,2–67,1 %) wurde knapp ein Viertel der Halden als „karbonatfrei“ bis „schwach karbonathaltig“ und etwa die Hälfte als „stark“ bis „sehr stark karbonathaltig“ eingestuft. Der prozentuale Chloridgehalt der Böden war hingegen gering; während auf ca. zwei Dritteln der Standorte gar kein Chlorid nachweisbar war, lag er auf den übrigen Standorten zwischen 0,1 und 1,2 %. Dafür war der Gehalt an SO_4^{2-} -Ionen mit Werten bis zu 16,28 g pro kg Boden vergleichsweise hoch.

Tab. 4 Messwerte der Bodenparameter der untersuchten Standorte

Probenentnahme	Leitfähigkeit	pH-Wert	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
	bei 25,5 °C [mS/cm]	bei 25,5 °C	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[%]	[%]	[g/kg]
Heimboldshausen	8,57	7,70	4,33	0,06	1,86	0,09	1,5	0,3	16,28
Hämbach	2,24	7,30	0,02	0,06	2,86	0,01	3,1	0,1	12,36
Neubleicherode	2,18	7,39	0,03	0,16	3,88	0,14	16,8	0,0	10,31
Roßleben „Südhalde-Ost“	4,37	7,43	0,21	3,00	2,42	0,21	0,5	0,0	11,55
Roßleben „Südhalde-Süd“	1,99	7,25	0,37	0,23	1,91	0,19	5,9	0,0	5,37
Sondershausen	18,66	6,55	7,71	0,92	1,21	1,16	0,3	1,2	12,59
Unterbreizbach	0,45	8,12	0,02	0,20	1,24	0,41	28,1	0,0	0,58
Wolkramshausen	2,27	7,04	0,02	0,03	2,66	0,01	0,6	0,0	11,94
Alleringersleben „Hang“	0,58	8,91	0,01	0,08	0,37	3,43	33,5	0,0	0,21
Alleringersleben „Haldenfuß“	0,25	7,97	0,03	0,33	1,52	0,45	12,5	0,0	0,12
Belsdorf	3,23	7,43	0,44	0,04	2,60	0,03	0,3	0,0	13,54
Bernburg „Hang“	10,19	7,47	1,71	1,12	6,16	0,37	62,4	1,1	1,63
Bernburg „Haldenkuppe“	3,05	7,82	0,69	2,28	4,32	0,24	67,1	0,3	0,46
Köchstedt	0,25	7,55	0,01	0,15	1,71	0,07	3,9	0,0	0,17
Löderburg „Haldenfuß“	7,18	8,26	0,35	0,34	2,24	0,19	2,8	0,0	13,34
Löderburg „Hang“	2,88	7,92	0,29	0,23	3,18	0,36	16,8	0,0	12,91
Löderburg „roter Boden“	1,73	7,59	1,11	3,22	2,12	0,57	18,0	0,3	5,24
Löderburg „weißer Boden“	5,83	8,27	0,38	0,51	2,16	0,41	7,2	0,0	11,48
Neustadt	2,65	7,99	0,02	0,22	1,84	0,11	8,8	0,0	11,23
Staßfurt „Bahn“	0,45	7,60	0,71	0,04	2,84	0,07	4,2	0,1	0,52
Staßfurt „Leopoldshall“	2,38	7,59	0,04	0,10	1,16	0,06	13,6	0,0	11,01
Staßfurt „Salzstrasse“	2,11	7,88	0,09	1,05	2,36	0,35	13,0	0,1	11,16
Teutschenthal „Ebene“	11,52	9,06	0,51	0,29	2,56	6,47	21,3	0,4	15,36
Teutschenthal „Haldenfuß“	2,61	7,57	0,42	0,06	2,40	0,05	4,0	0,1	10,09
Teutschenthal „Wegrand“	0,34	7,95	0,06	0,18	1,43	0,19	9,1	0,0	0,21
Trotha	0,50	6,98	0,04	0,28	3,14	0,22	0,9	0,0	0,46
Wansleben „Haldenfuß“	3,64	7,68	0,04	0,19	2,42	0,37	0,2	0,0	13,29
Wansleben „Wegrand“	0,97	7,78	0,03	0,12	1,43	0,18	3,1	0,0	1,13
Wansleben „Wiese“	0,26	7,68	0,02	0,31	2,16	0,11	5,1	0,0	0,08
Wefensleben	7,93	7,43	3,98	0,21	2,34	0,04	4,6	0,6	9,41

5.2.2 Bodenparameter der untersuchten Gesellschaften

Hinsichtlich der standortökologischen Charakterisierung der Gesellschaften fällt auf, dass im Spergulario-Puccinellietum (Tab. 5) sehr hohe Leitfähigkeiten und Karbonatgehalte auftraten. Der pH-Wert war mit 9,1 der höchste, der insgesamt in den Untersuchungsflächen gemessen wurde. Die Kationen- und Sulfat-Ionenkonzentrationen waren „erhöht“ oder „hoch“.

Die Bestände der Dauco-Melilotion-Zentralassoziation und der *Calamagrostis epigejos*-Gesellschaft unterschieden sich in ihren Bodenparametern nur wenig voneinander (Tab. 5). Die pH-Werte lagen im „schwach alkalischen“ bis „sehr schwach alkalischen“ Bereich. Obwohl die Leitfähigkeit „schwach“ war, waren auch die Gehalte an den basischen Kationen Na^+ , K^+ , Ca^{2+} und Mg^{2+} meist „hoch“ bzw. „erhöht“. Der Gehalt an Sulfat-Ionen war im Vergleich zum Spergulario-Puccinellietum zwar deutlich geringer, lag aber immer noch im „hohen“ Bereich. Der prozentuale Gehalt an Karbonat wies auf „stark karbonathaltige“ Böden hin, wohingegen der Gehalt an Chlorid gegen Null ging.

Im *Rubus*-Gebüsch war die Leitfähigkeit deutlich niedriger als in den anderen Gesellschaften. Der pH-Wert lag im „schwach alkalischen“ Bereich. Die Konzentrationen von Na^+ - und Mg^{2+} -Ionen lagen im „mittleren“, die der K^+ - und Ca^{2+} -Ionen im „erhöhten“ bzw. im „hohen“ Bereich. Der Standort war aufgrund des hohen prozentualen Karbonatgehaltes als „stark karbonathaltig“ zu bewerten. Im Gegensatz zu den übrigen Gesellschaften war der Gehalt an Sulfat-Ionen nur „gering“.

Tab. 5 Gemittelte Bodenparameter der einzelnen Gesellschaften (Mediane; IQB = Interquartilbereich)

	Spergulario-Puccinellietum (1 Aufnahme)	Dauco-Melilotion-ZA (23 Aufnahmen, Mediane)		Calamagrostis-Gesellschaft (5 Aufnahmen, Mediane)		Rubus-Gebüsch (1 Aufnahme)
			IQB		IQB	
Leitfähigkeit [mS/cm]	11,52 stark	2,27 schwach	0,54-4,01	2,61 schwach	1,99-2,65	0,26 unbedeutend
pH-Wert	9,06 mittel alkalisch	7,60 schwach alkalisch	7,43-7,94	7,43 sehr schwach alkalisch	7,25-7,57	7,68 schwach alkalisch
Na^+ [g/kg]	0,51 erhöht	0,09 erhöht	0,03-0,57	0,37 erhöht	0,03-0,42	0,02 mittel
K^+ [g/kg]	0,29 erhöht	0,20 mittel	0,09-0,72	0,21 erhöht	0,12-0,22	0,31 erhöht
Ca^{2+} [g/kg]	2,56 hoch	2,36 hoch	1,62-2,85	1,91 hoch	1,84-2,34	2,16 hoch
Mg^{2+} [g/kg]	6,47 hoch	0,22 erhöht	0,08-0,39	0,11 mittel	0,05-0,18	0,11 mittel
CO_3^{2-} [%]	21,30 sehr stark karbonathaltig	7,20 stark karbonathaltig	1,19-16,8	5,28 stark karbonathaltig	4,0-5,9	5,10 stark karbonathaltig
Cl^- [%]	0,40	0,00	0-0,1	0,14	0-0,1	0,00
SO_4^{2-} [g/kg]	15,36 hoch	11,01 hoch	0,49-12,48	9,41 hoch	5,37-10,09	0,075 gering

5.3 Zusammenhang zwischen Vegetations- und Standortparametern

Die in Abb. 2 dargestellten Ergebnisse einer DCA, die auf Gesamtdeckungswerten beruht, machen deutlich, dass das *Spergulario-Puccinellietum* und das *Rubus*-Gebüsch wenig floristische Ähnlichkeit haben. Beide Aufnahmen stehen allerdings nicht völlig isoliert, sondern sind im Randbereich der *Dauco-Melilotion-Zentralassoziation* angesiedelt. Die Aufnahmen dieser Gesellschaft wiederum liegen im Ordinationsdiagramm weit gestreut, und die Bestände der *Calamagrostis*-Gesellschaft überlagern sich mit diesen in der unteren linken Ecke. Der „Length of gradient“ ist 3,4 s.d. (s.d. = Standardabweichung), d.h., es ist kein vollständiger Artenturnover im Datensatz vorhanden. Der Eigenvalue der 1. Achse beträgt 0,546. Dadurch wird die Varianz des Datenmaterials auf der 1. Achse zu 25,6 % erklärt.

In den Abb. 2 bis 4 sind die Vektoren für jene Umweltparameter eingezeichnet, die einen maximalen Korrelationskoeffizienten $r^2 > 0,13$ besitzen. Dieser tabellarisch festgelegte Richtwert gilt für Statistiken mit einer Stichprobengröße von $n = 30$. Die Länge der von den Umweltdaten erzeugten Vektoren ist ein optisches Maß für die Höhe der Korrelation mit einer der drei Hauptachsen. Da die Abbildungen aber eine Transformation eines dreidimensionalen Raumes auf eine Ebene darstellen, können Vektoren im Vergleich zu anderen kürzer erscheinen, obwohl sie auf der dritten Achse eine höhere Korrelation besitzen. Die Korrelationskoeffizienten (Tab. 6) beschreiben den Grad der Korrelation der Vektoren mit den einzelnen Ordinationsachsen. Mit der ersten Achse korreliert die Gesamtdeckung am stärksten ($r^2 = 0,102$). Die höchsten Korrelationswerte von $r^2 = 0,275$ und 0,274 haben die Umweltparameter Leitfähigkeit und Magnesiumgehalt mit der zweiten Achse, mit der auch der pH-Wert, die Gesamtdeckung und der Sulfatgehalt stärker korrelieren. Auf der dritten Achse ist der r^2 -Wert 0,261 für den Kaliumgehalt am höchsten, diese erklärt jedoch mit einem Eigenvalue von 0,208 nur 1,3 % der Varianz des Datensatzes. Insgesamt betrachtet sind die Korrelationen der Umweltparameter eher schwach.

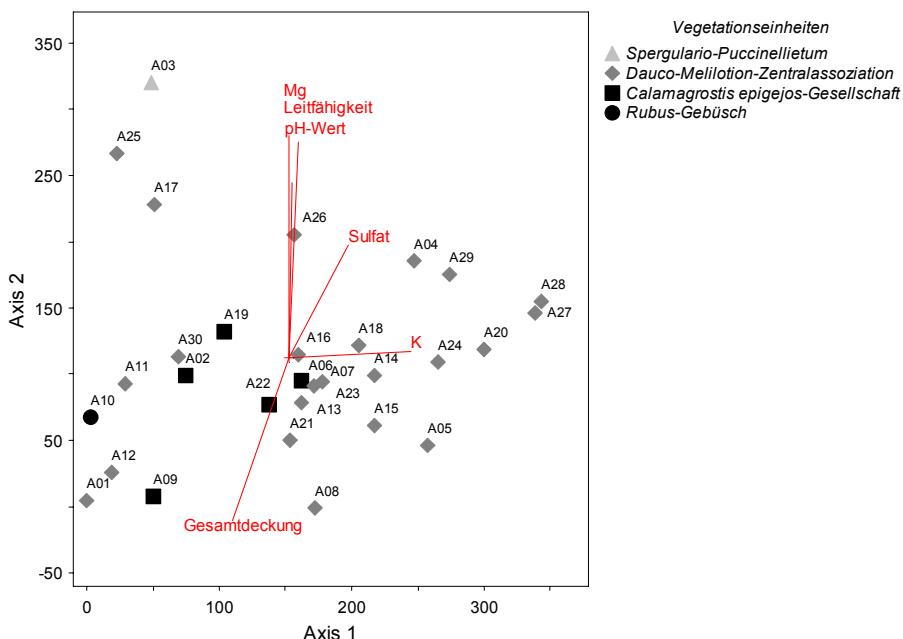


Abb. 2 DCA-Biplot von 30 Vegetationsaufnahmen; es werden nur die Vektoren der Umweltparameter gezeigt, die einen Korrelationskoeffizienten $r^2 > 0,13$ besitzen; Vektoren überhöht dargestellt (300 %); Achsenkalierung in multivariaten Standardabweichungen (%); log-transformierte Daten; seltene Arten herabgewichtet.

Tab. 6 Pearson Korrelationen der Umweltparameter-Vektoren mit den drei ersten Ordinationsachsen; Parameter nach abnehmenden r^2 -Werten geordnet (log-transformierte Daten, $n = 30$)

Achsen	1		2		3			
	r	r^2	r	r^2	r	r^2		
Gesamtdeckung	-0,319	0,102	Leitfähigkeit	0,524	0,275	Kalium	-0,511	0,261
Wasser	-0,302	0,091	Magnesium	0,524	0,274	Wasser	0,464	0,215
Sulfat	0,272	0,074	pH-Wert	0,466	0,217	Magnesium	0,317	0,101
Kalium	0,263	0,069	Gesamtdeckung	-0,409	0,167	Karbonat	-0,180	0,033
Karbonat	0,175	0,031	Sulfat	0,382	0,146	pH-Wert	0,175	0,031
Leitfähigkeit	0,108	0,012	Natrium	0,371	0,137	Calcium	-0,119	0,014
pH-Wert	0,062	0,004	Chlorid	0,307	0,095	Sulfat	0,109	0,012
Natrium	0,063	0,004	Kalium	0,224	0,050	Chlorid	-0,071	0,005
Chlorid	0,056	0,003	Calcium	-0,180	0,032	Natrium	0,041	0,002
Magnesium	-0,039	0,002	Wasser	0,143	0,020	Leitfähigkeit	0,014	0,000
Calcium	0,030	0,001	Karbonat	0,056	0,003	Gesamtdeckung	-0,008	0,000

In Abb. 3 ist die Ordination mit „presence-absence“-transformierten Daten dargestellt. Eine eindeutige Gruppierung von Vegetationsaufnahmen ist in dieser mehr qualitativen Analyse nicht zu erkennen. Der „Length of gradient“ ist kleiner als im vorangegangenen Beispiel (2,91 s.d.). Das bedeutet, dass sich die Vegetationsaufnahmen untereinander ähnlicher sind, wenn man die Deckung der einzelnen Arten unberücksichtigt lässt. Der Eigenvalue der 1. Achse beträgt 0,404 und erklärt daher rund 9,5 % der Varianz des Datensatzes. Auf der 2. und 3. Achse sind es jeweils weniger als 1 %.

Die Vektoren der Umweltparameter korrelieren stärker mit der ersten Achse (Tab. 7). Am höchsten korreliert mit dieser Achse der Sulfatgehalt ($r^2 = 0,335$). Magnesium korreliert sehr schwach mit der zweiten Achse ($r^2 = 0,133$). Insgesamt betrachtet sind auch hier die Korrelationen aller Umweltparameter mit den Achsen schwach.

Tab. 7 Pearson Korrelationen der Umweltparameter-Vektoren mit den drei ersten Ordinationsachsen, Parameter nach abnehmenden r^2 -Werten geordnet (Powertransformierte Daten, $n = 30$)

Achsen	1		2		3			
	r	r^2	r	r^2	r	r^2		
Sulfat	0,579	0,335	Magnesium	0,365	0,133	Karbonat	-0,213	0,450
Leitfähigkeit	0,524	0,275	Kalium	-0,261	0,068	Sulfat	0,422	0,178
Kalium	0,426	0,181	pH-Wert	0,252	0,063	Leitfähigkeit	0,305	0,093
Gesamtdeckung	-0,406	0,165	Wasser	0,239	0,057	Wasser	0,255	0,065
Natrium	0,354	0,125	Calcium	-0,218	0,048	Chlorid	0,191	0,036
Chlorid	0,278	0,077	Karbonat	-0,200	0,040	Natrium	0,151	0,023
pH-Wert	0,276	0,076	Natrium	0,138	0,019	Kalium	0,124	0,015
Magnesium	0,265	0,070	Leitfähigkeit	0,122	0,015	Gesamtdeckung	0,121	0,015
Calcium	-0,127	0,016	Gesamtdeckung	-0,062	0,004	Calcium	0,084	0,007
Wasser	-0,100	0,010	Sulfat	0,055	0,003	Magnesium	0,043	0,002
Karbonat	0,009	0,000	Chlorid	0,034	0,001	pH-Wert	0,002	0,000

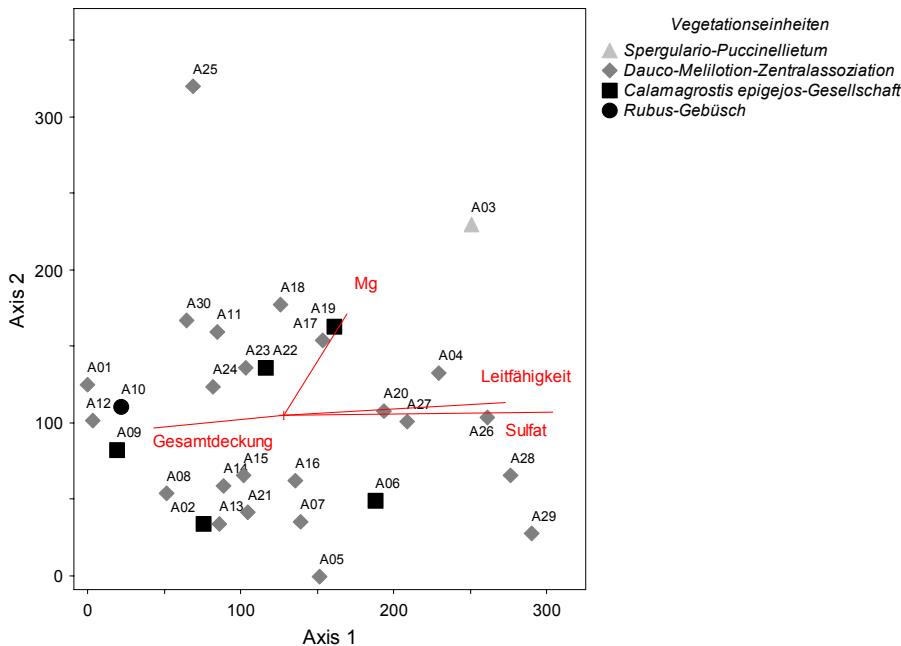


Abb. 3 DCA-Biplot von 30 Vegetationsaufnahmen; es sind nur die Vektoren der Umweltparameter gezeigt, die einen Korrelationskoeffizienten $r^2 > 0,13$ besitzen; Vektoren überhöht dargestellt (300 %); Achsenkalierung in multivariaten Standardabweichungen (%); log-transformierte Daten; seltene Arten herabgewichtet.

5.4. Vergleich des Vorkommens der beiden *Gypsophila*-Arten

Die beiden Zielarten *G. perfoliata* und *G. scorzonerifolia* treten unterschiedlich verteilt in den Pflanzen-geellschaften auf. Sie kommen meistens getrennt, aber in drei Pflanzenbeständen der Dauco-Melilotion-Zentralassoziation auch gemeinsam vor. Zur Beantwortung der Frage, ob sich die Standorte der getrennten bzw. gemeinsamen Vorkommen hinsichtlich der Bodenparameter bzw. des Gesamtdeckungsgrades der Vegetation unterscheiden, wurde die in Abb. 2 dargestellte DCA mit neuen Symbolen für die beiden *Gypsophila*-Arten verwendet (Abb. 4). Hieraus wird ersichtlich, dass die Aufnahmen, in denen *G. perfoliata* allein vorkommt, enger im linken Bereich des Diagramms zusammen liegen. Die Aufnahmen, die nur *G. scorzonerifolia* enthalten, bilden ebenfalls eine Gruppe im rechten Bereich, die allerdings entlang der Achse 1 weiter gestreut ist. *Gypsophila perfoliata* scheint hinsichtlich der Parameter Leitfähigkeit, Magnesiumgehalt, pH-Wert und Gesamtdeckung eine größere ökologische Amplitude zu besitzen, da die Aufnahmen entlang der Achse 2 eine weitere Streuung als die Aufnahmen mit *G. scorzonerifolia* haben. Keiner der aufgenommenen Umweltparameter erklärt diese Ausdehnung auf der 1. Achse. Aufnahmen mit beiden *Gypsophila*-Arten bilden keine zusammenhängende Gruppe.

Da die Ergebnisse der multivariaten Statistik durchweg eher niedrige Korrelationen zu den Umweltparametern aufweisen, wurden die Standorte mit *G. perfoliata*, *G. scorzonerifolia*, oder beiden Arten univariat auf Mittelwertunterschiede überprüft.

In den Box et Whisker-Plots (Abb. 5) sind einige Bodenparameter hinsichtlich der Unterscheidung der beiden *Gypsophila*-Arten abgebildet. Durch Gruppenvergleiche mit dem Kruskal-Wallis-Test wurden keine signifikanten Unterschiede der Mediane der Bodenparameter gefunden.

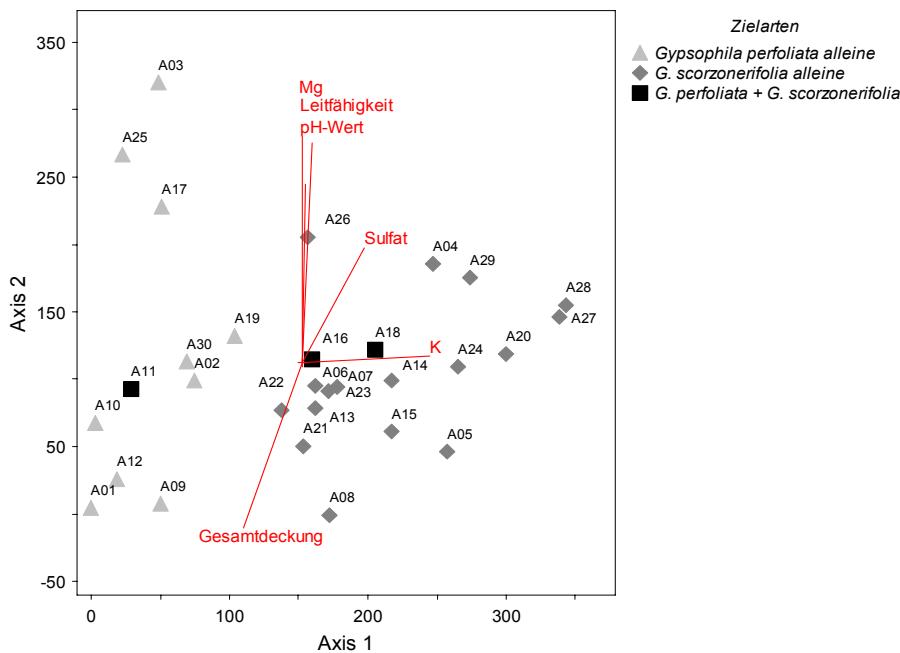


Abb. 4 Gleicher DCA-Biplot wie in Abb. 2, allerdings kodieren hier die Symbole für das Vorkommen der Zielarten in der jeweiligen Aufnahme. Nur die Vektoren der Umweltparameter gezeigt; Vektoren überhöht dargestellt (300 %); Achsen Skalierung in multivariaten Standardabweichungen (%); log-transformierte Daten; seltene Arten herabgewichtet.

Die Aufnahmeflächen unterschieden sich jedoch weder hinsichtlich ihres Magnesium- (H-Test: $p = 0,97$; Abb. 5), noch ihres Sulfatgehaltes (H-Test: $p = 0,27$). Auch bei den Medianen der Leitfähigkeit gibt es keine signifikanten Unterschiede (H-Test: $p = 0,8$). Betrachtet man nur *G. perfoliata*, so ist die Spannweite der Leitfähigkeitswerte viel größer als in Proben mit alleinigem Vorkommen von *G. scorzonerifolia* oder beim gemeinsamen Vorkommen (Abb. 5). Dies spiegelt auch die Streuung der Vegetationsaufnahmen entlang der 2. Achse in Abb. 3 wider. Bei den Gesamtdeckungen gibt es deutliche Überlappungsbereiche und keine signifikanten Unterschiede (H-Test: $p = 0,25$). Auch die restlichen aufgenommenen Bodenparameter, wie Natrium-, Karbonat- oder Chloridgehalt, erklären die Verbreitungsmuster der beiden Arten nicht.

Abbildung 6 zeigt die Box et Whisker-Plots ausgewählter Umweltparameter für die 4 unterschiedlichen Vegetationseinheiten. Weder die Magnesium- (H-Test: $p = 0,3$) noch die Sulfatgehalte (H-Test: $p = 0,16$) und Leitfähigkeiten (H-Test: $p = 0,22$) unterscheiden sich signifikant. Nur für die Gesamtdeckung der Gesellschaften ergab der Kruskal-Wallis-Test signifikante Unterschiede ($p = 0,047$). Der Mann-Whitney-U-Test auf Mittelwertunterschiede zwischen Dauco-Melilotion-Zentralassoziation und der *Calamagrostis*-Gesellschaft ergab einen signifikanten Unterschied in der Gesamtdeckung ($p = 0,015$).

6 DISKUSSION

Die Einwanderung von neuen Arten in einem Gebiet kann auf unterschiedlichem Wege erfolgen: viele Arten werden zunächst als Zierpflanzen bewusst eingebbracht und verwildern später, andere gelangen ohne bewusstes Zutun des Menschen in das Gebiet. Auch die von uns untersuchten *Gypsophila*-Arten weisen

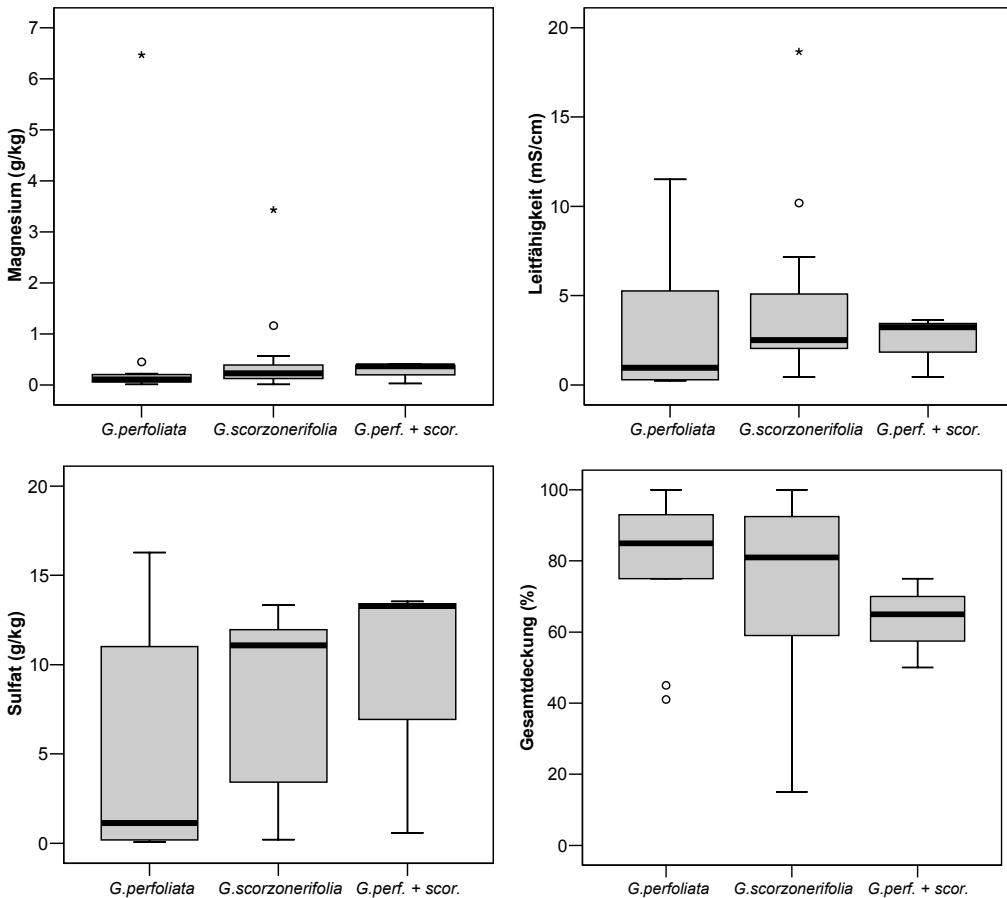


Abb. 5 Box et Whisker-Plots zum Vergleich ausgewählter Umweltparameter hinsichtlich des Vorkommens der *Gypsophila*-Arten (* = Extremwerte, ○ = Ausreißer)

diesbezüglich Unterschiede auf. Während *G. scorzonerifolia* bereits 1870 als Zierpflanzen bei uns eingebbracht wurde, trat *G. perfoliata* erst mehr als 50 Jahre später spontan auf.

Neu einwandernde Arten wie die hier untersuchten Arten bevorzugen zunächst vom Menschen neu geschaffene Standorte, die entweder noch mehr oder weniger vegetationsfrei sind oder noch keine intakten Pflanzengesellschaften aufweisen. Die von uns untersuchten Kalihalden gelten als solche Sonderstandorte, die durch eine ca. 150-jährige Entstehungszeit geprägt sind. Diese künstlich aufgeschütteten, meist stark austrocknenden Substrate sind durch extreme Standortsbedingungen gekennzeichnet. So ergab die Analyse der Bodenparameter für alle Standorte einen mehr oder weniger erhöhten Gehalt an Na^+ - und K^+ -Ionen sowie hohe Gehalte an Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen. Der im Mittel sehr hohe Gehalt an SO_4^{2-} -Ionen und der hohe prozentuale CO_3^{2-} -Anteil weisen darauf hin, dass es hier in der Vergangenheit zur Ablagerung von größeren Mengen von Magnesium- und Kalziumsulfat sowie -karbonat gekommen ist. Die große Schwankungsbreite der Bodenparameter lässt darauf schließen, dass hier Auswaschungsprozesse in unterschiedlichem Maße stattgefunden haben. Dies kann zum einen mit dem Alter, dem Relief sowie den unterschiedlichen Ausgangsmaterialien der Halden, zum andern aber auch mit regionalen Unterschieden in den jährlichen Niederschlagsmengen zusammenhängen.

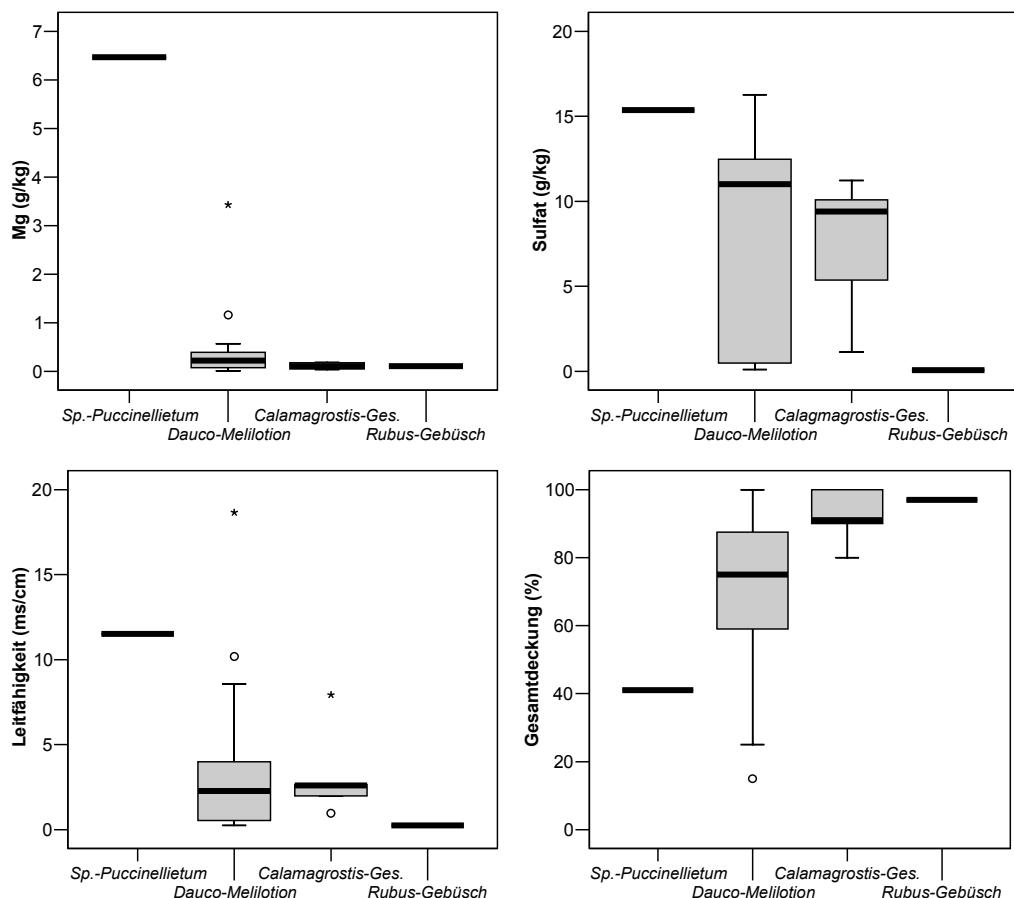


Abb. 6 Box et Whisker-Plots zum Vergleich ausgewählter Umweltparameter hinsichtlich der verschiedenen Vegetationseinheiten (* = Extremwerte, o = Ausreißer)

Die hier untersuchten Haldenstandorte weisen hinsichtlich ihrer Vegetationszusammensetzung nach wie vor eine hohe Dynamik auf. Dies wird dadurch deutlich, dass sich hier eine Vielzahl von ruderalen Störungszeigern zusammenfindet, die zu den Charakterarten des Verbandes Dauco-Melilotion gehören. Typische Arten des Echio-Melilotetum, des Dauco-Picridetum und des Gypsophilo perfoliatae-Diplotaxietum tenuifoliae (SCHUBERT et al. 2001) treten hinzu. Da es jedoch nicht möglich war, unsere Aufnahmen eindeutig einer dieser Assoziationen zuzuweisen, stellten wir diese in eine Dauco-Melilotion-Zentralassoziation. Häufig dringt *Calamagrostis epigejos* in die Gesellschaften ein. Sie kann auf stabileren Standorten hochdominant werden und eine eigenständige Gesellschaft ausbilden. Beide Gesellschaften sind sich aufgrund des übergreifenden Arteninventars floristisch sehr ähnlich.

Die ehemals hohen Gehalte an NaCl sind nur noch am relativ stark vernässten Standort Teutschenthal von Bedeutung, wobei sie für die Ausbildung des Spergulario-Puccinellietum distantis, einer typischen halophytenreichen Gesellschaft, mitverantwortlich sind. Der Standort ähnelt stark den nassen, salzigen Solontschakböden mit artenarmer Salzwiesenvegetation in der Ukraine, wo beispielsweise *G. perfoliata* heimisch ist (KOTOV 1960, zit. in RAUSCHERT 1977). Dass diese Standortbedingungen den Ansprüchen der Art voll entsprechen, wird dadurch deutlich, dass hier eine relativ große Population mit gut wüchsigen

Exemplaren von *G. perfoliata* auftritt sowie Keimlinge und Jungpflanzen zu finden sind. Die Art scheint somit einen hohen NaCl-Gehalt gut zu ertragen. Im Keimversuch erwies sich allerdings *G. scorzonerifolia* als die salzresistenter Art (SOMMERWERK 2004), während *G. perfoliata* bereits auf geringfügig erniedrigtes osmotisches Potential mit reduzierten Keimraten reagierte.

Die floristische Ähnlichkeit der untersuchten Bestände wurde mittels Ordination (DCA) untersucht. Der „length of gradient“ weist weniger als 4 s.d. auf und zeigt somit an, dass kein vollständiger Artenturnover zwischen den Gesellschaften vorliegt, der Datensatz also verhältnismäßig homogen ist. Zu einem ähnlichen Ergebnis führte die Berechnung der Gemeinschaftskoeffizienten. Es lässt sich ableiten, dass es sich bei den untersuchten Gesellschaften um Stadien einer Sukzessionsserie handelt, die mit dem auf stärker vernässten, kochsalzhaltigen Standorten siedelnden Spergulario-Puccinellietum distantis beginnt und über die Dauco-Melilotion-Zentralassoziation zur *Calamagrostis epigejos*-Gesellschaft überleitet. Das *Rubus*-Gebüsch zeigt bereits eine Form von sich einstellenden Verbuschungsstadien an. Ähnliche Abfolgen einer Sukzessionsserie auf Kalihalden wurden bereits von KLOTZ (1981) beschrieben. Die Vegetationsentwicklung vollzieht sich mit abnehmender Störung und einsetzenden bzw. fortschreitenden Bodenbildungsprozessen, was auch die Ergebnisse der Bodenanalyse belegen. Mit zunehmenden Veränderungen der Vegetationsstruktur der Pflanzengesellschaften, ausgehend von zunächst lückigen, niederwüchsigen Beständen zu zunehmend dichter schließenden, höherwüchsigen Beständen verringert sich auch die Individuendichte beider *Gypsophila*-Arten, wie der Vektor „Gesamtdeckung“ in der Ordination (DCA) belegt. Beide Arten scheinen durch zunehmende Konkurrenz anderer Arten langsam verdrängt zu werden.

Mit Ausnahme des Spergulario-Puccinellietum distantis treten beiden *Gypsophila*-Arten weitestgehend in den gleichen Pflanzenbeständen auf, wobei sie entweder getrennt oder auch gemeinsam vorkommen können. Dies lässt auf Unterschiede hinsichtlich ihrer Ressourcennutzung schließen. Aus der Ordination wird ersichtlich, dass *G. perfoliata* gegenüber den Parametern Leitfähigkeit, Magnesiumgehalt, pH-Wert, Gesamtdeckung und Sulfatgehalt eine breitere ökologische Amplitude aufweist. Die univariaten Mittelwertsvergleiche ergeben jedoch keine signifikanten Unterschiede. Außerdem lässt sich aufgrund des Vorkommens von *G. perfoliata* im Spergulario-Puccinellietum distantis eine höhere Toleranz dieser Art gegenüber feuchten Standorten vermuten.

Die anthropogen geschaffenen Sonderstandorte der Kalihalden werden aufgrund des hohen Gehaltes an Salzen zu den sekundären Binnensalzstellen gestellt. Hinsichtlich der Biotopbewertung werden sie als Biotoptyp „Salz- oder Solquellen“ in die Kategorie 1 eingeordnet. Diese Kategorie umfasst Biotope, die gegenwärtig von einer vollständigen Vernichtung bedroht sind (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1994, LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT 1998). Durch Einstellung der Förderung von Kalisalzen, vor allem in der jüngeren Vergangenheit, trifft diese Einschätzung auch für die Kalihalden zu. Da beide *Gypsophila*-Arten jedoch in Gesellschaften des Verbandes der Dauco-Melilotion, die entlang von Bahnanlagen und Straßen heute weit verbreitet sind, vorkommen, können sie auch hier potentiell besiedelbare Standorte finden. Wie die Angaben zu den gegenwärtigen Fundpunkten beider *Gypsophila*-Arten in Deutschland in RAUSCHERT (1977), FRANK et KLOTZ (1990) und GARVE et GARVE (2000) belegen, breiten sich die Arten in Deutschland nach wie vor aus und gelten nicht als gefährdet.

7 ZUSAMMENFASSUNG

SOMMERWERK, A.; PARTZSCH, M.; WESCHE, K.; HENSEN, I.: Standortökologie und phytozönologische Bindung der beiden Adventivarten *Gypsophila perfoliata* und *G. scorzonerifolia* (Caryophyllaceae) in Zentraldeutschland. – *Hercynia* N.F. **38** (2005): 263–286.

Gypsophila perfoliata und *G. scorzonerifolia* sind neophytische, aus dem kontinentalen, osteuropäisch-westasiatischen Raum stammende Arten, die in unserem Gebiet im Mitteldeutschen Trockengebiet seit den Jahren 1870 bzw. 1925 nachweisbar sind, aber erst seit 1992 auch in den alten Bundesländern gefunden werden. Dabei scheint ihr Auftreten an spezifische Standortbedingungen gebunden zu sein, wie sie

vor allem auf Sonderstandorten wie Kalihalden zu finden sind. Diese sind durch hohe Konzentrationen von verschiedenen Salzen (Natriumchlorid, Magnesium- und Kalziumsulfat sowie –karbonate) gekennzeichnet.

Um die Bindung der beiden *Gypsophila*-Arten an bestimmte Vegetationsstrukturen bzw. Bodenparameter zu analysieren, untersuchten wir 33 Kalihalden in vier verschiedenen Bundesländern. *Gypsophila perfoliata* wurde zum einen auf stark kochsalzhaltigen Standorten gefunden, auf denen das Spergulario-Puccinellietum distantis ausgebildet ist. Standorte, die infolge von Auswaschungsprozessen heute fast frei von Chlorid-Ionen, dafür aber durch sehr hohe Sulfat- und Karbonat-Konzentrationen gekennzeichnet sind, weisen artenreiche, aber mehr oder weniger lückige Bestände auf, die wir der Dauco-Melilotion-Zentralassoziation zugeordnet haben. An einer Reihe von Standorten tritt die floristisch ähnliche *Calamagrostis epigejos*-Gesellschaft auf; auch kann es zur Entwicklung eines *Rubus*-Gebüsches kommen. Die beiden *Gypsophila*-Arten wurden jedoch auch an drei Standorten gemeinsam gefunden. Dabei verhalten sich die beiden Arten hinsichtlich ihrer ökologischen Ansprüche sehr ähnlich.

Die Pflanzengesellschaften, in denen die beiden *Gypsophila*-Arten vorkommen, sind Teile einer Sukzessionsserie, die auf den Kalihalden nach Einstellung der Ablagerungstätigkeit abläuft. Da Gesellschaften des Verbandes Dauco-Melilotion auch häufig entlang von Bahnanlagen und Straßen zu finden sind, stehen hier für eine weitere Ausbreitung von *G. perfoliata* und *G. scorzonerifolia* potentiell besiedelbare Standorte zur Verfügung.

8 DANKSAGUNG

Für die kritische Sichtung des Manuskriptes bedanken wir uns ganz herzlich bei Herrn Prof. E.-G. Mahn und Dr. A. Krumbiegel.

9 LITERATUR

- AURICH, O.; ILLIG, W.; WEGENER, U. (1986): Neufunde und Nachträge zu Mertens „Flora von Halberstadt“: 8. Mitteilung. – Mitt. Florist. Kart. Halle **12** (1/2): 85-92.
- BECKER, A. (1934): Flora von Staßfurt und Umgebung. – Eigenverlag Staßfurt.
- BRANDES, D. (1994): Verbreitung, Ökologie und Soziologie von *Scorzonera laciniata* L. in Nordwestdeutschland. – *Tuxenia* **14**: 415-424.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. – Schr.R. Landschaftspflege und Naturschutz Heft **41**.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, GEOLOGISCHE LANDESÄMTER IN DER BRD (Hrsg.) (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. bearb. und erweit. Aufl. – Hannover.
- CHANGLIN TANG (1996): Flora Republica popularis sinicæ. – Tomus **26**. Beijing.
- DAVIS, P.H. (Hrsg.) (1988): Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. **10**. – Edinburgh University Press.
- DITTBRENNER, A.; PARTZSCH, M.; HENSEN, I. (2005): Beiträge zur Populationsbiologie und Vergesellschaftung von *Angelica palustris* (BESSER) HOFFMAN. – *Hercynia N.F.* **38**: 59-88.
- DÖRING, J. (2004): Zu den Klimaverhältnissen im östlichen Harzvorland. – *Hercynia N.F.* **37**: 137-154.
- EBERT, W. (1929): Flora des Kreises Bernburg und der angrenzenden Gebiete. – Bernburg.
- ELLERMANN, G.; KAISER, T. (1994): Überraschungen am Kaliberg Wathlingen. – Florist. Notizen Lüneburger Heide **2**: 4-5.
- ELLERMANN, G.; GARVE, E.; KAISER, T.; LANGBEHN, H. (1995): Neue Überraschungen an sekundären Salzstandorten. – Florist. Notizen Lüneburger Heide **3**: 11-12.
- ELSEN, T. VAN (1997): Binnensalzstellen an Rückstandshalden der Kali-Industrie. – *Naturschutzreport* **12**: 63-117.
- ELSEN, T. VAN (1999): Auswirkungen von Sanierungsmaßnahmen auf die salzbeeinflusste Vegetation an Rückstandshalden der Kali-Industrie. – Braunsch. Geobot. Arbeiten **6**: 245-257.
- ELSEN, T. VAN; SCHMEISKY, H. (1990): Halophyten-Bestände im Einflussbereich von Rückstandshalden der Kali-Industrie. – Mitteilungen aus dem Ergänzungsstudium Ökologische Umweltsicherung **9**: 167-180.

- FISCHER, W. (1993): Beobachtung zur Brandenburgischen Adventivflora in den Jahren 1989 bis 1993. – Verhandl. Bot. Vereins Berlin Brandenburg **126**: 181-189.
- FLORA EUROPAEA (1964): Vol.1, *Lycopodiaceae to Plantaginaceae*. – Cambridge.
- FRANK, D.; KLOTZ, S. (1990): Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR. – Wiss. Beitr. M.-Luther-Univ. Halle-Wittenberg 1990/32 (P41): 1-167, 2. Auflage.
- GARVE, E. (1999 a): Neu aufgetretene Blütenpflanzen an salzhaltigen Rückstandshalden in Niedersachsen. – Braunschweig. Geobot. Arbeiten **6**: 171-191.
- GARVE, E. (1999 b): Zur Flora der Kalihalden in der Region um Hannover. – Ber. Naturhist. Gesell. Hannover **141**: 197-218.
- GARVE, E.; GARVE, V. (2000): Halophyten an Kalihalden in Deutschland und Frankreich (Elsass). – Tuexenia **20**: 375-417.
- GASTON, K.J. (1994): Rarity. – Chapman and Hall, London.
- GROSSE, E. (1981): Neufunde und Bestätigungen aus dem Gebiet nördlich von Halle. – Mitt. Florist. Kart. Halle **7**(2): 101-110.
- GUDER, C.; EVERS, C.; BRANDES, D. (1998): Kalihalden als Modellobjekte der kleinräumigen Florendynamik dargestellt an Untersuchungen im nördlichen Harzvorland. – Braunschweig. Naturkundl. Schr. **5**: 641-665.
- GUTTE, P. (1964): Bemerkungen zu einigen Adventiv- und Ruderalarten der weiteren Umgebung von Leipzig. – Wiss. Zeitschr. Univ. Halle, math.-naturwiss. Reihe **13**: 664-669.
- HAUSKE, K.-H.; FULDA, D.; HEINZ, A.; SCHWANDT, A.; GERBER, R.; HINDEMITH, W. (1990): Kali – Das bunte, bittere Salz. 1. Auflage. – VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig.
- HEGI, G. (1979): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band **III** Angiospermae Dicotyledones 1. Teil **2**., 2. völlig neu bearb. Aufl. – Berlin, Hamburg.
- HÖCK, F. (1900): Ankömmlinge in der Pflanzenwelt Mitteleuropas während des letzten Jahrhunderts. – Beiheft zum Bot. Centralblatt **9**: 321-417.
- HÖCK, F. (1905): Neue Ankömmlinge in der Pflanzenwelt Mitteleuropas. – Beiheft zum Bot. Centralblatt **18**(B): 79-112.
- HOLST, F. (1990): *Gypsophila scorzonerifolia* SER. in Güstrow. – Bot. Rundbrief Meckl.-Vorpommern **22**: 43-44.
- JOHN, H. (2000): Zur Ausbreitung von Halophyten und salztoleranten Pflanzen in der Umgebung von Kalirückstandshalden am Beispiel des FND „Salzstelle bei Teutschenthal-Bahnhof“ (Saalkreis). – Mitt. Florist. Kart. Sachsen-Anhalt **5**: 175-197.
- JOHN, H.; MEYER, F.; RAUCHHAUS, U.; WEISS, G. (2000): Historie, aktuelle Situation und Entwicklungsperspektiven der Salzflora am ehemaligen Salzigen See (Mansfelder Land). – Hercynia N. F. **33**: 219-244.
- KLOTZ, S. (1980): Zur Ruderalflora des Bezirkes Halle. – Mitt. Florist. Kart. Halle **6**: 69-72.
- KLOTZ, S. (1981): Pflanzensoziologische Untersuchungen an einer Kalkhydratdeponie bei Knapendorf, Kr. Merseburg. – Wiss. Z. Univ. Halle **30**: 55-76.
- KLOTZ, S. (1984): Bemerkenswerte Ruderal- und Adventivarten des Hafens Halle-Trotha. – Mitt. Florist. Kart. Halle **10**: 73-75.
- KLOTZ, S.; KÜHN, I.; DURKA W. (2002): Biolflor - Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. – Schr.R. Vegetationskunde **38**: 1-334.
- KUMMER, V. (1994): Bürgert sich *Gypsophila perfoliata* L. in Brandenburg ein? – Verhandl. Bot. Vereins Berlin Brandenburg **127**: 157-162.
- LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (Hrsg.) (1998): Rote Liste Sachsen-Anhalt Teil IV. – Heft **30**.
- LONDO, G. (1976): The decimal scale for releves of permanent quadrats. – Vegetatio **33**: 61-64.
- MACHULLA, G.; OSTERLOH, M.-J.; PETER, T.; TANNENBERG, H. (1995): Böden technogener und umgelagerter natürlicher Substrate im Stadtgebiet Halle. – Mitt. Deut. Bodenkundl. Gesell. **77**: 407-422.
- MAHN, D. (1997): Fundmeldungen. Neufunde – Bestätigungen – Verluste. – Bot. und Natursch. Hessen **9**: 1-171.
- MELZER, H.; BARTA, T. (1991): Neues zur Flora des Burgenlandes, von Niederösterreich und Wien. – Linzer biol. Beitr. **23**(2): 575-592.
- PARTZSCH, M.; MAHN, E.-G. (2001): Welche Etablierungschancen haben Adventivpflanzenarten in xerothermen Vegetationskomplexen? – Braunschweig. Geobot. Arbeiten **8**: 249-268.
- POST, G.E.; DINSMORE, J.E. (1932): Flora of Syria, Palestine and Sinai. Vol.1. – American Press. Beirut.
- PYŠEK, P.; SÁDLO, J.; MANDÁK, B. (2002): Catalogue of alien plants of the Czech Republic. – Preslia **74**: 97-186.
- RAUSCHERT, S. (1977): Die in der DDR eingebürgerten ausdauernden *Gypsophila*-Arten. – Mitt. Florist. Kart. Halle **3**(2): 14-33.
- RAUSCHERT, S. (1979): Zur Flora des Bezirkes Halle (8. Beitrag). – Mitt. Florist. Kart. Halle **5**(2): 57-73.
- RAUSCHERT, S. (1980): Zur Flora des Bezirkes Halle (9. Beitrag). – Mitt. Florist. Kart. Halle **6**(1/2): 30-36.
- RECHINGER, K.H. (1964): Flora of lowland Iraq. – Weinheim.
- RECHINGER, K.H. (1988): Flora Iranica. No.**163**. – Graz.

- ROTHMALER, W. (Begr.); JÄGER, E.J.; WERNER, K. (Hrsg.)(1996): Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 16., stark bearb. Aufl. – Jena, Stuttgart.
- ROTHMALER, W. (Begr.); JÄGER, E.J.; WERNER, K. (Hrsg.)(2002): Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Kritischer Band. 9. völlig neu bearb. Aufl. – Heidelberg.
- SCHNEDLER, W. (1977): Pflanzen, von denen in der mitteleuropäischen Literatur selten oder gar keine Abbildungen zu finden sind: Folge II *Gypsophila perfoliata*, *scorzoneraifolia*, *tomentosa*. – Göttinger Florist. Rundbriefe 11: 21-26.
- SCHUBERT, R.; HILBIG, W.; KLOTZ, S. (2001): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Berlin.
- SOMMERWERK, A. (2004): Verbreitung, Ökologie und Soziologie zweier eukontinentaler Halophyten, *Gypsophila perfoliata* L. und *G. scorzoneraifolia* SER. emend. SCHISCHKIN, im Mitteldeutschen Trockengebiet und in Thüringen. – Dipl.arb. Univ. Halle-Wittenberg.
- TER BRAAK, C. J. F. (2002): Canoco Version 4.5. Biometris-quantitative methods in the life and earth science. – Plant Research International, Wageningen.
- VOIGT, O. (1979): Fremdpflanzenfunde, zusammengestellt nach Belegen im Herbar A. Zobel im Museum für Naturkunde und Vorgeschichte Dessau. – Mitt. Florist. Kart. Halle 5(1): 20-27.
- VOLKMANN, H. (1990): Pflanzenverbreitung im Mansfelder Seengebiet und seiner näheren Umgebung – ein Beitrag zur pflanzengeografischen Raumliederung. – Diss. Univ. Halle-Wittenberg.
- WEBER, E. (2000): Switzerland and the invasive plant species issue. – Bot. Helv. 110: 11-24.
- WESTHUS, W.; WESTHUS, W. (1998): Neue Binnensalzstellen im Umfeld der Rückstandshalde des Kaliwerkes Zielitz (Ohrekreis). – Mitt. Florist. Kart. Sachsen-Anh. 3: 123-125.
- WÜNSCHMANN, K. (1979): Zur Flora des östlichen und nördlichen Harzvorlandes. – Mitt. Florist. Kart. Halle 5(1): 41-45.

Internetrecherche

- www.bbg.hrz.hs-anhalt.de/loel/forsch/flb/flb_ex01.pdf(April 2004); FLB-Forschungsverbund Landschaftsentwicklung
Mitteldeutsches Braunkohlenrevier (2001): Exkursionen in die Bergbaufolgelandschaft. Tagebaue Mücheln,
Innenkippe, Kayna-Süd und Rossbach.
- www.cd.gov.ab.ca/preserving/parks/anhic/docs/vascular_plant_list.pdf (Dezember 2003); Parks and Protected Areas
Division, Alberta Community Development (2002): Alberta Natural Heritage Information Centre.
- www.envir.ee/looduskaitse/taimed_voorliigid_eng.pdf (Dezember 2003)
- www.floraweb.de/datenservice (Dezember 2003)
- www.geog.ubc.ca/richmond/city/richmondchecklst.pdf (Dezember 2003); LOMER, F., KLINKENBERG, R., KLINKENBERG,
B. (2002): Annotated checklist of vascular plants of the Islands of Richmond, British Columbia.
- http://herba.msu.ru/russian/journals/bmsu/105/2000_6.html (Mai 2004); SUKHOUKOV, P., BEREZUTSKII , M. A. (2000):
Contribution on the flora of middle Russia. In: Bulletin of Moscow Society of Naturalists (Biological Series)
105 (6).
- www.urbanhabitats.org (Dezember 2003); MOSYAKIN, S.L., YAVORSKA O.G.: The nonnative Flora of the Kiev (Kyir)
Urban Area, Ukraine: A Checklist and Brief Analysis. Urban habitats 1 (1): 45-65.

Manuskript angenommen: 1. November 2005

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Biol. Anett Sommerwerk

Dr. Monika Partzsch

Dr. Karsten Wesche

Prof. Dr. Isabell Hensen

Martin-Luther-Universität

Institut für Geobotanik und Botanischer Garten

Am Kirchtor 1, D- 06108 Halle/S.

e-mail: anett.sommerwerk@gmx.de

monika.partzsch@botanik.uni-halle.de

karsten.wesche@botanik.uni-halle.de

isabell.hensen@botanik.uni-halle.de

Anhang:

Tab. 2 Zusammenstellungen der Vegetationsaufnahmen auf den untersuchten Standorten

Fortsetzung Tab. 2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hercynia](#)

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [38](#)

Autor(en)/Author(s): Partzsch Monika, Hensen Isabell, Wesche Karsten, Sommerwerk
Anett

Artikel/Article: [Standortökologie und phytozönologische Bindung der beiden
Adventivarten *Gypsophila perfoliata* und *G. scorzonerifolia* \(Caryophyllaceae\) in
Zentraldeutschland 263-286](#)